



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

LUANA MENDES DE OLIVEIRA

**ASPECTOS FENOLÓGICOS, PRODUTIVOS E NUTRICIONAIS DE PITAIA
VERMELHA (*Hylocereus costarricensis*) IRRIGADA COM EFLUENTES DA
PISCICULTURA E MANEJOS DE ADUBAÇÃO**

MOSSORÓ

2023

LUANA MENDES DE OLIVEIRA

**ASPECTOS FENOLÓGICOS, PRODUTIVOS E NUTRICIONAIS DE PITAIA
VERMELHA (*Hylocereus costarricensis*) IRRIGADA COM EFLUENTES DA
PISCICULTURA E MANEJOS DE ADUBAÇÃO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

Coorientadores: Prof^a. Dra. Luciana Freitas Medeiros Mendonça e Prof. Dr. Marcelo Augusto Bezerra

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

d048a de Oliveira, Luana Mendes.
ASPECTOS FENOLÓGICOS, PRODUTIVOS E NUTRICIONAIS
DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus costaricensis*)
IRRIGADA COM EFLUENTES DA PISCICULTURA E MANEJOS
DE ADUBAÇÃO / Luana Mendes de Oliveira. - 2023.
202 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça .
Coorientador: Marcelo Augusto Bezerra.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Fruticultura . 2. cactáceas. 3. frutíferas
exóticas. 4. manejo nutricional. 5. Pitaia. I.
Mendonça , Vander , orient. II. Bezerra, Marcelo
Augusto, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUANA MENDES DE OLIVEIRA


**ASPECTOS FENOLÓGICOS, PRODUTIVOS E NUTRICIONAIS DE PITAIA
VERMELHA (*Hylocereus costarricensis*) IRRIGADA COM EFLUENTES DA
PISCICULTURA E MANEJOS DE ADUBAÇÃO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutora em Fitotecnia.


Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 27/10/ 2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **VANDER MENDONÇA**
Data: 27/10/2023 14:48:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA FREITAS DE MEDEIROS MENDONÇA**
Data: 27/10/2023 14:30:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça (UFCG)
Membro Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **POLLYANA CARDOSO CHAGAS**
Data: 29/10/2023 18:23:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas (UFRR)
Membro Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **ANA CLAUDIA COSTA BARATTI**
Data: 31/10/2023 13:59:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ana Claudia Costa Baratti (UFLA)
Membro Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **ELIAS ARIEL DE MOURA**
Data: 31/10/2023 10:48:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Elias Ariel de Moura. (UFRR)
Membro Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO ALVES PEREIRA**
Data: 30/10/2023 09:46:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira. (UFPI)
Membro Examinador Externo

*À minha avó materna, Maria Rebouças
(in memoriam), pelo carinho e
exemplo de luta. Vó, sua neta
conseguiu.*
DEDICO

*Aos meus pais, Antônio Lenilson e Iranete
Ferreira, aos meus avós paternos, Maria
Eurineide e Severino Vitorino, e ao meu tio
Francisco Ranilson, pelo carinho, amor e
incentivo durante toda a minha caminhada.*
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, que sempre me acompanhou nesta longa estrada da vida, me dando força, guiando e protegendo. À irmã Dulce, pela proteção, sabedoria e paciência.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso de graduação e mestrado.

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

Aos meus pais, Antônio Lenilson e Iranete Ferreira, e aos avós Maria Eurineide da Silva e Severino Vitorino, e ao meu tio Francisco Ranilson, pelo carinho, apoio, amor e exemplo de luta. Vocês são fundamentais na minha vida. Eu amo vocês. Muito obrigada por tudo!

À minha família, que esteve sempre ao meu lado e sempre acreditou no meu potencial de conquista, demonstrando sempre o seu carinho e amor, foi por vocês e para vocês.

Aos meus amigos e irmãos de vida, Elias Ariel, Alex Danilo, Agda, Matheus Augusto e Raires, muito obrigada pela parceria e ajuda durante todas as etapas da pesquisa. Obrigada pela amizade, paciência e por não me deixar desistir. Vocês são presentes que a vida me deu.

Ao meu orientador, Vander Mendonça, pelo acolhimento nesses nove anos de orientação, pela paciência, conhecimento e aprendizado durante essa etapa. Obrigada por me ensinar que podemos nos superar a cada dia e que desafios foram feitos para serem superados. Saiba que o senhor foi crucial em mais uma conquista.

Aos meus coorientadores, Luciana Medeiros e Marcelo Augusto (Tubarão), pela confiança, conhecimento, oportunidades e conhecimentos repassados.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a. Dra. Ana Cláudia Costa Baratti, Prof^a. Dra. Pollyana Cardoso Chagas, Dr. Gustavo Pereira e o Dr. Elias Ariel de Moura, pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Dr. Aurélio Barros, e ao professor Dr. Daniel Valadão, pelos constantes auxílios e atenção disponibilizada.

Aos técnicos dos laboratórios que nos auxiliaram durante todas as atividades desenvolvidas, obrigada pela atenção e disponibilidade.

A todos os integrantes do grupo **GPF**, pela parceria e ajuda, pois contribuíram bastante para o desenvolvimento do trabalho.

Ao funcionário Sr. Raimundo, por sempre estar à disposição em ajudar e pela amizade conquistada.

Aos meus amigos de Apodi e Assú, muito obrigada pela amizade e força nos momentos difíceis. Sou muito grata.

Enfim, obrigada a todas as pessoas que contribuíram para a realização de meu trabalho e para meu crescimento como pessoa e profissional. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

Muito obrigada, de verdade!

Quando pensar em desistir, pense em Deus!

Deus não erra!

OLIVEIRA, Luana Mendes. **Aspectos fenológicos, produtivos e nutricionais de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigada com efluentes da piscicultura e com manejos de adubação produzida em condições climáticas do seminário.** 2023. 202f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró- RN, 2023.

RESUMO

O cultivo de frutíferas exóticas com elevado potencial de mercado e com características nutricionais e bioquímicas benéficas para a saúde humana vem se destacando nos últimos anos. O aumento da procura e do consumo dos frutos dessas plantas é explicado pela mudança nos novos hábitos alimentares da população, porém é necessário produzir com sustentabilidade. No atual cenário destaca-se a cultura da pitaia, que é uma cactácea rústica e com características adaptativas que garantem seu desenvolvimento em regiões que apresentam problemas de limitações hídricas. Essas vantagens fazem com que a pitaia seja vista como uma alternativa de cultivo nessas regiões. Porém, além da escassez hídrica, outros fatores podem prejudicar o desenvolvimento e os rendimentos produtivos das plantas, sendo eles o conhecimento limitado sobre os estádios fenológicos das culturas e o manejo nutricional adotado. A falta de informações adequadas sobre esses fatores torna o cultivo da pitaia inviável nessas regiões. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os aspectos fenológicos, produtivos e bioquímicos de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigada com efluentes da piscicultura e com manejos de adubação em condições climáticas do seminário. Foram realizados três experimentos conduzidos no pomar didático da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, com três blocos e duas plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em três tipos de água (água de abastecimento 100% (C0%), água do efluente da piscicultura 100% (C100%) e a mistura das águas (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%) e três manejos de adubação (composto orgânico, NPK formulado 16-16-16 e sem adubação). No primeiro experimento, os estádios fenológicos observados foram: emissão de botão floral, abertura e fechamento das flores, pegamento e desenvolvimento dos frutos e ponto de maturação fisiológica ideal para colheita. Observou-se que as condições climáticas apresentadas durante os anos de cultivos influenciaram na fenologia da pitaia vermelha, resultando em diferenças de tempo nas fenofases em relação aos períodos observados nos dois anos de cultivo. Foram observados sete estádios fenológicos reprodutivos da pitaia vermelha cultivada em condições climáticas do semiárido. No segundo experimento, foram avaliadas as características de produção e físico-química dos frutos. Diante dos resultados encontrados, observou-se que as variáveis analisadas foram favorecidas nos tratamentos irrigados com água 100% do efluente da piscicultura (C100%) e a mistura das águas (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%), juntamente com a adubação mineral e orgânica. Observou-se que nos tratamentos não adubados, mas irrigados com a água 100% do efluente da piscicultura (C100%) e a mistura das águas (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%) as características de produção, qualidades físicas e de pós-colheita dos frutos foram superiores ao tratamento irrigado com água de abastecimento. No terceiro experimento, foram avaliadas as repostas bioquímicas e os teores nutricionais das plantas. Dessa forma, foi constatado que as variáveis bioquímicas apresentaram aumentos dos teores nas plantas que foram irrigadas com água da piscicultura e adubadas tanto com fertilizante mineral quanto com o composto orgânico. Os anos de cultivo influenciaram nos teores nutricionais das plantas: os maiores teores foram observados a partir da poda de produção do segundo ano de cultivo. As plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) apresentaram a capacidade de absorver o sódio (Na) e o cálcio (Ca) presentes no solo e convertê-los em benéficos para as características organolépticas dos frutos.

Palavras-chave: Cactáceas, fruticultura, frutíferas exóticas, manejo nutricional, limitação hídrica.

ABSTRACT

The cultivation of exotic fruit trees with high market potential and nutritional and biochemical characteristics that are beneficial to human health has been gaining prominence in recent years. The increasing in demand and consumption of the fruits of these plants are explained by the change in the population's new eating habits, however it is necessary to produce sustainably. In the current scenario, the culture of dragon fruit stands out, which is a rustic cactus with adaptive characteristics that guarantee its development in regions that have problems with water limitations. These advantages mean that dragon fruit is seen as an alternative for cultivation in these regions. However, in addition to water scarcity, other factors can harm the development and productive yields of plants, such as limited knowledge about the phenological stages of crops, the quality of the fruits, the productivity of the area and the nutritional management adopted, the lack of adequate information about these factors makes dragon fruit cultivation unfeasible in these regions. Therefore, the present study aimed to evaluate the phenological, productive and nutritional aspects of red dragon fruit (*Hylocereus costaricensis*) irrigated with fish farming effluents and with organomineral fertilizer produced under the climatic conditions of the seminar. Three experiments were carried out. The three experiments were conducted in the teaching orchard of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido. The treatments were distributed in a randomized blocks, in a 3 x 3 factorial scheme, with three blocks and two plants per plot. The treatments consisted of three types of water (supply water 100% (C0%), fish farm effluent water 100% (C100%) and a mixture of waters: (50% effluent + 50% supply water) (C50%) and two sources of fertilizer (bovine manure and NPK formulated 16-16-16). In the first experiment, the phenological stages observed were: emission of floral buds, opening and closing of flowers, setting and development of fruits and physiological maturation point ideal for harvesting. It was observed that the climatic conditions presented during the years of cultivation influenced the phenology of the red dragon fruit, resulting in differences in time in the phenophases in relation to the periods observed in the two years of cultivation. Seven reproductive phenological stages were observed for red pitaya cultivated in semiarid climatic conditions. In the second experiment, the production and physical-chemical characteristics of the fruits were evaluated. Given the results found, it was observed that the variables analyzed were favored in treatments irrigated with water 100% of fish farming effluent (C100%) and the water mixture: (50% effluent + 50% supply water) (C50%), together with mineral and organic fertilizer. It was observed that in treatments not fertilization, but irrigated with 100% water from aquaculture effluent (C100%) and the mixture of waters (50% effluent + 50% water supply) (C50%) the characteristics production, physical and post-harvest conditions of the fruits were superior to the treatment irrigated with water supply. In the third experiment, the biochemical responses and nutritional content of the plants were evaluated. Thus, it was found that biochemical variables showed increased levels in plants that were irrigated with water from fish farming and fertilized with both mineral fertilizer and organic compounds. The years of cultivation influenced the nutritional contents of the plants, the highest levels were observed from the pruning of production in the second year of cultivation. Red dragon fruit plants (*Hylocereus costaricensis*) showed the ability to absorb sodium (Na) and calcium (Ca) present in the soil and convert them into benefits for the organoleptic characteristics of the fruits.

Keywords: Cactáceas, exotic fruit, fruit growing, nutritional management, water limitation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1:	Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023.	36
Figura 2:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN	37
Figura 3:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN	37
Figura 4:	Área experimental das plantas de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	38
Figura 5:	Poda de limpeza e poda de produção, realizadas em plantas da espécie <i>Hylocereus costaricensis</i> . Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023	39
Figura 6:	Adubação orgânica e mineral, realizadas em plantas da espécie <i>Hylocereus costaricensis</i> Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023	40
Figura 7:	Marcação e acompanhamento do desenvolvimento em plantas da espécie <i>Hylocereus costaricensis</i> . Mossoró-RN. UFERSA, 2021/202	41
Figura 8:	Acompanhamento da abertura das flores e polinização manual em plantas da espécie <i>Hylocereus costaricensis</i> . Mossoró-RN. UFERSA, 2021/202	42
Figura 9:	Sequência dos estádios fenológicos reprodutivos da pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) cultivada em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN, 2022/2023	47
Figura 10:	Número de frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) em relação aos meses de cultivo no primeiro ano produtivo. Mossoró-RN, 2022.	50

Figura 11:	Número de frutos de pitiaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) em relação aos meses de cultivo no segundo ano produtivo. Mossoró-RN, 2023.....	50
Figura 12:	Sequência dos estádios fenológicos produtivos da pitiaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) cultivada em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN, 2022/2023.....	52

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1:	Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023.....	63
Figura 2:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.....	64
Figura 3:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.....	64
Figura 4:	Área experimental das plantas de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	65
Figura 5:	Setor de aquicultura da UFERSA. Mossoró-RN, 2021/2023.....	66
Figura 6:	Adubação orgânica e mineral, realizadas em plantas da espécie Colheita dos frutos (A), seleção dos frutos no laboratório (B) de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	68
Figura 7:	Análise de comprimento (A), coloração da polpa (B) dos frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	70
Figura 8:	Análise de firmeza da casca (A), firmeza da polpa (B) dos frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	70
Figura 9:	Análise de pH (A), Sólidos solúveis °Brix (B), Acidez titulável (C) dos frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	72
Figura 10:	Análise de vitamina C (A), Antioxidante (B) dos frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	73
Figura 11:	Número de frutos de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo,	

	adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	74
Figura 12:	Produtividade comercial – t ha ⁻¹ de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral) Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	76
Figura 13:	Massa dos frutos (g) de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	77
Figura 14:	Comprimento dos frutos (mm) de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	79
Figura 15:	Diâmetro dos frutos (mm) de pitaiá vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	81
Figura 16:	Diâmetro dos frutos (mm) de pitaiá vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	82
Figura 17:	Firmeza da casca dos frutos (N) de pitaiá vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	83
Figura 18:	Firmeza da casca dos frutos (N) de pitaiá vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	84
Figura 19:	Firmeza da casca dos frutos (N) de pitaiá vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	85

Figura 20:	Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e semadubação.....	86
Figura 21:	Análise de comprimento (A), coloração da polpa (B) dos frutos de pitaia Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	87
Figura 22:	Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejo de adubação (orgânica e adubação mineral) e semadubação.....	88
Figura 23:	Luminosidade (L*) da casca dos frutos de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 Mossoró/RN.....	89
Figura 24:	Saturação (C) da casca dos frutos de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/202 Mossoró/RN.....	90
Figura 25:	Saturação (C) da polpa dos frutos de pitaia vermelha utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	91
Figura 26:	Ângulo de tonalidade da polpa dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	92
Figura 27:	Ângulo de tonalidade da polpa dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	93

Figura 28:	Teores de vitamina C (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	95
Figura 29:	Teores de vitamina C (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	96
Figura 30:	Teores de acidez titulável (mg de ác. málico/100 g) (AT) dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	98
Figura 31:	Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	100
Figura 32:	Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	100
Figura 33:	Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	101
Figura 34:	Relação SS/AT dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	102
Figura 35:	Relação SS/AT dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	103

Figura 36:	Teores de flavonoides (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	104
Figura 37:	Teores de flavonoides (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	105
Figura 38:	Teores de antocianinas (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)). Safra 2022/2023 Mossoró/RN.....	108
Figura 39:	Teores de antocianinas (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação. Safra 2022/2023 –Mossoró/RN.....	108

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

Figura 1:	Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023.....	124
Figura 2:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.....	125
Figura 3:	Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2021 – ABRI/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.....	125
Figura 4:	Área experimental das plantas de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	126
Figura 5:	Setor de aquicultura da UFERSA. Mossoró-RN, 2021/2023.....	127
Figura 6:	Análise de açúcares totais (A), Aminoácidos (B), Clorofila a, b e total (C) em cladódio de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	130
Figura 7:	Determinação dos teores nutricionais de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) (A), Nitrogênio (N) (B), em cladódio de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	131
Figura 8:	Determinação dos teores nutricionais de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) (A), Nitrogênio (N) (B), em cladódio de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023.....	131
Figura 9:	Teores de clorofila A (mg g planta ⁻¹) dos cladódios de pitaia vermelha irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	133
Figura 10:	Teores de clorofila Total (mg g planta ⁻¹) dos cladódios de pitaia vermelha irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	134
Figura 11:	Teores de carotenoides (mg g planta ⁻¹) dos cladódios de pitaia vermelha irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.....	136

Figura 12:	Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	138
Figura 13:	Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	139
Figura 14:	Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	139
Figura 15:	Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	141
Figura 16:	Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	142
Figura 17:	Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	143
Figura 18:	Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	143
Figura 19:	Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaiia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	146

Figura 20:	Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	146
Figura 21:	Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejo de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	147
Figura 22	Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	148
Figura 23:	Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	149
Figura 24:	Teores de fósforo (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	151
Figura 25:	Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	152
Figura 26:	Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	153

Figura 27:	Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	154
Figura 28:	Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	156
Figura 29:	Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	157
Figura 30:	Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando métodos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	157
Figura 31:	Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	158
Figura 32:	Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	159
Figura 33:	Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	161
Figura 34:	Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	162

Figura 35:	Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	162
Figura 36:	Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	163
Figura 37:	Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	164
Figura 38:	Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	166
Figura 39:	Teores de cálcio (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).....	167
Figura 40:	Teores de cálcio (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando métodos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.....	168
Figura 41:	Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	169
Figura 42:	Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	170

Figura 43:	Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	172
Figura 44:	Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	173
Figura 45:	Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).....	174

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

Gráfico 1:	Principais estádios fenológicos reprodutivos e produtivos da pitaia vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) cultivada em condições climáticas do semiárido de acordo com os períodos do ano no município de Mossoró-RN, 2022/2023.....	54
-------------------	---	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1:	Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022.....	39
Tabela 2:	Datas de cada fenofases da pitaia vermelha nos dois anos de cultivos (2022 e 2023) observadas durante a condução do experimento. Mossoró – RN, 2023.....	43
Tabela 3:	Número de dias entre cada intervalo das fenofases avaliadas nos dois anos de cultivo durante o período do experimento. Mossoró – RN, 2022/20.....	44

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1:	Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022.....	66
------------------	---	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1: Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022.....	126
--	-----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	28
CAPÍTULO I.....	32
Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costarricensis</i>) cultivada em condições climáticas do Semiárido.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1 Caracterização da área experimental.....	36
2.2 Condições de cultivo.....	38
2.3 Delineamento experimental.....	42
2.4 Características avaliadas.....	42
2.4.1 Período reprodutivos.....	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.1 Período da poda e brotação dos botões florais.....	43
3.2 Período de florescimento.....	45
3.3 Período de frutificação e maturação dos frutos.....	48
4 CONCLUSÃO.....	54
5 REFERÊNCIAS.....	55
CAPÍTULO II	59
Adubação mineral, orgânica e irrigação com efluentes da piscicultura nas características produtivas e pós-colheita dos frutos de pitaia vermelha (<i>Hylocereus costarricensis</i>).....	60
1 INTRODUÇÃO.....	61
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
2.1 Caracterização da área experimental.....	63
2.2 Condições de cultivo.....	65
2.3 Água utilizada na irrigação das plantas.....	66
2.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	67
2.5 Colheita e seleção dos frutos.....	67
2.6 Características Físicas.....	69
2.7 Características físico-químicas e químicas.....	71
2.8 Análise estatística.....	73

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
3.1	Características físicas e de produção dos frutos.....	74
3.2	Características físico-químicas dos frutos.....	94
4	CONCLUSÃO.....	110
5	REFERÊNCIAS.....	111
	CAPÍTULO III.....	120
	Características bioquímicas e teores nutricionais de pitaiá vermelha	
	(<i>Hylocereus costaricensis</i>) irrigadas com efluentes da piscicultura e	
	adubação organomineral.....	120
1	INTRODUÇÃO.....	122
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	124
2.1	Caracterização da área experimental.....	124
2.2	Condições de cultivo.....	126
2.3	Água utilizada na irrigação das plantas.....	127
2.4	Delineamento experimental e tratamentos.....	138
2.5	Seleção e coleta dos cladódios para as análises bioquímicas.....	128
2.6	Características Físicas.....	129
2.7	Análise estatística.....	132
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	133
3.1	Características bioquímicas das plantas.....	133
3.2	Teores nutricionais das plantas.....	145
4	CONCLUSÃO.....	176
5	REFERÊNCIAS.....	177
	APÊNDICE A – Tabela das análises da água e tabelas de análise conjunta e	
	análise de variância dos resultados	186

1 INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura vive em constantes transições, que envolvem novas técnicas de cultivos, tecnologias, manejos mais racionais dos recursos e o surgimento de novas frutíferas com elevado potencial de mercado como alternativa para futuros cultivos. Nesse contexto de inovação encontra-se a cultura da pitiaia (*Hylocereus* spp.), que está sendo vista por muitos produtores como uma nova opção de renda, já que o mercado a ser explorado pode ser tanto interno quanto o externo.

No Brasil, os avanços em estudos para aperfeiçoar as técnicas de cultivos de plantas exóticas têm sido constantes, e a pitiaia destaca-se entre essas frutíferas (JUNQUEIRA et al., 2002). Adaptada a regiões com condições climáticas adversas, a cultura apresenta melhores índices de crescimento e reprodução quando cultivada em climas tropical e subtropical, são plantas que toleram pouca sombra e exigem precipitação média anual variando de 1.200 a 1500 mm (CANTO, 1993).

No Nordeste, a Bahia destaca-se como o maior produtor, com colheita e picos de produção o ano inteiro. São áreas novas quando comparadas com as áreas de exploração comercial dos outros estados brasileiros, porém aos poucos estão se adequando e aprimorando suas técnicas de manejo (NUNES et al., 2014).

Entretanto, alguns fatores podem limitar o rendimento produtivo da cultura, dentre os quais se destacam o manejo de adubação inadequado, limitação hídrica e a falta de conhecimento das fases de desenvolvimento das plantas. Uma adubação equilibrada fornece nutrientes, promovendo resultados satisfatórios no desenvolvimento das plantas. Os adubos podem ser de origem orgânica como composto orgânico, ou química, como os fertilizantes minerais, denominados de adubos sintéticos. Esses tipos de adubos podem apresentar mistura de elementos na sua composição como, por exemplo, o NPK (KUSTIAWATI et al., 2014).

Além de uma adubação adequada, a quantidade e qualidade da água disponibilizada para as plantas também são vistas como fatores relevantes, uma vez que a água interfere diretamente nos processos metabólicos e fisiológicos das plantas, pois as células, membrana, proteínas e ácidos nucleicos das plantas têm sua composição influenciada pelas propriedades e estrutura da água (TAIZ et al., 2017). Expressando essa importância, pode-se afirmar que a agricultura é responsável por mais de 70% do consumo de água disponível no mundo (ONU, 2015).

Esse recurso natural vem se tornando cada vez mais escasso, porém o desafio se torna maior com a crescente demanda por alimento em todo o mundo. Diante do cenário atual, surgem as discussões sobre o assunto com o objetivo de encontrar alternativas adequadas para minimizar o problema de escassez e, conseqüentemente, auxiliar no rendimento produtivo das culturas (OSMAN et al., 2010).

As águas residuárias utilizadas na agricultura são advindas de diversos setores, como industriais, domésticos, redes de tratamento e de setores da aquicultura, sendo este último amplamente adotado para substituir a irrigação com água doce para economizar água e fornecer nutrientes adicionais para as plantas nas fases de desenvolvimento, principalmente nas regiões Semiáridas. Na prática, o efluente da aquicultura é utilizado para irrigar culturas como milho e feijão, mostrando a importância do reuso das águas como fonte de irrigação (SILVA et al., 2018).

O reuso de águas residuárias na agricultura é visto como uma solução sustentável, pois essa prática considera aspectos ambientais, econômicos, tecnológicos e sociais, além de garantir o desenvolvimento satisfatório das plantas, sendo considerada uma fonte confiável de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica, que ajudam a manter a fertilidade do solo e a produtividade das plantas (MAYILLA et al., 2017).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos fenológicos, produtivos e nutricionais de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigada com efluentes da piscicultura e manejo de adubação em condições climáticas do semiárido.

REFERÊNCIAS

CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya en Yucatan**. Yucatán: Universidad Autónoma Chapingo, Gobierno Del Estado de Yucatan. 1993.

CHEN, Y. et al. Effect of long-term mineral fertilizer application on soil enzyme activitie and bacterial community composition. **Plant, Soil and Environment**, v. 64, p. 12, p. 571-577, 2018.

COSTA, A. C. et al. Produção e teores de nutrientes em cladódios de pitaia vermelha sob cultivo orgânico. **Revista Cultivando o Saber**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2014.

FERNANDES, C. et al. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Recife-PE, v. 24, n. 2, p. 42-46, 2006.

HARIYANTO, Bambang et al. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer on Growth and Yield of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **Journal of Applied Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 172-185, 2023.

HAZARY, M. E. H. et al . Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on yield and nutritional quality of jumbo grass (*Sorghum Grass* x *Sudan Grass*). **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, n. 3, v.8, p. 444-450, 2015.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2002.

KUSTIAWATI, N. et al. Model of development from organic farming of dragon fruit: An implementation of sustainable agriculture. **Academic Research International**, v.5, n. 1, p. 1- 10, 2014.

MAYILLA, W. et al. Perceptions of using low-quality irrigation water in vegetable production in Morogoro, Tanzania. **Environ. Dev. Sustain.**, n. 2, v. 19, p. 165–183, 2017.

NUNES, E. N. et al. Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, Areia-PB, v. 8, p. 90-98, 2014.

OLIVEIRA, L. M. et al. Estresse salino e fertilização orgânica sobre o crescimento e metabolismo bioquímico de mudas de *Hylocereus costaricensis* (pitaia vermelha). **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e258476, 2022.

ONU. **Nações Unidas**. Convenção das Nações Unidas sobre Agricultura. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura>. Acesso em: 15 jul. 2023.

OSMAN, M. A. et al. Assessment of agriculture drainage water quality to be used for fish farm irrigation. **Nature and Science**, v. 8, n. 8, p. 60-74, 2010.

QI, D. et al. Effect of a reduced fertilizer rate on the water quality of paddy fields and rice yields under fishpond effluent irrigation. **Agri. Water Manage.**, p. 231, 105999, 2020.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TURUKO, M., MOHAMMED, A. Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Journal of Agricultural Research**, n. 2, v. 3, p. 88-92, 2014.

CAPÍTULO I

FENOLOGIA REPRODUTIVA DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus costaricensis*) IRRIGADA COM EFLUENTES DA PISCICULTURA E MANEJO DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA CULTIVADA EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO SEMIÁRIDO

RESUMO

A cultura da pitáia vem ganhando espaço nos últimos anos por ser considerada uma frutífera de elevado potencial econômico, além de apresentar características adaptativas favoráveis em ambientes que apresentam limitações hídricas. Dessa forma, a pitáia é vista como uma alternativa de cultivo em regiões semiáridas, porém a escassez de informações sobre o comportamento fenológico reprodutivo dessa cactácea é vista como uma desvantagem na produção comercial pelos produtores. Por esse motivo, o presente estudo tem como objetivo avaliar a fenologia reprodutiva da pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN. O experimento foi conduzido no pomar didático da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. A avaliação das plantas foi realizada durante dois anos de cultivo (SET/2021 – ABR/2022 e SET/2022 – ABR/2023), as plantas foram podadas uniformemente, deixando-se de 30 a 40 cladódios por planta, em seguida, foram selecionados e marcados cinco cladódios por planta. Os estádios fenológicos observados foram: emissão de botão floral, abertura e fechamento das flores, pegamento e desenvolvimento dos frutos e ponto de maturação fisiológica ideal para colheita. As flores apresentam duração de dez horas de antese noturna. O tempo compreendido entre a antese (polinização) até a colheita foi de 49 dias no primeiro ciclo e 76 dias no segundo ciclo e o tempo total entre o aparecimento do botão até a colheita levou 101 dias no primeiro ano e 122 dias no segundo ano produtivo. As condições climáticas observadas durante os anos de cultivos influenciaram na fenologia da pitáia vermelha, resultando em diferenças de tempo nas fenofases em relação aos períodos observados nos dois anos de cultivo. Foram observados sete estádios fenológicos reprodutivos da pitáia vermelha cultivada em condições climáticas do semiárido.

Palavras-chave: Cactáceas, estádios fenológicos, regiões semiáridas.

CAPÍTULO I

REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF RED PITAYA (*Hylocereus costarricensis*) IRRIGATED WITH FISH FARM EFFLUENTS AND MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION MANAGEMENT CULTIVATED IN SEMI-ARID CLIMATE CONDITIONS

ABSTRACT

Dragon fruit cultivation has been gaining ground in recent years as it is considered a fruit with high economic potential, in addition to presenting favorable adaptive characteristics in environments with water limitations. Therefore, dragon fruit is seen as an alternative for cultivation in semi-arid regions, however the scarcity of information on the phenological reproductive behavior of this cactus is seen as a disadvantage in commercial production by producers. For this reason, the present study aims to evaluate the reproductive phenology of red dragon fruit (*Hylocereus costarricensis*) in semiarid climatic conditions in the municipality of Mossoró-RN. The experiment was conducted in the teaching orchard of the Federal Rural University of Semi-Árido. The evaluation of the plants was carried out during two years of cultivation (SEP/2021 – APR/2022 and SET/2022 – APR/2023), the plants were pruned uniformly, leaving 30 to 40 cladodes per plant, then five cladodes per plant were selected and marked. The phenological stages observed were: flower bud emission, flower opening and closing, fruit setting and development and ideal physiological maturity point for harvesting. The flowers last dez hours of nocturnal anthesis. The time between anthesis (pollination) and harvest was 49 days in the first cycle and 76 days in the second cycle and the total time between bud appearance and harvest took 101 days in the first year and 122 days in the second productive year. The climatic conditions observed during the cultivation years influenced the phenology of the red dragon fruit, resulting in differences in time in the phenophases in relation to the periods observed in the two cultivation years. Seven reproductive phenological stages of red dragon fruit cultivated in semi-arid climatic conditions were observed.

Keywords: Cactáceas, Phenological stages, semi-arid regions.

1 INTRODUÇÃO

Originária da América Tropical e Subtropical das florestas úmidas do México, a pitiaia é uma cactácea exótica que apresenta potencial socioeconômico. Nos últimos anos, essa cultura vem se destacando no cenário comercial, sendo considerada uma frutífera promissora para o cultivo em regiões que apresentam limitações hídricas (NUNES et al., 2014).

A pitiaia apresenta estruturas e mecanismos de adaptação que garantem seu desenvolvimento em diferentes ambientes, sendo, portanto, considerada uma frutífera exótica e rústica (MIZRAHI, 2014). As plantas são tolerantes à seca e necessitam de uma variação de temperaturas entre 18 e 26 °C, vinculada a uma precipitação de 650 a 1.500 mm anualmente para garantirem seu máximo rendimento produtivo (CÁLIX de DIOS et al., 2005).

O metabolismo fotossintético é sua principal característica adaptativa, pois a planta utiliza a via do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), isso favorece as plantas que são cultivadas sob situações de déficit hídrico, uma vez que as plantas abrem os estômatos à noite reduzindo as perdas de água, aumentando a eficiência na captura de CO₂ e atividades metabólicas, como taxa fotossintética e produção de fotoassimilados (MIZRAHI et al., 2007).

A cultura da pitiaia atualmente explora diversos nichos de mercado, pois suas características nutritivas, farmacêuticas e organolépticas são apreciadas pelos consumidores, aumentando a aceitação e a procura pelos frutos *in natura* e produtos processados (CORDEIRO et al., 2015). As espécies cultivadas no Brasil que apresentam elevado potencial econômico pertencem aos gêneros *Hylocereus* e *Selenicereus* (SILVA LOPES et al., 2022).

As condições edafoclimáticas e técnicas de cultivos influenciam diretamente na produtividade média da cultura da pitiaia, que pode variar de 3,0 a 40 t ha⁻¹ (LE BELLEC et al., 2006; FALEIRO, 2022). O entendimento das correlações entre as fenofases de desenvolvimento das plantas e as condições climáticas do ambiente, como temperatura precipitação, umidade e fotoperíodo aumenta os rendimentos produtivos das culturas (SILVA et al., 2015; TAIZ & ZEIGER, 2017).

O conhecimento das fenofases vegetativas e reprodutivas é essencial para que sejam adotadas estratégias de manejo que auxiliam as plantas durante o ciclo produtivo, pois são geradas informações relacionadas às fases fonológicas como início da brotação, floração, época de polinização, desenvolvimento dos frutos e colheita. As referências obtidas sobre o assunto contribuem na qualidade final dos frutos e produtividade da área (CHAGAS et al., 2019; MARO et al., 2012).

Na mesorregião do Oeste Potiguar, a pitia é considerada uma alternativa de cultivo promissora por se adaptar às condições climáticas da região. Diante disso, se torna necessária a obtenção de informações sobre o comportamento fenológico dessa frutífera no intuito de auxiliar os produtores nas estratégias visando às técnicas de manejo.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a fenologia reprodutiva da pitia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) cultivada em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no pomar experimental pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró-RN, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5° 11' 15'' S de latitude e 37° 20' 39'' W de longitude, com altitude de 18 m e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw^h, tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 673,9 mm e temperatura média de 27,4 °C, com dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular) (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011) (Figura 1).

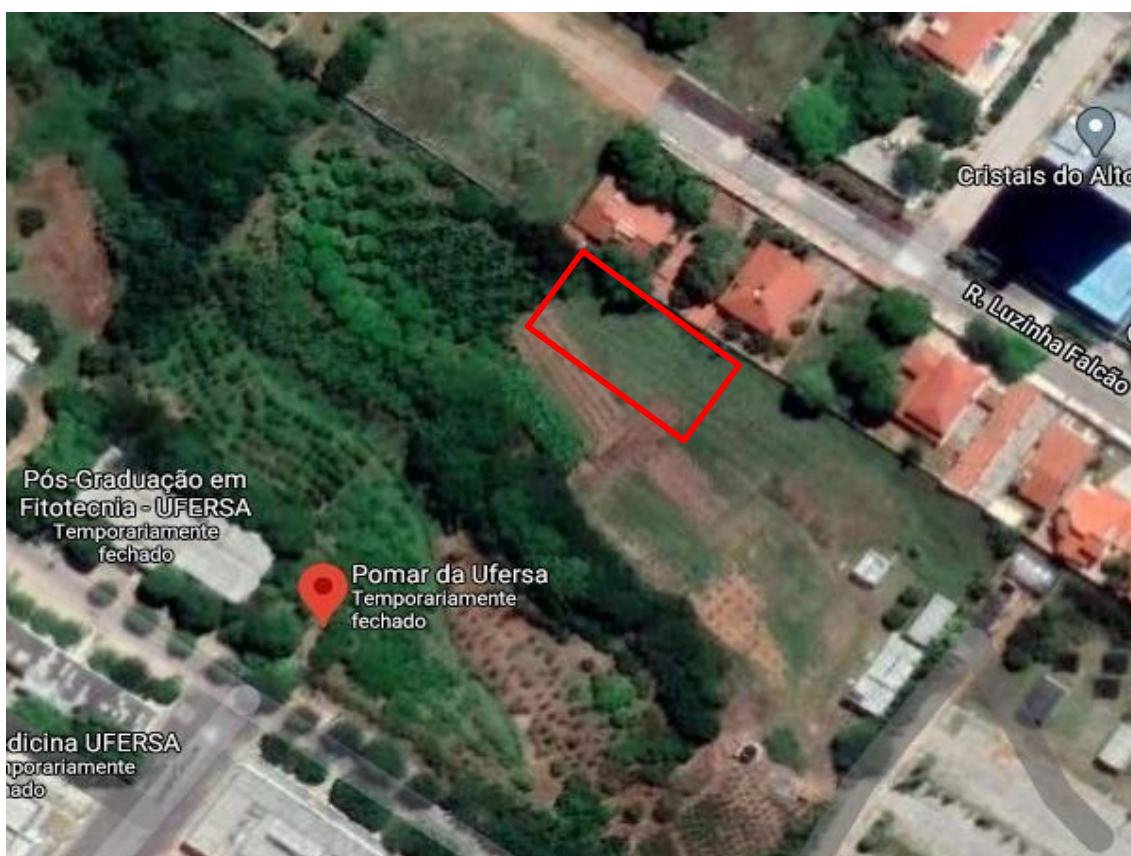


Figura 1. Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023. **Fonte:** Google.

Durante o período experimental (SET/2021 a ABR/2023), os seguintes dados meteorológicos foram coletados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFERSA: temperatura e umidade relativa máxima e mínima do ar e precipitação pluviométrica (Figura 2 e Figura 3).

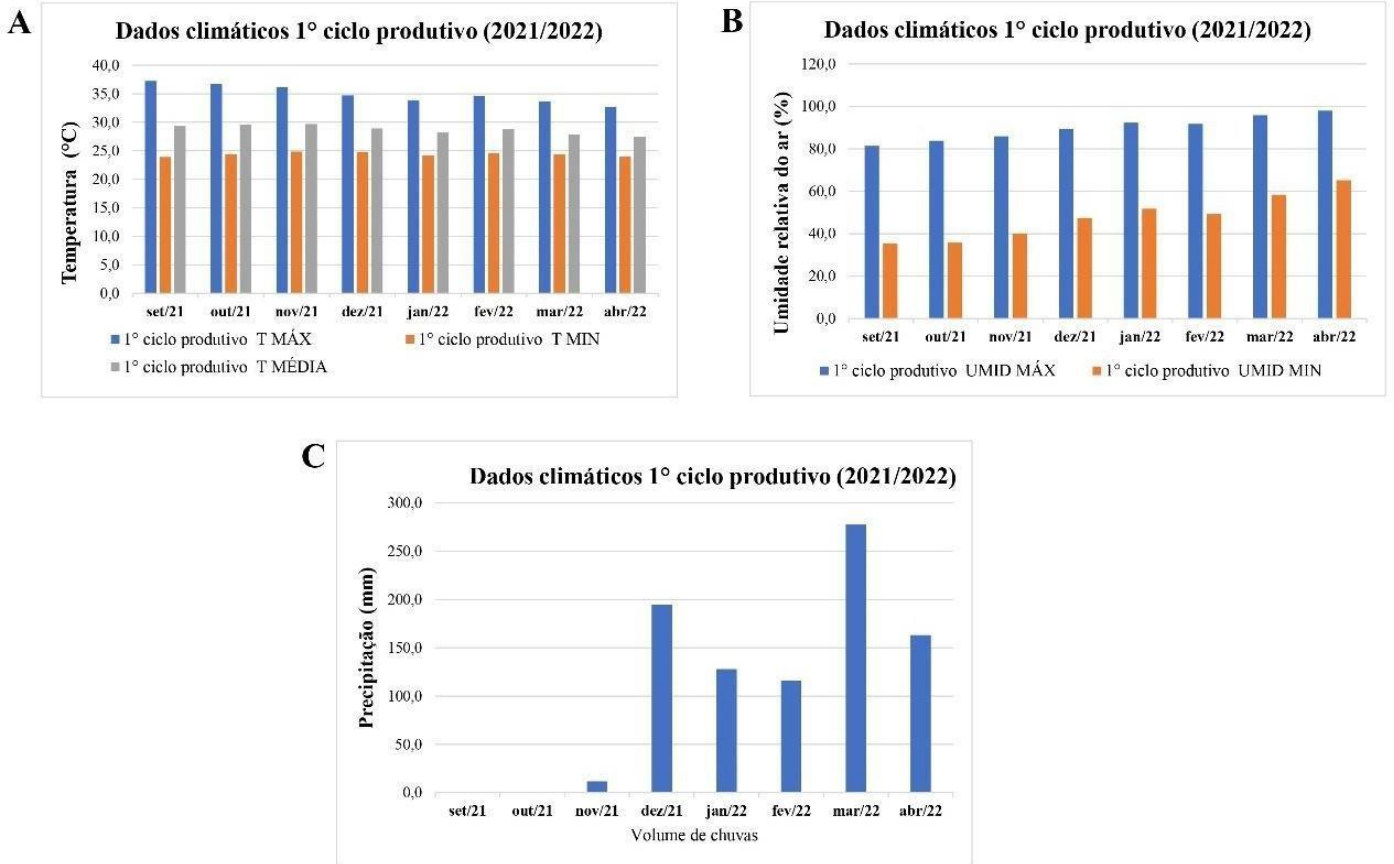


Figura 2. Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABR/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.

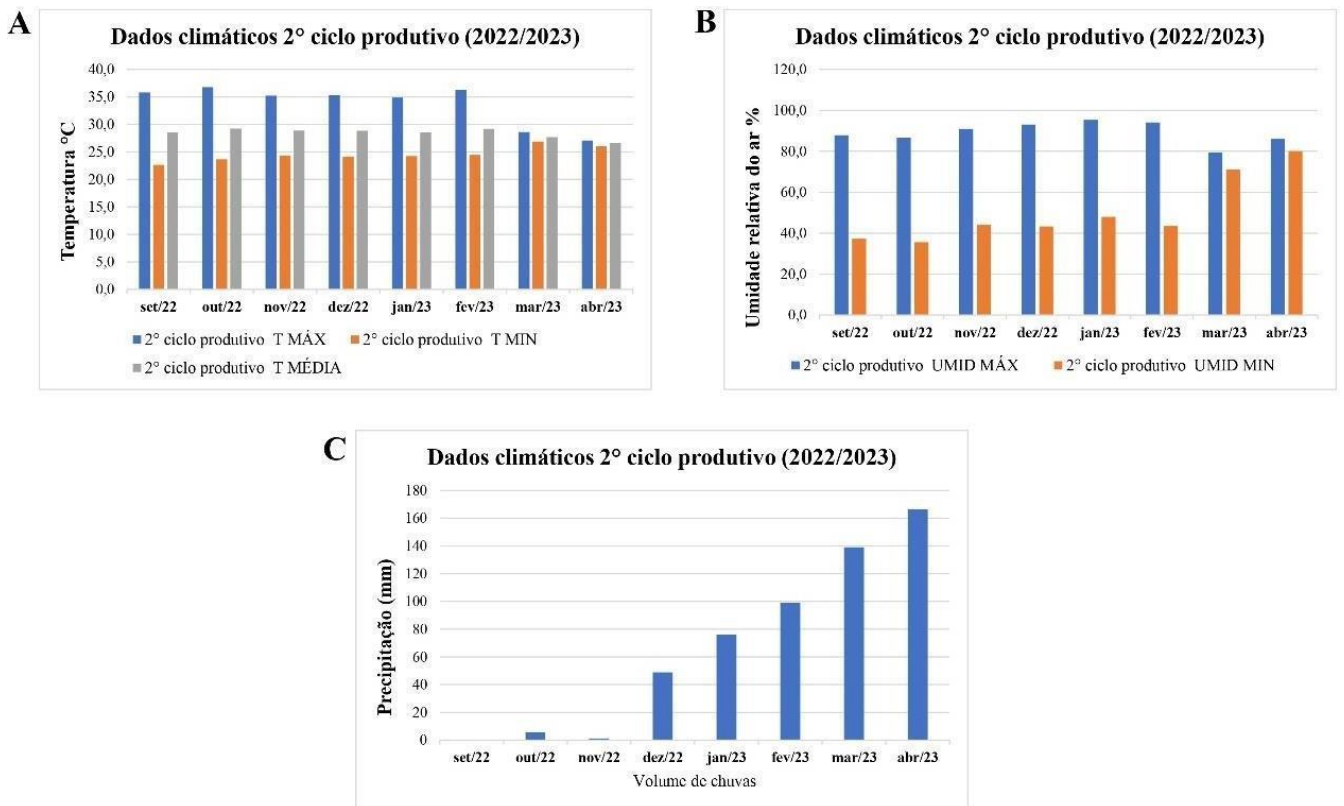


Figura 3. Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2021 – ABR/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.

2.2 Condições de cultivo

As plantas utilizadas no experimento foram provenientes de matrizes obtidas em parceria com a Universidade Federal do Ceará (UFC). Os cladódios foram coletados e propagados por estaquia. A área experimental foi implantada em março de 2018, e as mudas foram plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm, no espaçamento 3 x 2 m. Após o plantio, as mudas foram tutoradas em mourões de eucalipto perpendiculares ao solo até alcançar a altura de 1,8 m, tendo sido podadas de forma que apenas um ramo foi conduzido até o suporte (ripado de madeira) acima dos mourões para sustentação dos cladódios em forma de T (Figura 4).



Figura 4. Área experimental das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

As análises químicas do solo da área experimental na camada de 0-20 cm e 20-40 cm e do composto orgânico utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022.

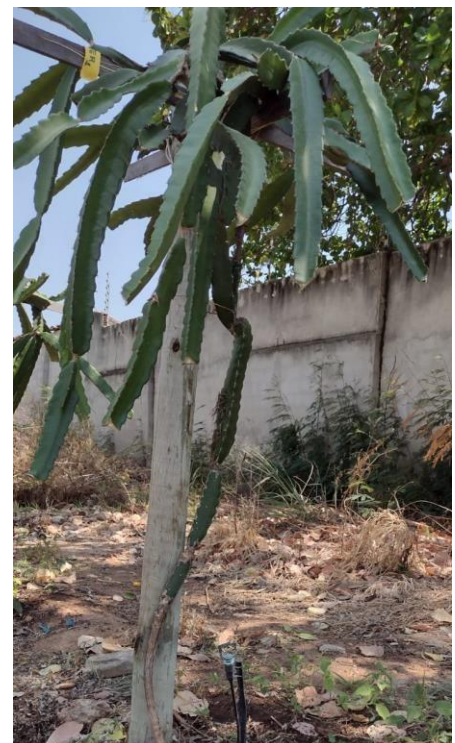
Identificação	N g/kg	pH (água)	CE dS/m	Mat. Org. g/kg	P mg/dm ³	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC %	m	V	PST
0-20 1° Ciclo	0,6	6,5	0,08	3,72	30	163	11,8	2,66	1,44	0	0	4,57	0	100	1
20-40 1° Ciclo	0,2	6,7	0,07	1,24	19	133	15,7	2,38	1,62	0	0	4,41	0	100	2
0-20 2° Ciclo	0,4	7	0,04	0,1	15	106	7,9	1,85	2,58	0	0	4,71	0	100	1
20-40 2° Ciclo	0,3	7,1	0,04	2,48	27	85,7	6,9	1,91	2,09	0	0	4,25	0	100	1
Composto orgânico	—	8,6	—	8,75	9,4	73,7	28,9	1,9	0,5	0	0	2,71	0	100	10

Fonte: Laboratório de solo e planta da UFERSA.

Em relação aos tratos culturais, antes de ser iniciado o experimento, as plantas foram podadas de forma uniforme, inicialmente uma poda de limpeza, sendo deixado de 30 a 40 cladódios por planta. No dia 13 de setembro de 2021 foi realizada a poda de produção do primeiro ano de cultivo e no dia 19 de setembro de 2022 a poda do segundo ciclo foi realizada e os tratamentos foram aplicados (Figura 5).



Antes



Depois

Figura 5. Poda de limpeza e poda de produção, realizadas em plantas da espécie (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

O controle de plantas daninhas foi realizado a cada 30 dias, com o auxílio de uma roçadeira mecânica nas entrelinhas e capinas manuais com utilização de enxadadas na linha de plantio e na projeção da copa.



Aplicação composto orgânico



Aplicação do formulado (16-16-16)

Figura 6. Adubação orgânica e mineral, realizadas em plantas da espécie (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. Fonte: A autora.

Para o acompanhamento das plantas, foram selecionadas 54 plantas da espécie *Hylocereus costaricensis*. Em seguida, as plantas foram demarcadas, sendo selecionados cinco cladódios por planta de cada tratamento. Posteriormente, foram demarcadas as gemas florais para serem acompanhadas durante o período de desenvolvimento (Figura 7).



Figura 7. Marcação e acompanhamento do desenvolvimento em plantas da espécie *Hylocereus costaricensis*. Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

2.3 Características avaliadas

2.3.1 Período reprodutivo

O desenvolvimento reprodutivo das plantas utilizadas no experimento foi acompanhado diariamente a partir da poda de produção de cada ciclo produtivo. No primeiro ciclo, a avaliação começou dia 13/09/2021 e foi concluída dia 28/04/2022. No segundo ciclo, as plantas foram demarcadas no dia 19/09/2022 e avaliadas até o dia 17/04/2023.

As características observadas nos órgãos reprodutivos, como caracterização da flor, caracterização dos frutos, fase de floração, frutificação e ponto de maturação fisiológica dos frutos, foram avaliadas seguindo a metodologia realizada por Marques (2010). Todos os estádios fenológicos foram acompanhados diariamente. Na fase de floração, a polinização foi realizada de forma manual e no período da noite, sendo acompanhada a abertura das flores e, posteriormente, a coleta do pólen (Figura 8).



Flor aberta



Polinização das flores

Figura 8. Acompanhamento da abertura das flores e polinização manual em plantas da espécie *Hylocereus costaricensis*. Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das fenofases da pitaita vermelha (*Hylocereus costaricensis*) observados nos dois anos de cultivos (2022 e 2023), foram influenciados pelas condições climáticas da região semiárida de Mossoró/RN. Os ciclos reprodutivos compreendem os meses entre: setembro de 2021 a abril de 2022 e setembro de 2022 a abril de 2023, como detalhado abaixo (Tabela 2).

Tabela 2. Datas de cada fenofases da pitaita vermelha nos dois anos de cultivos (2022 e 2023) observadas durante a condução do experimento. Mossoró – RN, 2023.

FENOFASES OBSERVADAS	CICLOS AVALIADOS	
	SET/ABRIL (2021/2022)	SET/ABRIL (2022/2023)
Poda*	13/set	19/set
Brotação	04/out	07/out
Início da floração	26/out	30/out
Fim da florada	16/nov	19/nov
Início da colheita	22/dez	18/jan
Fim da colheita	28/abr	17/abr
Dias total do Ciclo (poda/colheita dos frutos)	101	122

*Realização da poda de produção

3.1 Período da poda e brotação dos botões florais

Os botões florais do primeiro ciclo de produção (2021/2022), correspondente aos meses de setembro de 2021 a abril de 2022, surgiram 22 dias após a realização da poda de produção (Figura 9 A). Por outro lado, no segundo ano de cultivo (2022/2023), que correspondeu de setembro de 2022 a abril de 2023, os primeiros botões florais foram observados 19 dias após a poda de produção ser realizada (Tabela 3).

Aos 25 e 21 dias após a poda de produção, observou-se a formação do botão floral para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. A formação dos botões florais é uma fenofase de extrema importância, sendo essas as brotações que darão origem às flores, e posteriormente, serão fecundadas, formando os frutos.

Tabela 3. Número de dias entre cada intervalo das fenofases avaliadas nos dois anos de cultivo durante o período do experimento. Mossoró – RN, 2022/2023.

FENOFASES	CICLOS OBSERVADOS	
	SET/ABRIL (2021/2022)	SET/ABRIL (2022/2023)
Poda / Brotação	22	19
Poda / Início do florescimento inchaço do bulbo floral	44	42
Brotação / Antese	29	26
Poda / Antese (Polinização) flores totalmente abertas	53	46
Antese (Polinização) / Início da Colheita	49	76
Duração da colheita	128	90
CICLO (Poda / Maturação Fisiológica dos frutos)	101	122

Para a maioria dos vegetais, o desenvolvimento fenológico está diretamente correlacionado às condições climáticas do ambiente e estado fisiológico em que as plantas se encontram (CHAGAS et al., 2019). Ter conhecimento do estágio fenológico no qual a planta se encontra é importante, principalmente em áreas comerciais, uma vez que as práticas de cultivos adotadas variam de acordo com a fenofase da planta (KISHORE, 2016).

CHANG, 2022). No caso da cultura da pitáia, de acordo com Anonymous (2017), essas estruturas ficam localizadas nas gemas axilares, comumente conhecidas como aréolas, que emitem um botão por vez, ou seja, cada aréola emite apenas um botão floral. Observa-se na mesma estrutura os espinhos (folhas modificadas) que, por um determinado período, se encontram ligados ao botão floral, se desprendendo, porém, com o desenvolvimento do botão.

Tanto o surgimento quanto o desenvolvimento do botão floral estão relacionados às condições climáticas da região e estado nutricional das plantas: temperaturas mais elevadas podem causar distúrbios fisiológicos nas plantas de pitáia, afetando os cladódios (caule das plantas) e, conseqüentemente, reduzindo a emissão dos botões florais (WEISS et al., 2010). Um dos principais problemas causados pelas condições climáticas do ambiente na

cultura da pitaia é o estresse oxidativo, caracterizado pela coloração amarelada, que posteriormente avança e resulta em necrose nos cladódios das plantas, principalmente em períodos com excesso de radiação solar e elevadas temperaturas (RAVEH et al., 1996).

As plantas diminuem suas taxas fotossintéticas, reduzindo seu crescimento vegetativo e, conseqüentemente, seu rendimento produtivo, uma vez que a estrutura onde se encontram os botões florais (cladódios) é comprometida pela diminuição do acúmulo de fotoassimilados que seriam usados na reprodução das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

No presente estudo, a poda de produção foi realizada no mês setembro nos dois anos de cultivo (2021/2022 e 2022/2023), e de acordo com os dados climáticos, este mês apresentou elevadas temperaturas (Figura 2 e Figura 3). Porém, observou-se que a temperatura no primeiro ano de cultivo atrasou brevemente o início da brotação quando comparado com o segundo ano de cultivo, apresentando uma diferença de três dias entre os anos produtivos (Tabela 3).

Avaliando a fenologia reprodutiva da pitaia vermelha, Machado (2019) observou períodos de dias menores entre a poda de produção e a emissão da brotação. De acordo com a autora, esse é um período considerado propício à perda do botão floral, principalmente em regiões que apresentam condições climáticas com alta temperatura e baixa umidade tanto do solo quanto do ar.

De acordo com Monge-Pérez; Loría-Coto (2023), as condições climáticas e o equilíbrio nutricional das plantas interferem na emissão das primeiras brotações florais, ao avaliarem a fenologia de duas variedades de pitaia, a Amarilla e a San Ignacio.

A temperatura ideal para o crescimento vegetativo e emissão de botões florais de *Hylocereus* spp. varia em torno de 7 °C a 40 °C (Bárcenas et al., 2002). Diante dessa informação, é possível afirmar que as condições climáticas encontradas na mesorregião do oeste potiguar são favoráveis ao desenvolvimento da pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Gunasema et al. (2007), observaram que os botões florais se formam na margem das hastes dos cladódios e que pelo menos 3 atingem a antese nos primeiros 17 dias que são formados. No presente estudo esse período variou entre 29 e 26 dias no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente.

3.2 Período de florescimento

A fenofase que corresponde ao crescimento do botão floral até a pré-antese,

considerado como inchaço do bulbo floral foi de sete dias no primeiro ano de cultivo e cinco dias no segundo ano de cultivo (Figura 9 J). Diante disso, observou-se que as flores completaram sua abertura e estavam aptas para a polinização aos 53 dias no primeiro ano de cultivo (2021/2022) e 46 dias no segundo ano de cultivo (2022/2023) após a poda de produção (Figura 8 L).

O período que corresponde à pré-antese e abertura total das flores ocorreu entre dois e três dias tanto no primeiro (2021/2022) quanto no segundo ano de cultivo (2022/2023). Observou-se que a abertura das flores ocorreu próximo das 21h00, sendo possível observar a estrutura do estigma e liberação do grão de pólen. Esse momento é considerado ideal para coletar o grão de pólen e realizar a polinização das flores (Figura 9 N). As flores iniciaram o processo de fechamento total nas primeiras horas da manhã, aproximadamente às 07h00, totalizando um período de 10 horas de antese noturna (Figura 9 P). O desenvolvimento do botão floral até a pré-antese também apresentou variações entre os anos de cultivo, tendo sido menor no segundo ano de cultivo. O período em que as flores estavam aptas para polinização também foi reduzido no segundo ano de cultivo em comparação com o primeiro ano (Tabela 3).

As flores apresentam hábito noturno, ou seja, para serem polinizadas por agente polinizadores é necessário que esses polinizadores também tenham hábito noturno. Quando estão aptas para a polinização, as flores se abrem completamente, tornando-se vistosas (CRANE; BALERDI, 2006).

As flores da pitáia são completas, porém algumas variedades são consideradas autoincompatíveis, característica apontada como a principal desvantagem reprodutiva dessas variedades, pois necessitam de polinização com outras variedades compatíveis (BARBEAU, 1990).

No presente estudo, as flores apresentam abertura completa e ficaram aptas para a polinização a partir das 21h00 e às 07h00 do dia seguinte completaram o fechamento completo, atingindo 10 horas de antese noturna. Os resultados diferem dos observados por Moreira et al. (2011), que, avaliando a fenologia reprodutiva de pitáia vermelha no município de Lavras-MG, encontraram antese noturna de 15 horas.

Silva et al. (2015) constataram que a abertura floral das plantas de pitáia vermelha em Jaboticabal-SP ocorreu no início da noite e completou o fechamento na manhã seguinte. Foi observado pelos autores que em dias nublados o processo de fechamento pode se prolongar até o fim da manhã.

O hábito noturno identificado nas flores de pitáia faz com que a polinização natural

seja considerada fator limitante, isso porque os principais agentes polinizadores descritos na literatura são os morcegos, abelhas e mariposas (SILVA et al., 2011). Diante disso, a polinização manual é considerada uma prática imprescindível, principalmente para produção comercial (VALIENT-BANUET et al., 2007). No presente estudo, as flores foram polinizadas de forma manual e por meio da polinização cruzada usando plantas da variedade de polpa branca *Hylocereus undatus* presentes na área experimental.

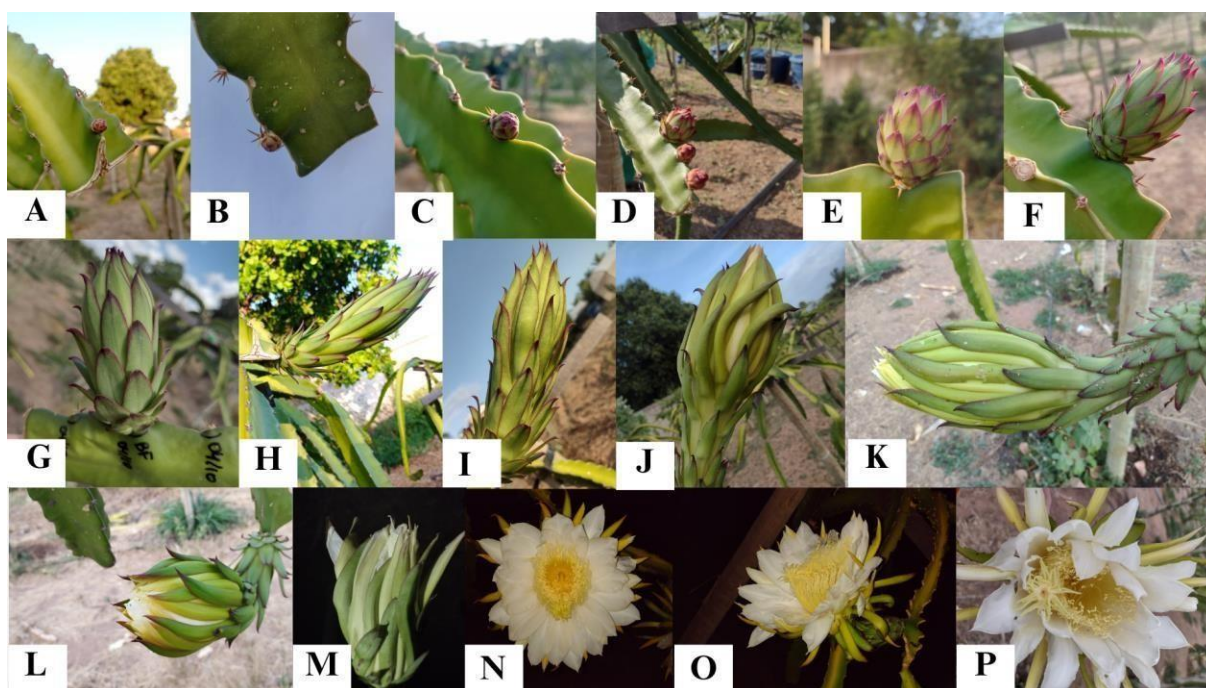


Figura 9. Sequência dos estádios fenológicos reprodutivos da pitia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) cultivada em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN, 2022/2023. A) aparecimento do botão floral; B) desprendimento dos espinhos que protegem a gema; C) botão no formato de esfera; D) queda do espinho; E, F, G e H) botão floral apresentando, respectivamente, cinco, seis, sete e oito níveis de sépalos; I) botão prestes a abrir; J) início do desprendimento das sépalas e aparecimento das pétalas; K) início do desprendimento das pétalas; L) início da abertura da flor; M) flor iniciando a abertura; N) abertura completa da flor; O) flor iniciando o fechamento; P) flor aberta no início da manhã.

Fonte: A autora – Luana Mendes de Oliveira

3.3 Período de frutificação e maturação dos frutos

A fase de desenvolvimento do fruto ocorre logo após a polinização, que apresenta como característica principal a dessecação das partes florais como pétalas, estigma e estames, podendo ocorrer o desprendimento do fruto ou não até o momento da colheita. Outra característica observada no processo de desenvolvimento dos frutos é a formação das brácteas externas, que revestem por completo todo o fruto, no entanto, no decorrer do enchimento e crescimento dos frutos essas estruturas vão ficando menos evidentes (MARQUES, 2010) (Figura 12).

Observou-se que desde a polinização dos frutos até a maturação fisiológica caracterizada pela coloração vermelho intenso das cascas foram 49 dias no primeiro ano de cultivo (2021/2022) e de 76 dias no segundo ano de cultivo (2022/2023). Essa fase se caracteriza pelo pegamento, enchimento, crescimento e mudança na coloração da casca dos frutos. No caso das plantas observadas no presente trabalho, os frutos inicialmente apresentam coloração verde claro, passando em seguida para a coloração rosa claro e quando atingiram a maturação fisiológica os frutos apresentaram coloração vermelha intensa, indicando o ponto ideal de colheita (Figura 12 J).

Observou-se que no primeiro ano de cultivo (2021/2022) da poda de produção até o momento da primeira colheita decorreram 101 dias. Entretanto, no segundo ano de cultivo (2022/2023) o período entre a poda de produção e a primeira colheita foi de 122 dias. Após a primeira colheita, as plantas continuaram produzindo, sendo contabilizados 128 dias de colheita no primeiro ano de cultivo (2021/2022) e 90 dias de colheita no segundo ano de cultivo (2022/2023).

A cultura da pitáia pode apresentar na mesma planta fanofases distintas como botões florais, flores e frutos em desenvolvimento e frutos no ponto de colheita. Por essa razão, os dias de colheita podem se estender por meses, porém a duração desse período está diretamente correlacionada às condições climáticas do ambiente (MOREIRA et al., 2011). Após a polinização, ocorrem o pegamento e desenvolvimento dos frutos.

Portanto, é necessário que a fertilização seja concluída de forma eficiente, nesse caso, o ovário apresenta coloração esverdeada, dando início ao seu desenvolvimento, aumentando de forma gradativa seu tamanho, caso contrário, os ovários apresentam coloração amarelada, em seguida, amolecem e se desprendem do cladódio (SILVA et al., 2015).

O desenvolvimento dos frutos das plantas deste trabalho foi influenciado pelos anos de cultivo, sendo que no segundo ano essa fenofase foi superior quando comparado com o primeiro (Tabela 3). A cultura da pitaiá apresenta fruto do tipo baga carnuda, oblonga, a coloração da polpa varia de acordo com a variedade (branca, vermelha e amarela) e apresenta textura gelatinosa, apresentando sementes pequenas de coloração preta. Essas características fazem com que os frutos sejam apreciados pelos consumidores, os frutos da pitaiá podem ser consumidos tanto *in natura* quanto processados (CENTURIÓN et al., 2008).

A precipitação e a temperatura apresentam influência no pegamento dos frutos. De acordo com Nerd et al. (1999), o desenvolvimento dos frutos de pitaiá vermelha é afetado de forma negativa, comprometendo suas características físico-químicas. Temperaturas elevadas podem aumentar o estresse hídrico e, conseqüentemente, alterar o crescimento das plantas, a ampliação foliar e floral e o equilíbrio do turgor foliar por causa do aumento da evapotranspiração (TURC et al., 2016).

No presente estudo, o desenvolvimento dos frutos ocorreu nos meses de novembro, dezembro e janeiro, porém os frutos das plantas cultivadas no segundo ciclo apresentaram 76 dias entre a polinização e o início da colheita, sendo maior em comparação com o mesmo período no primeiro ciclo de cultivo (Tabela 3).

Esse comportamento pode ser explicado pelas condições climáticas, uma vez que as temperaturas observadas no segundo ano de produção foram superiores quando comparadas com o primeiro ano de cultivo (Figura 2 e Figura 3). Trivellini et al. (2020), avaliando a fenologia da pitaiá em casa de vegetação, observaram que os frutos atingiram a maturidade entre 40-45 dias após a floração e polinização.

Silva et al. (2015) observaram no primeiro ciclo temperatura média de 22,9°C e 201,8mm de precipitação, ao passo que no segundo ciclo foi de 21,1°C e 95,5mm. Essas variações influenciaram no desenvolvimento dos frutos, as temperaturas observadas pelos autores foram inferiores às encontradas no presente trabalho.

Regiões que apresentam temperaturas acima de 38 °C na fenofase reprodutiva afetam diretamente a cultura da pitaiá, reduzindo o rendimento produtivo das plantas. Para que as plantas não sejam afetadas de forma negativa, o ideal é que a temperatura máxima do ambiente seja igual ou inferior a 32 °C (NERD et al., 2002).

Os maiores rendimentos produtivos observados no presente trabalho (ápice de colheita) foram nos meses de janeiro e março no primeiro ano de cultivo, já no segundo ano de cultivo os meses de fevereiro e abril apresentaram maiores número de frutos na colheita (Figura 10 e Figura 11).

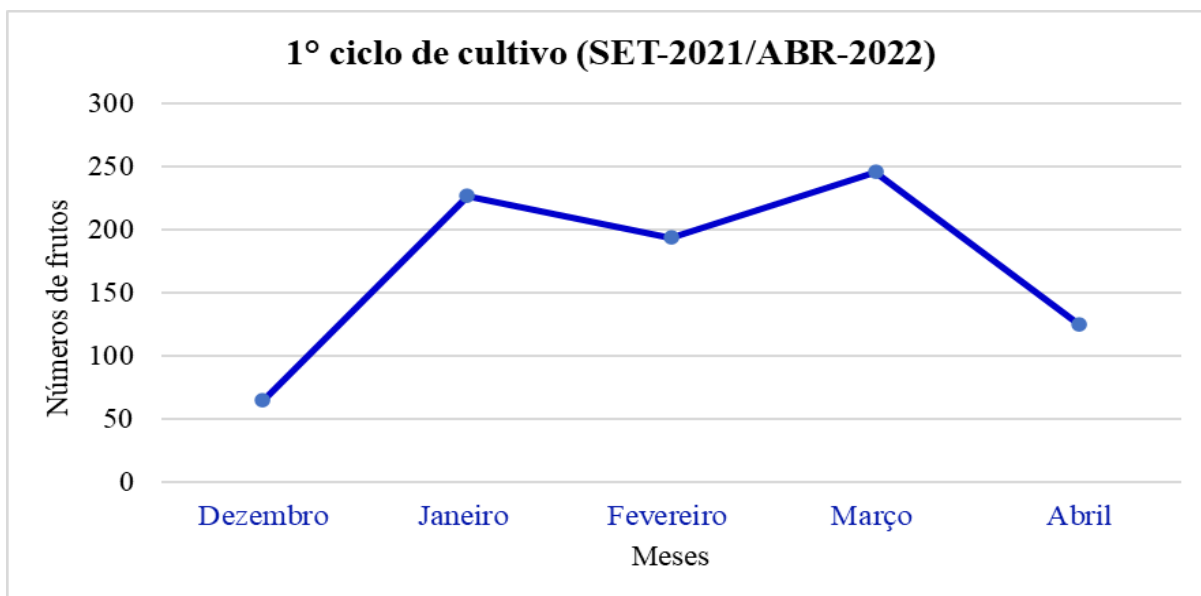


Figura 10. Número de frutos de pitaiá vermelha (*Hylocereus costaricensis*) em relação aos meses de cultivo no primeiro ano produtivo. Mossoró-RN, 2022. **Fonte:** Dados da pesquisa.

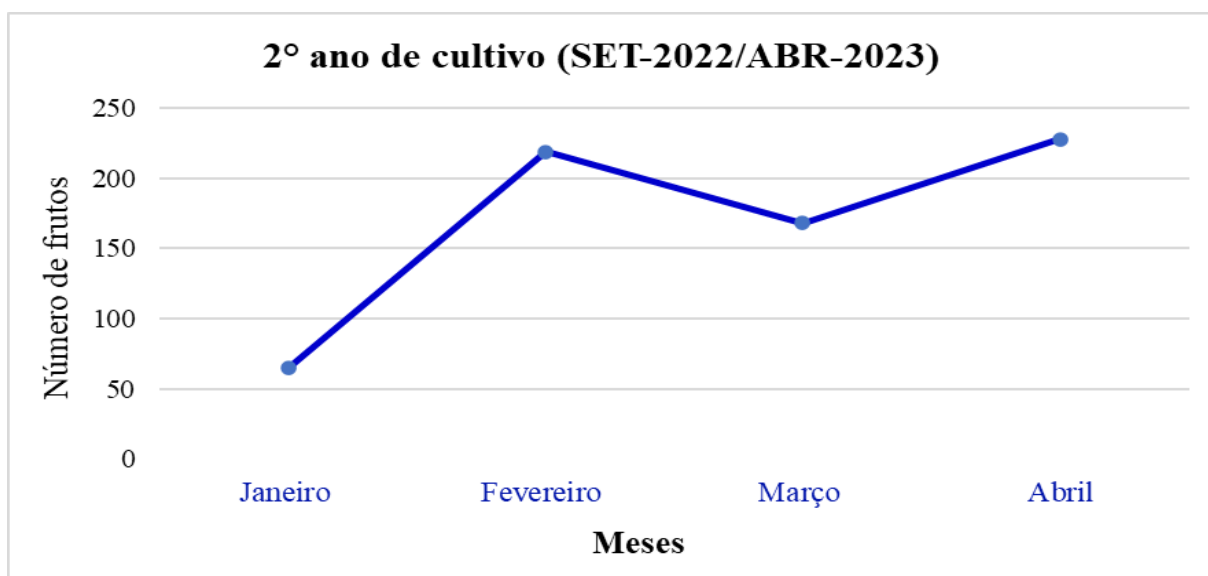


Figura 11. Número de frutos de pitaiá vermelha (*Hylocereus costaricensis*) em relação aos meses de cultivo no segundo ano produtivo. Mossoró-RN, 2023. **Fonte:** Dados da pesquisa.

Essas respostas no rendimento estão correlacionadas principalmente às condições climáticas do meio e às técnicas de manejo disponibilizadas para as plantas, ou seja, plantas que apresentam equilíbrio nutricional conseguem melhorar seus rendimentos produtivos. Observando o desenvolvimento reprodutivo e o rendimento de *Hylocereus undatus*, Rodríguez (2000) observou que tecnologia utilizada influencia na produtividade da área.

Outros autores observaram que métodos de adubação resultaram em ganhos e aumentos de rendimento na cultura da pitaia (MERTEN, 2003; PERWEEN; HASAN, 2018). De acordo com Nerd et al (2002), além das tecnologias empregadas no cultivo, os rendimentos produtivos da pitaia estão correlacionados à umidade relativa e precipitação pluviométrica no período em que as plantas estão sendo cultivadas. Segundo os autores, a umidade ideal deve estar entre 60 e 80%. Essa informação corrobora com os índices de umidade observados na fase reprodutiva das plantas deste trabalho.

Além da umidade, a precipitação pluviométrica e fotoperíodo também influenciam. Segundo Jiang et al. (2012), fotoperíodos de dias longos favorecem a floração da cultura da pitaia, resultando em maiores rendimentos produtivos. Suonan et al. (2019) observaram que o aumento da precipitação acelerou as etapas da fenologia, ao passo que a diminuição da precipitação a atrasou.

Osuna-Enciso et al. (2016), analisando a fenologia e rendimentos produtivos da pitaia dapolpa branca na região do vale de Culiacán em Sinaloa-México, observaram que o início das chuvas e o aumento da umidade relativa, juntamente com o fotoperíodo de dias longos, favoreceram o início da floração das plantas. Esse tipo de comportamento coincide com o observado nas plantas do presente estudo.

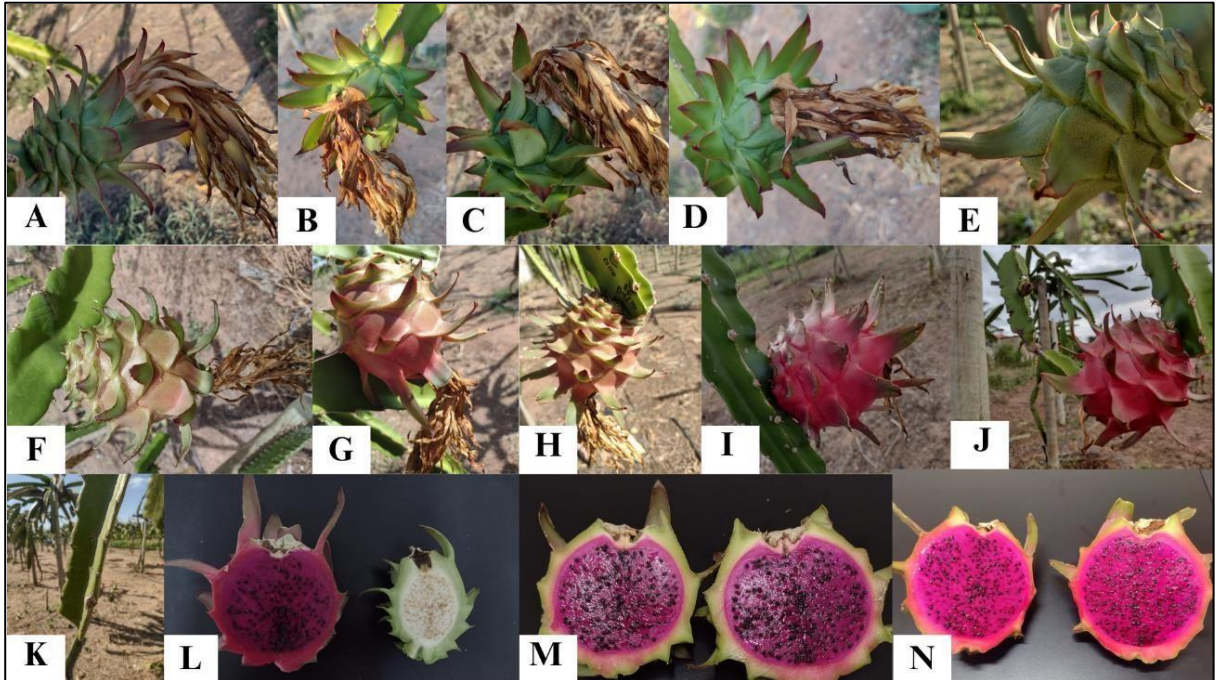


Figura 12. Sequência dos estádios fenológicos produtivos da pitiaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) cultivada em condições climáticas do semiárido no município de Mossoró-RN, 2022/2023. A) fruto polinizado apresentando restos florais; B, C, D, E) fruto verde em desenvolvimento; F) início da coloração rosada do fruto; G) fruto com 50% da coloração rosada; H) início da coloração da base das brácteas; I) fruto com 70% da coloração; J) maturação completa do fruto; e K) aréola cicatrizada após a retirada do fruto; L) polpa dos frutos em diferentes estádios de maturação; M) polpa do fruto antes da maturação fisiológica N) polpa do fruto apresentando maturação completa. **Fonte:** A autora – Luana Mendes de Oliveira.

Neste trabalho, durante o desenvolvimento das plantas de pitiaia vermelha foram obtidos e classificados sete estádios fenológicos, sendo observados durante os meses de cultivo nos dois anos produtivos na mesorregião do Oeste Potiguar. As informações foram obtidas tomando como base a escala estendida elaborada por Chu; Chang (2022) (Gráfico 1).

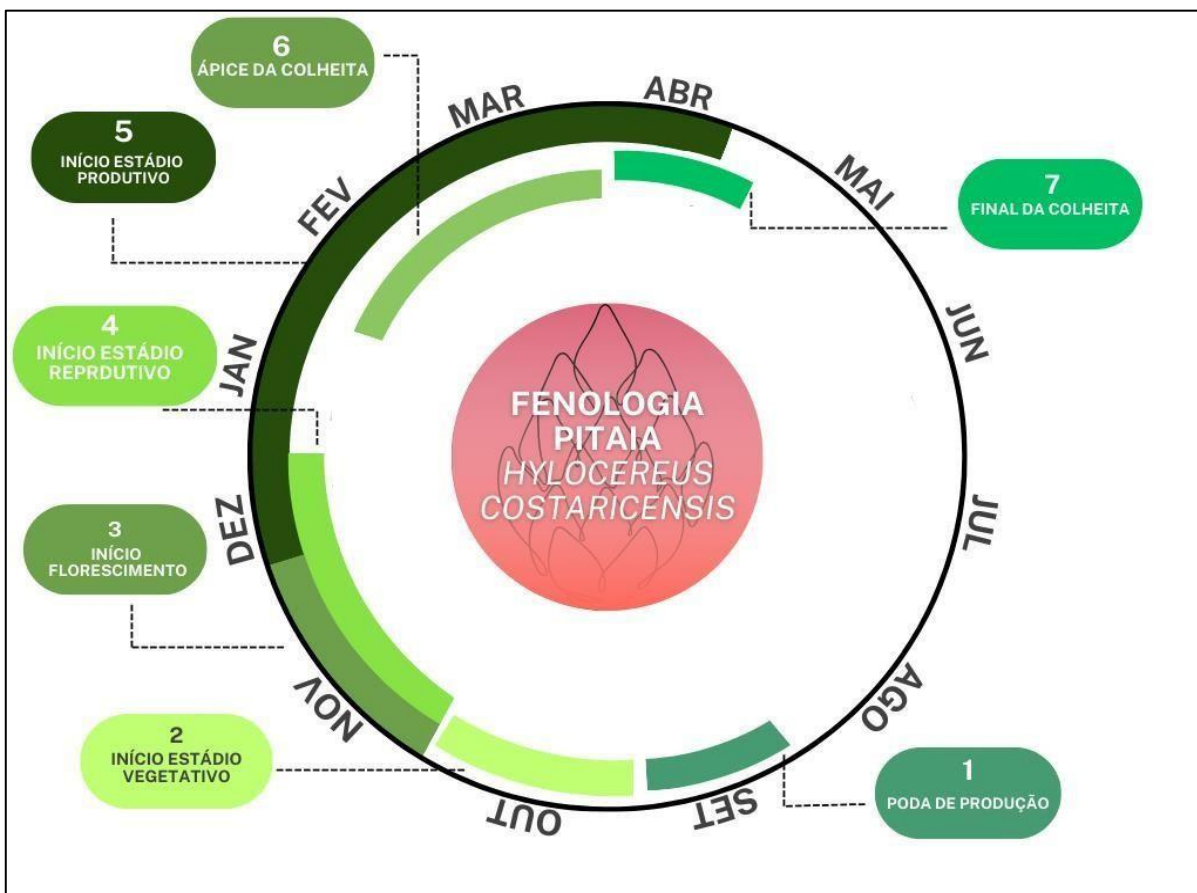


Gráfico 1. Principais estádios fenológicos reprodutivos e produtivos da pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) cultivada em condições climáticas do semiárido de acordo com os períodos do ano no município de Mossoró-RN, 2022/2023. **Fonte:** Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÃO

Foram observados sete estádios fenológicos reprodutivos da pitiaia vermelha cultivada em condições climáticas do semiárido.

O período da poda até a maturação fisiológica da pitiaia foi de 101 dias no primeiro e de 122 dias no segundo ciclo avaliado, em condições climáticas do semiárido.

REFERÊNCIAS

- ANONYMOUS, P T. Thesis entitled “Studies on the effect of nutrient application in vegetative and reproductive phenology of dragon fruit” submitted to the Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, **Mohanpur west Bengal**, India, p. 29-44, 2007.
- BARBEAU, G. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. **Fruits**, v. 45, n. 2, p. 141-147, 1990.
- BÁRCENAS A. et al. La Zonificación de Cultivos en México. Serie Cuadernos CBS, **Universidad Autónoma Metropolitana**. México, p. 64, 2002.
- CÁLIX DE DIOS, H. et al. El cultivo de la pitahaya en el trópico. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. **Gobierno del Estado de Tabasco**. p. 1, 2005.
- CENTURIÓN, Y., A., R., S. et al. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Rev. Fitotec. Mex.**, n. 31, p. 1-5, 2008.
- CHAGAS, K. P. T. et al. Fenologia do dendezeiro e correlações com variáveis climáticas, **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1701-1711, 2019.
- CHU, YU-CHUN., CHANG, JER-CHIA. Codification and description of the phenological growth stages of red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) using the extended BBCH scale with special reference to spines, areole, and flesh color development under field conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 293, p. 110752, 2022.
- CORDEIRO, M. H. M. et al. Caracterização física, química e nutricional da pitaiá-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura cultura**, 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. Acesso em: 19 set. 2023.
- CRANE, J. H. et al. Pitaya Growing in the Florida Home Landscape: HS1068/HS303, 11/2005. **EDIS**, v. 2006, n. 21, 2006.
- DA SILVA LOPES, M. R. et al. Espécies e aplicações tecnológicas da pitaiá: uma revisão. **Multitemas**, 167-187, 2022. ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso**

Brasileiro de Agrometeorologia. Guarapari – ES, 2011.

FALEIRO, F. G. **Pitaia: a fruta que está conquistando o Brasil.** 2022.

GUNASENA, H. P. M. et al. Fruta do dragão (*Hylocerus undatus* (Haw.) Britton & Rose). In: PUSHPAKUMARA, D. K. N. G. ; GUNASENA, H. P. M.; SINGH, V. P. (org.). Árvores frutíferas subutilizadasno Sri Lanka. Nova Delhi, **Centro Mundial Agroflorestal**, p.110-142, 2007.

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

JIANG, Y. L. et al. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **HortScience**, v. 47, 1063-1067, 2012.

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

LE BELLEC, F. et al. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, v.61, n.4, p.237-250, 2006. Disponível em: <http://pdfcast.org/pdf/pitahaya-hylocereus-sppa-new-fruit-crop-a-market-with-a-future>. Acesso em: 19 set. 2023.

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

MACHADO, Francisca Gislene Albano. **Densidades de plantio e ciclos de cultivo na produção e qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da pitaia vermelha.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

MARO, L. A. C. et al. Ciclo de produção de cultivares de framboeseiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, p.435-441, 2012.

MARQUES, V. B. et al. **Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-87, jun. 2011. Disponível em:

hΣ p://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arΣext&pid=S0103-84782011000600011. Acesso em: 10 set. 2023.

MARQUES, V. B. et al. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v. 41, p. 984-987, 2011.

MARQUES, VIRNA BRAGA. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaia** [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. 2010. Tese de Doutorado. PhD thesis. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

MERTEN, S. A Review of *Hylocereus* Production in the United States. J. Prof. Assoc. **Cactus Develop.** v. 1, p. 98-105, 2003.

MIZRAHI, E. et al. New fruit crops with high water use efficiency. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Ed.). Creating markets for economic development of new crops and new uses. Alexandria: **ASHS Press**, p. 216-222, 2007.

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

MONGE-PÉREZ, J. E., LORÍA-COTO, M. Comparación en altura de planta y producción de brotes entre dos variedades de pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Tecnología en Marcha**, p. 13-23, 2023.

NERD, A. et al. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, 96: 343-350, 2002.

NERD, A., F. GUTTMAN., Y. MIZRAHI. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Posthar. Biol. Technol.**, 17: 39-45, 1999.

NUNES, E. N. et al. Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 90-8, 2014.

OSUNA-ENCISO, Tomás et al. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. **Agrociencia**, v. 50, n. 1, p. 61-78, 2016.

PERWEEN, T., HASAN, M. A. Effect of Different Dose of NPK on Flower Phenology of Dragon Fruit. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 7, n. 5, p. 2189-2194, 2018.

RAVEH, E. et al. Respostas de cactos trepadeiras a diferentes níveis de sombra e ao enriquecimento de dióxido de carbono. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 434, p. 271278, 1996.

RODRÍGUEZ, C. Pitahayas. Estado Mundial de su Cultivo y Comercialización. Fundación Yucatán Produce, A. C., **Universidad Autónoma de Chapingo**. Maxcanú, Yucatán, México. 153 p, 2000.

SATO, S. T. et al. Physical and physiochemical characterization of the pitaias red (*Hylocereus costaricensis*) produced in three cities of Pará. **Journal of bioenergy and food science**, v. 1, n. 2, 2014.

SILVA, A. C. C. et al. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, 2015.

SILVA, A. de Castro Correia da et al. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, v. 45, p. 585-590, 2015.

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

SUONAN, Ji et al. Plant phenological sensitivity to climate change on the Tibetan Plateau and relative to other areas of the world. **Ecosphere**, v. 10, n. 1, p. e02543, 2019.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.
TRIVELLINI, A. et al. Pitaya, an attractive alternative crop for Mediterranean region. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1065, 2020.

TURC, O. et al. The growth of vegetative and reproductive structures (leaves and silks) respond similarly to hydraulic cues in maize. **New Phytologist**, n. 212, p. 377– 388, 2016.

VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 68, p.1-8, 2007. Disponível em: Acesso em: 28 Ago. 2023.

WEISS, I. et al. Effect of elevated CO₂ on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 123, n. 4, p. 531-536, 2010.

CAPÍTULO II
ADUBAÇÃO MINERAL, ORGÂNICA E IRRIGAÇÃO COM EFLUENTES DA
PISCICULTURA NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E PÓS-COLHEITA DOS
FRUTOS DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus costaricensis*)

RESUMO

Novos hábitos alimentares resultam em oportunidades de mercado, promovendo a exploração de novas frutíferas que apresentam grande potencial econômico. O cultivo de frutas exóticas se enquadra nesse novo cenário, como, por exemplo, a cultura da pitáia (*Hylocereus* spp.). O setor agrícola vive em constante expansão, de forma que o aumento da população mundial exige uma produção de alimentos em larga escala. Porém, o uso irracional dos recursos naturais como a água pode limitar essa produção, motivo pelo qual se torna necessário o emprego de técnicas sustentáveis, tais como: a reutilização de águas de efluente da piscicultura na irrigação em áreas de cultivo agrícola. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da adubação e o reuso da água de efluentes da piscicultura como alternativa para irrigação nos aspectos produtivos e características físico-químicas da cultura da pitáia. O experimento foi conduzido no pomar didático da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x 3, com três blocos e duas plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em três tipos de água (água de abastecimento 100% (C0%), água do efluente da piscicultura 100% (C100%) e a mistura das águas: (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%) e três fontes de adubação (composto orgânico, NPK formulado 16-16-16 e sem adubação). As características de produção, físicas e pós-colheita dos frutos foram favorecidas nos tratamentos irrigados com água 100% do efluente da piscicultura (C100%) e a mistura das águas: (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%), juntamente com a adubação mineral e orgânica. Observou-se que nos tratamentos que não foram adubados, porém irrigados com a água 100% do efluente da aquicultura (C100%) e a mistura das águas: (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%), as características de produção, qualidades físicas e de pós-colheita dos frutos foram superiores ao tratamento irrigado com água de abastecimento.

Palavras-chave: Cactáceas, frutíferas exóticas, manejo nutricional.

CHAPTER II

MINERAL, ORGANIC FERTILIZATION AND IRRIGATION WITH FISH FARMING EFFLUENTS ON THE PRODUCTION AND POSTHARVEST CHARACTERISTICS OF RED PITAYA FRUIT (*Hylocereus costaricensis*)

ABSTRACT

New eating habits result in market opportunities, promoting the emergence of new fruit trees that have great economic potential. The cultivation of exotic fruits fits into this new scenario, such as dragon fruit cultivation (*Hylocereus* spp.). The agricultural sector is constantly expanding, as the increase in the world population requires large-scale food production. However, the irrational use of natural resources such as water can limit this production, for this reason, it is necessary to use sustainable techniques, such as: the reuse of effluent water from fish farming, irrigation in agricultural cultivation areas. Therefore, the objective of this work will be to evaluate the influence of fertilization and the reuse of water from fish farming effluents as an alternative to irrigation on the productive aspects and physical-chemical characteristics of dragon fruit cultivation. The experiment was conducted in the teaching orchard of the Federal Rural University of Semi- Árido. The treatments were distributed in a randomized block, in a 3 x 2 factorial scheme, with three blocks and two plants per plot. The treatments consisted of three types of water (supply water 100% (C0%), fish farm effluent water 100% (C100%) and a mixture of waters: (50% effluent + 50% supply water) (C50%) and two sources of fertilizer (cattle manure and NPK formulated 16-16-16). The production, physical and post-harvest characteristics of the fruits were favored in treatments irrigated with water 100% of fish farming effluent (C100%) and the mixture of water: (50% effluent + 50% supply water) (C50%), together with mineral and organic fertilization. It was observed that in treatments that were not fertilized, however irrigated with 100% effluent water of aquaculture (C100%) and the mixture of waters: (50% effluent + 50% supply water) (C50%), the production, physical and post-harvest characteristics of the fruits were superior to the treatment irrigated with supply water.

Keywords: Cactáceas, exotic fruit trees, , nutritional management.

1 INTRODUÇÃO

A pitiaia vermelha *Hylocereus costaricensis* é uma frutífera exótica que pertence à família das cactáceas que nos últimos anos vem ganhando espaço no cenário econômico mundial (JUNQUEIRA et al., 2010). As plantas do gênero *Hylocereus* possuem ciclo de vida perene, são suculentas, apresentam crescimento epífita e se desenvolvem em diferentes habitats, sendo consideradas rústicas (SANTOS et al., 2013).

A cultura da pitiaia possui estruturas modificadas que auxiliam no seu desenvolvimento, além de apresentar um tipo específico de metabolismo fotossintético, conhecido como CAM (Metabolismo Ácido Crassuláceo). Essa característica adaptativa assegura o cultivo comercial em regiões que apresentam desuniformidade na disponibilidade de água, o que torna a pitiaia uma alternativa de cultivo em regiões que apresentam esse perfil climático (SILVA, 2014).

Nos últimos anos, a procura e o consumo de frutas vêm aumentando, e a cultura da pitiaia vem se destacando, sendo produzida em todo o mundo. O aumento da expansão comercial da cultura da pitiaia é explicado pelas características organolépticas e nutricionais encontradas nos frutos (IBRAHIM et al., 2018).

Os frutos de pitiaia são ricos em compostos bioativos e antioxidantes que auxiliam na inibição de reações oxidativas das moléculas (SANTOS et al., 2016). Esses frutos apresentam em sua composição minerais e vitaminas que geram benefícios à saúde, atuando principalmente no controle de doenças cardiovasculares e intestinais. A fruta da pitiaia pode ser consumida *in natura* ou processada, dando origem a subprodutos (HALIMOON; ABDUL HASAN, 2010).

Com o mercado em expansão, a procura pelos frutos de pitiaia aumentou, consequentemente as áreas de cultivos também se expandiram, o que resulta no aperfeiçoamento das técnicas de cultivos no intuito de aumentar os rendimentos produtivos e melhorar a qualidade dos frutos. O emprego de novas tecnológicas, atrelado a um manejo nutricional e de irrigação de forma sustentável, favorece a produtividade das áreas (TRI et al., 2000). A cultura é altamente exigente em matéria orgânica e macronutrientes (CARMO et al., 2022).

Uma adubação equilibrada disponibiliza nutrientes para as plantas, resultando em melhorias no crescimento e rendimento produtivo. As fontes de nutrientes adotadas no manejo nutricional normalmente se dividem em fertilizantes minerais e adubos orgânicos

(KUSTIAWATI et al., 2014).

Outros fatores importantes são a disponibilidade e qualidade da água, ou seja, manejo de irrigação adotado no cultivo da pitiaia. Segundo Crane; Balerdi (2006), mesmo sendo considerada uma frutífera que se adapta a ambientes com baixa pluviosidade, a pitiaia necessita de um manejo de irrigação regular, pois a disponibilidade de água de forma regrada permite à planta armazenar reservas que serão utilizadas no crescimento e desenvolvimento dos frutos.

Com o aumento da população mundial, a atividade agrícola cresce porque se torna necessário produzir mais alimentos. Entretanto, a escassez dos recursos hídricos é um dos principais problemas enfrentados no mundo e a agricultura é o setor que mais utiliza água (FAO, 2020). Por esse motivo torna-se necessário o uso de alternativas que possam minimizar esse problema.

O reuso da água da piscicultura nas atividades agrícolas é visto como uma alternativa viável na medida em que, além de reduzir os custos de produção, minimiza os impactos ambientais e beneficia o desenvolvimento das plantas, pois são águas que apresentam na sua composição elevados teores de nutrientes (STEVENSON, 2010).

A cultura da pitiaia apresenta respostas positivas no desenvolvimento e rendimento produtivo quando as técnicas manejo de adubação e irrigação são adotadas de forma adequada (NANGARE et al., 2020). Entretanto, a irrigação e a fertilização são atividades de elevado custo, principalmente em regiões semiáridas. Quando são realizadas de forma excessiva, podem provocar a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as características de produção e físico-químicas da pitiaia vermelha *Hylocereus costaricensis* por meio da adubação orgânica e mineral e a reutilização de efluente da piscicultura na irrigação das plantas nas condições climáticas do semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no pomar experimental pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5° 11' 15'' S de latitude e 37° 20' 39'' W de longitude, com altitude de 18 m e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw^h, tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 673,9 mm e temperatura média de 27,4 °C, com dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular) (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011) (Figura 1).

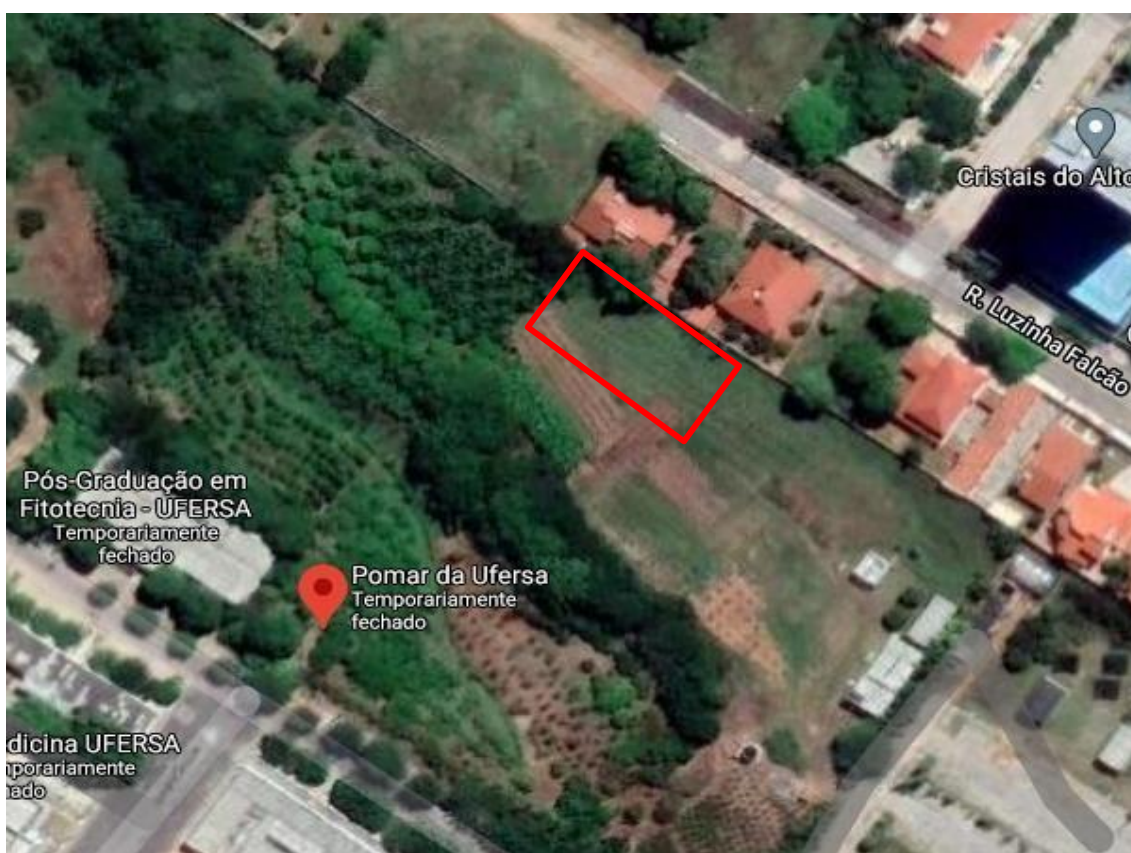


Figura 1. Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023. **Fonte:** Google.

Durante o período experimental (SET/2021 a ABR/2023), os seguintes dados meteorológicos foram coletados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFERSA: temperatura e umidade relativa máxima e mínima do ar e precipitação pluviométrica (Figura 2 e Figura 3).

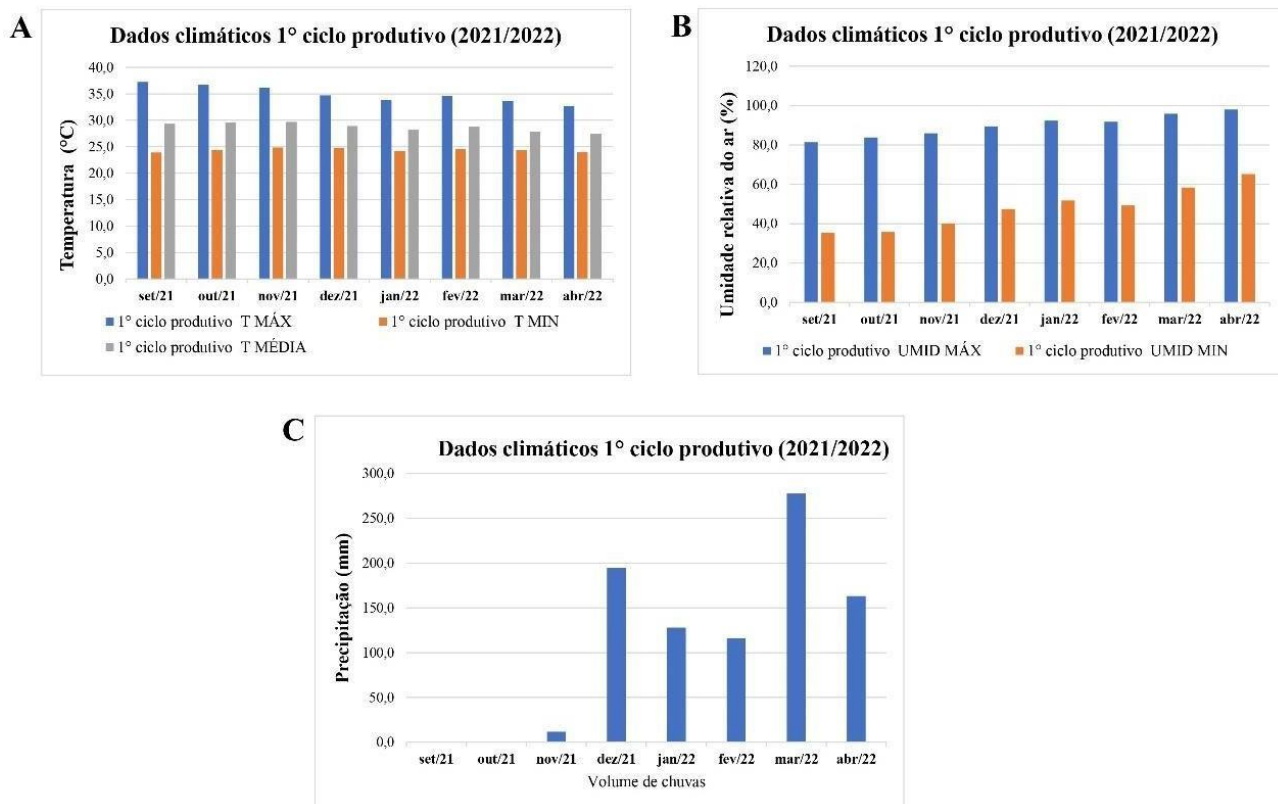


Figura 2. Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABR/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.

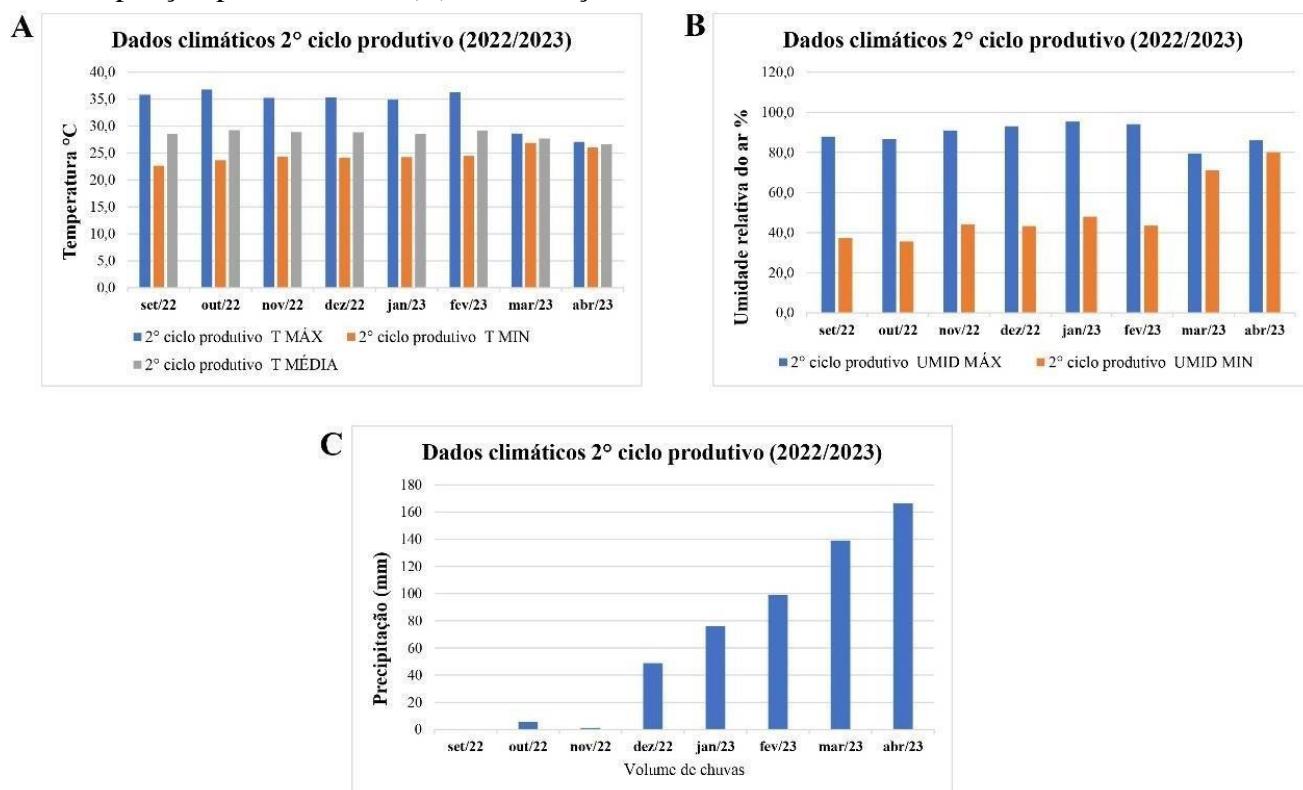


Figura 3. Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2022 – ABR/2023). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.

2.2 Condições de cultivo

As plantas utilizadas no experimento foram provenientes de matrizes obtidas em parceria com a UFC. Os cladódios foram coletados e propagados por estaquia. A área experimental foi implantada em março de 2018, tendo sido as mudas plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm, no espaçamento 3 x 2 m. Após o plantio, as mudas foram tutoradas em mourões de eucalipto perpendiculares ao solo até alcançar a altura de 1,8 m, tendo sido podadas de forma que apenas um ramo foi conduzido até o suporte (ripado de madeira) acima dos mourões para sustentação dos cladódios em forma de T (Figura 4).



Figura 4. Área experimental das plantas de pitiaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

Em relação aos tratos culturais, antes de ser iniciado o experimento, as plantas foram podadas uniformemente. Inicialmente, foi realizada uma poda de limpeza, sendo deixados de 30 a 40 cladódios por planta. No dia 13 de setembro de 2021, foi realizada a poda do primeiro ano de cultivo e no dia 19 de setembro de 2022 a poda de produção do segundo ciclo foi realizada e os tratamentos foram aplicados. O controle de plantas daninhas foi realizado a cada 30 dias, com o auxílio de uma roçadeira mecânica nas entrelinhas e capinas manuais com utilização de enxadas na linha de plantio e na projeção da copa.

Tabela 1. Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022.

Identificação	N g/kg	pH (água)	CE dS/m	Mat. Org. g/kg	P mg/dm ³	K+ mg/dm ³	Na+ mg/dm ³	Ca ²⁺ mg/dm ³	Mg ²⁺ mg/dm ³	Al ³⁺ cmolc/dm ³	H+Al cmolc/dm ³	CTC %	m	V	PST
0-20 1° Ciclo	0,6	6,5	0,08	3,72	30	163	11,8	2,66	1,44	0	0	4,57	0	100	1
20-40 1° Ciclo	0,2	6,7	0,07	1,24	19	133	15,7	2,38	1,62	0	0	4,41	0	100	2
0-20 2° Ciclo	0,4	7	0,04	0,1	15	106	7,9	1,85	2,58	0	0	4,71	0	100	1
20-40 2° Ciclo	0,3	7,1	0,04	2,48	27	85,7	6,9	1,91	2,09	0	0	4,25	0	100	1
Composto orgânico	—	8,6	—	8,75	9,4	73,7	28,9	1,9	0,5	0	0	2,71	0	100	10

Fonte: Laboratório de solo e planta da UFERSA.

2.3 Água utilizada na irrigação das plantas

A água utilizada na irrigação das plantas foi obtida em parceria com o setor de aquicultura da UFERSA. Foi instalado um sistema de irrigação externo fazendo a ligação até o pomar didático de fruticultura, onde o experimento foi realizado (Figura 5). Através do sistema de irrigação externo, a água chegava até a caixa principal instalada no pomar, em seguida, era depositada para duas caixas menores (2.000 L), que ficavam localizadas próximo à área experimental, depois a irrigação das plantas era realizada com o auxílio de um regador de 5 L manualmente. As águas utilizadas apresentavam as seguintes composições químicas (Apêndice 1).

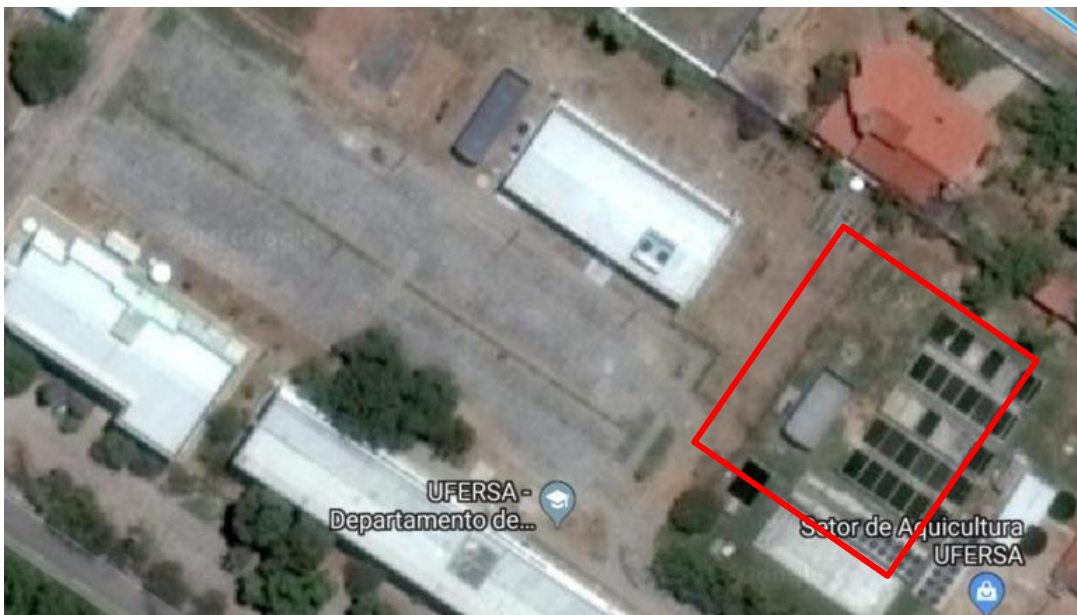


Figura 5. Setor de aquicultura da UFERSA. Mossoró-RN, 2021/2023. Fonte: Google.

2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, com três blocos e duas plantas por parcela. O primeiro fator foi a irrigação das plantas com duas concentrações de água do efluente da piscicultura e água de abastecimento: água de mistura (C50%) 50% água de piscicultura + água de abastecimento, água pura da piscicultura (C100%) e água de abastecimento (C0%). As plantas foram irrigadas três vezes na semana, com 5 L de água de forma manual na região próxima às raízes.

O segundo fator foi a adubação das plantas com três fontes de adubação: adubo mineral, NPK (16-16-16), composto orgânico e sem adubação. A adubação com a fonte mineral foi parcelada em três vezes: 150 g na poda de produção; 100 g na floração; 100 g no pegamento dos frutos. O composto orgânico foi parcelado em duas vezes: 10 L na poda de produção e 10 L no pegamento dos frutos.

Os tratamentos foram denominados como: **T1:** água de abastecimento (C0%) + composto orgânico; **T2:** água de abastecimento + NPK (16-16-16); **T3:** água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) + composto orgânico; **T4:** água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) + NPK (16-16-16); **T5:** água pura da piscicultura (C100%) + composto orgânico; **T6:** água pura da piscicultura (C100%) + NPK (16-16-16), **T7:** água de abastecimento (C0%) sem adubação; **T8:** água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) sem adubação e **T9:** água pura da piscicultura (C100%) sem adubação.

2.5 Colheita e seleção dos frutos

Os frutos foram colhidos manualmente, nos horários mais frescos do dia, em estágio de maturação utilizado para comercialização (coloração da casca vermelha uniforme em todo o fruto) (SARMENTO, 2017). Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN. No laboratório, os frutos passaram por um processo de seleção, sendo descartados para as análises químicas aqueles que apresentavam danos por cortes, abrasões, ataques de insetos (Figura 6).



Figura 6. Colheita dos frutos (A), seleção dos frutos no laboratório (B) de pitiaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora

Na ocasião da colheita, avaliou-se as características de produção das plantas, conformedetalhamento a seguir:

- I. **Número de frutos por planta:** contagem total dos frutos comerciais, frutos verdes e frutos totais. Os frutos caracterizados por comerciais são destinados ao consumo *in natura*;
- II. **Produção total:** pesagem dos frutos comerciais colhidos semanalmente, com os resultados expressos em kg planta⁻¹;
- III. **Produtividade total:** razão da produção total pela área vezes o número de plantas, e os resultados foram expressos em t ha⁻¹.

2.6 Características Físicas

Após a seleção, os frutos foram submetidos às avaliações físicas de qualidade. Para isso, foram coletados dois frutos por planta, quatro frutos por tratamento. Foram determinados o diâmetro longitudinal (mm), transversal (mm) e espessura de polpa (mm) utilizando um paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm) (Shan, China) (Figura 7 A). Para a massa fresca do fruto (g), utilizou-se balança analítica ($\pm 0,01$ mm);

Em seguida, a polpa, contendo as sementes, foi separada da casca (epicarpo) após corte transversal no fruto, de forma manual com auxílio de facas de aço inoxidável. A fração da polpa (mesocarpo + sementes) foi homogeneizada em uma centrífuga de frutas de aço

modelo (Inox 800w Mondial), formando uma única amostra, acondicionadas em potes de plástico e armazenadas em freezer a - 23 °C para posteriores análises (SARMENTO, 2017).

Para a coloração da casca e polpa, foram utilizados quatro frutos por parcela, o espaço de cor foi expressa em L (luminosidade – brilho, claridade ou refletância), C* (croma – saturação ou intensidade da cor) e °h (ângulo hue – tonalidade) (Commission Internationale de L'Eclairage) (MINOLTA, 2007), com auxílio de um colorímetro digital de bancada (CR-410, Minolta®). As leituras na casca foram determinadas aleatoriamente em dois pontos equidistantes na região equatorial e para a coloração da polpa, após corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas (Figura 7 B).

A firmeza do fruto e da polpa foi determinada utilizando o texturômetro Texture Analyser®, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon (Stable Micro SystemsLtd., Surrey, Inglaterra) com célula de carga de 10 kg, utilizando-se 4 frutos por tratamento. Utilizou-se probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 6 mm (modelo P/6), as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste foram de 2 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, e a distância de penetração de 30 mm.

Foram realizadas duas medições equidistantes uma em cada região equatorial do fruto e, para polpa, após corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas. Os resultados foram expressos em Newton (N) (Figura8).

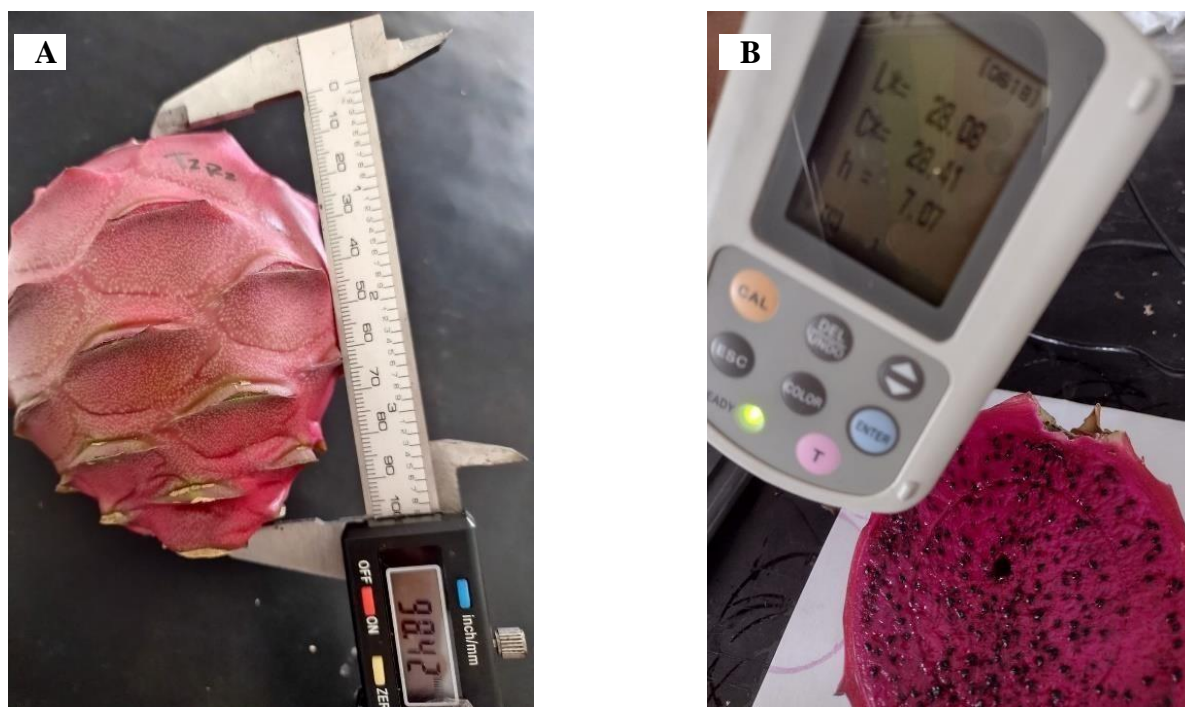


Figura 7. Análise de comprimento (A), coloração da polpa (B) dos frutos de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

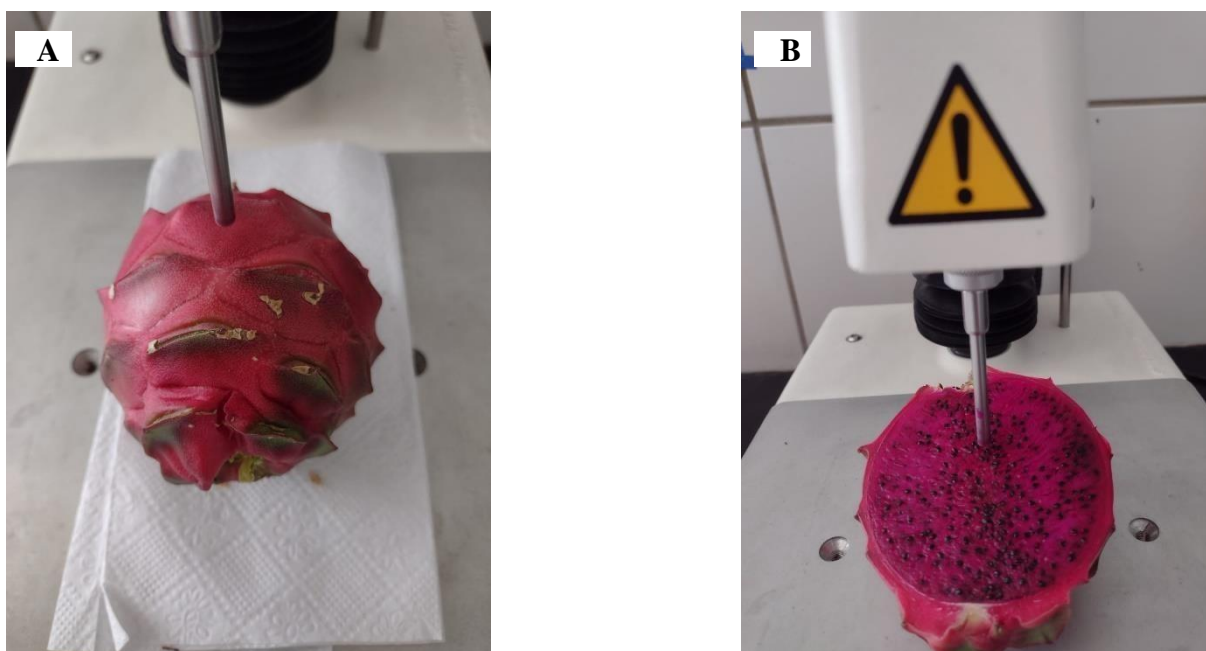


Figura 8. Análise de firmeza da casca (A), firmeza da polpa (B) dos frutos de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

2.6 Características físico-químicas e químicas

Para as análises físico-químicas dos frutos, foram coletados dois frutos por planta, quatro frutos por tratamento.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi estimado por meio de um potenciômetro com ajuste automático de temperatura (Modelo mPA-210 Tecnal®, Brasil), previamente calibrado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0 (AOAC, 2012). Os dados mensurados foram expressos em valores reais pH (Figura 9 A).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado diretamente no suco homogeneizado da polpa em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan), com os resultados expressos em °Brix. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) (AOAC, 2012) (Figura 9 B).

A acidez titulável (AT) foi determinada por procedimento eletrométrico, utilizando-se 1,0 g da polpa transferida para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água, em seguida realizando a titulação com solução de NaOH 0,1 N, até atingir pH de 8,2 (AOAC, 2002), usando um titulador automático (Titrette® modelo Class A precision by BRAND, USA), sendo os resultados expressos em mg de ácido málico/100 g de polpa (Figura 9 C). Por sua vez, a relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável.



Figura 9. Análise de pH (A), Sólido solúveis °Brix (B), Acidez titulável (C) dos frutos de pitaiavermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução de 2,6 diclorofenol-indofenol 0,02%, conforme metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Utilizou-se 1,0 g das amostras, diluído para balão volumétrico de 100 mL com ácido oxálico 0,5%; 5 mL desta solução foram diluídos em água destilada até 50 mL e realizada a titulação em seguida, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de matéria fresca (MF) (Figura10 A).

Antocianinas totais e flavonoides totais foram determinados segundo Francis

(1982). Amostras de 1,0 g foram misturadas a 50 mL da solução extratora (etanol 95 % - HCl 1,5 N na proporção 85:15), homogeneizadas por dois minutos em Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany) e armazenada a 4 °C por 12 horas. A solução foi filtrada em papel Whatman n° 1 em frascos âmbar e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró- Análise®, Brasil) com comprimento de onda de 374 nm para flavonoides com coeficiente de absorção de 76,6 mol/cm e 535 nm para as antocianinas com coeficiente de absorção de 98,2 mol/cm, sendo os resultados expressos em mg/100 g MF (Figura 10 B).

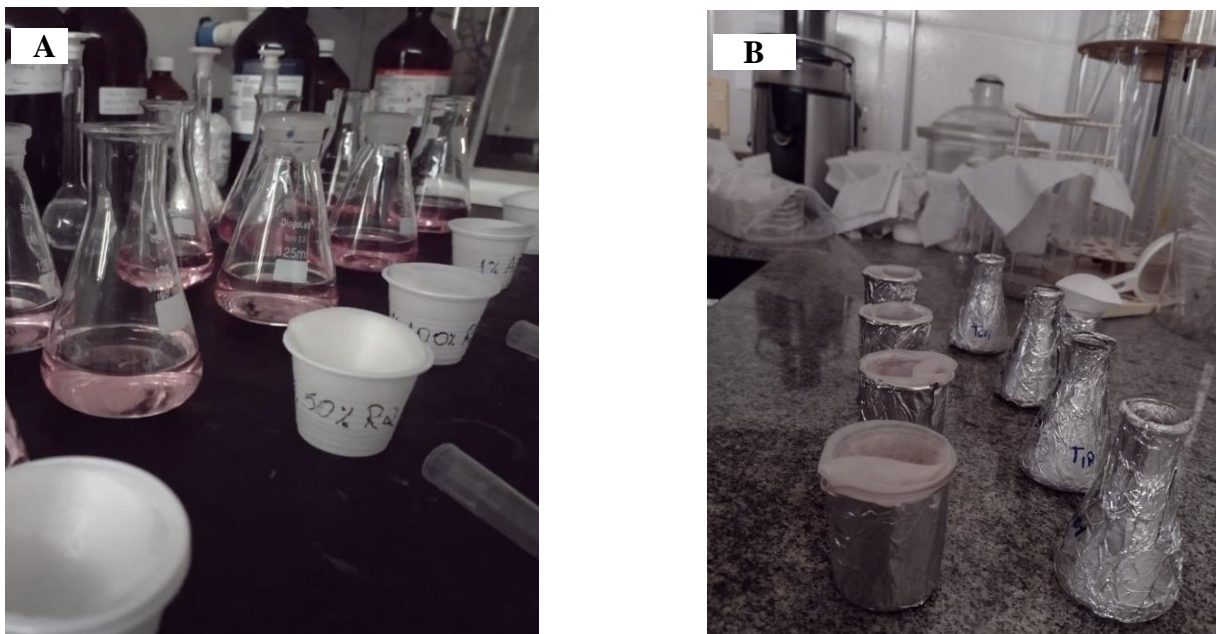


Figura 10. Análise de vitamina C (A), Antioxidante (B) dos frutos de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora

2.7 Análise estatística

Os dados obtidos de cada variável foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variância segundo Bartlett e, estando dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade, foram submetidos à análise individual de variância para cada ano de cultivo pelo teste de F ($p < 0,05$). As variáveis que atenderam aos pressupostos citados por Gomes (2000) foram submetidas à análise conjunta de variância pelo teste de F ($p < 0,05$). As variáveis que não atenderam aos pressupostos foram avaliadas individualmente, em cada ano. Os dados qualitativos foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas por meio do programa computacional estatístico R core (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas e de produção dos frutos

As variáveis, número dos frutos, massa dos frutos, comprimento dos frutos, produtividade, coloração da casca para o espaço de cor L* (luminosidade) e C (saturação), além de coloração da polpa para o espaço de cor C (saturação) foram analisadas conjuntamente de acordo com os pressupostos citados por Gomes (2000). Por sua vez, as variáveis diâmetro dos frutos, firmeza da casca, firmeza da polpa e coloração da polpa para o espaço de cor H (ângulo de tonalidade (°hue) apresentaram efeito significativo para os anos, sendo avaliadas individualmente.

Pela análise conjunta, observou-se que a água da piscicultura na concentração de 50% (C50%) apresentou incrementos de 72 e 71% no número de frutos das plantas que receberam adubação orgânica e mineral ($p > 0,05$) em comparação às plantas sem adubação ($p < 0,05$), respectivamente.

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que os tipos de água na concentração de 50% (C50%) e 100% (C100%) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores números de frutos, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 11).

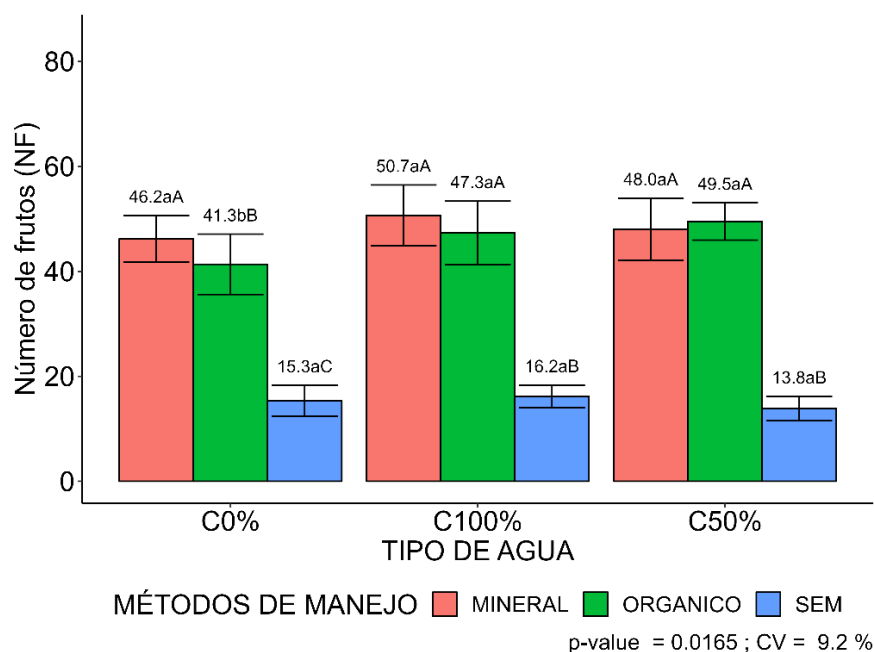


Figura 11. Número de frutos de pitaiia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

A água da piscicultura apresenta na sua composição inúmeros nutrientes que contribuem para o desenvolvimento das plantas, promovendo altos rendimentos produtivos. No caso da água da piscicultura utilizada na irrigação das plantas de pitaiia do presente estudo (Apêndice 1), os teores de nitrogênio e potássio contribuíram para o aumento da produção das plantas nos tratamentos irrigados com as concentrações de C50% e C100% da água da piscicultura.

O nitrogênio atua como componente primordial na diferenciação da gema vegetativa e reprodutiva, sendo responsável pelo aumento de aminoácidos nas plantas que serão usados no crescimento e desenvolvimento dos frutos (LUDERS, 2006). O potássio auxilia no transporte de fotoassimilados para órgãos de armazenamento como os frutos e participa da formação e translocação de açúcares, resultando no aumento no tamanho dos frutos (SENAPATI; SANTRA, 2009).

O composto orgânico favorece as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, resultando na absorção mais eficiente de água e nutrientes pelas plantas, favorecendo a atividade fisiológica da parte vegetativa e, conseqüentemente, a absorção de minerais e assimilação de carbono (C) e de nitrogênio necessários para o desenvolvimento e reprodução das plantas (FERNANDES et al., 2006).

Avaliando a produção e qualidade de frutos de pitaiia vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástico, Moreira et. al (2011) observaram que as plantas adubadas com esterco bovino + cama de frango produziram maior número de frutos por planta. Resultados semelhantes foram observados por Chakma et al. (2014), analisando o efeito de doses de NPK na produção de pitaiia vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Para a produtividade da área, as plantas irrigadas com a água na concentração de 50% da piscicultura (C50%) apresentaram maiores produtividades quando foram adubadas com adubação orgânica e mineral, resultando em aumento de 77,4 e 74,0% ($p > 0,05$), respectivamente, quando comparadas com as plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$).

No entanto, aplicando-se adubação mineral ou sem adubação, observou-se que o tipo de água não influenciou a produtividade da área ($p > 0,05$). Quando se utiliza a adubação

orgânica, a água na concentração de 50% (C50%) e 100% (C100%) da piscicultura apresentaram os maiores números de frutos, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 12).

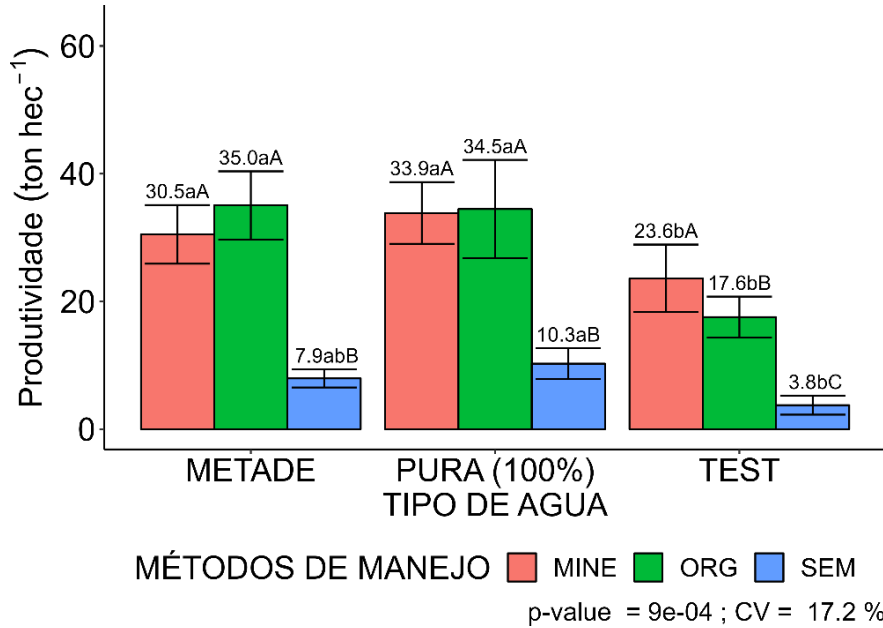


Figura 12. Produtividade comercial – t ha⁻¹ de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral) Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Os pomares de pitaia atingem estabilidade produtiva a partir do quinto ano de cultivo variando de acordo com as técnicas de manejo empregadas, podendo produzir por mais de 15 anos (NERD, TEL-ZUR; MIZRAHI, 2002). A produtividade média dos pomares varia entre 10 e 40 t/ha, pois sofre influência direta das condições climáticas do ambiente, idade das plantas e manejo nutricional (LE BELLEC et al., 2006).

O aumento da produtividade da área está diretamente relacionado ao manejo de adubação e irrigação que são fornecidas às plantas, neste caso irrigação com água da piscicultura. Segundo Santos (2018), valores satisfatórios na produtividade das plantas se refletem como indicativo de que a combinação de efluente da piscicultura e manejos de adubação potencializam o efeito dos nutrientes nas plantas, uma vez que ocorre aumento da disponibilidade de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica ao longo do tempo,

resultando em maiores ganhos de massa e números de frutos, conforme observado no presente estudo (Figura 12).

O composto orgânico é visto como um fertilizante orgânico que auxilia em melhorias da capacidade dos atributos físicos (densidade aparente), químicos (capacidade de troca catiônica) e biológicos (abundância e diversidade de organismos) do solo, acarretando o aumento do potencial de desenvolvimento das plantas (SOUSA et al., 2016).

Os resultados observados no presente estudo corroboram os encontrados por Costa et. al (2014), ao analisar a produção e teores de nutrientes em cladódios de pitaia vermelha sob cultivo. Os autores observaram que a adubação orgânica proporcionou maior produção e produtividade das plantas.

Para a variável massa dos frutos, observou-se, pela análise conjunta, que as plantas irrigadas com a água na concentração 50% (C50%) apresentaram maiores médias (425 g) quando adubadas com composto orgânico, resultando em um ganho de massa de 18% quando comparada com as plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$).

Por outro lado, quando irrigadas com água na concentração 100% (C100%) da piscicultura o manejo de adubação não influenciou na massa dos frutos de pitaia vermelha ($p > 0,05$). Porém, quando se adota tanto o manejo de adubação mineral quanto orgânica, observou-se que os tipos de água C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si, apresentando as maiores médias em relação à massa de frutos, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 13).

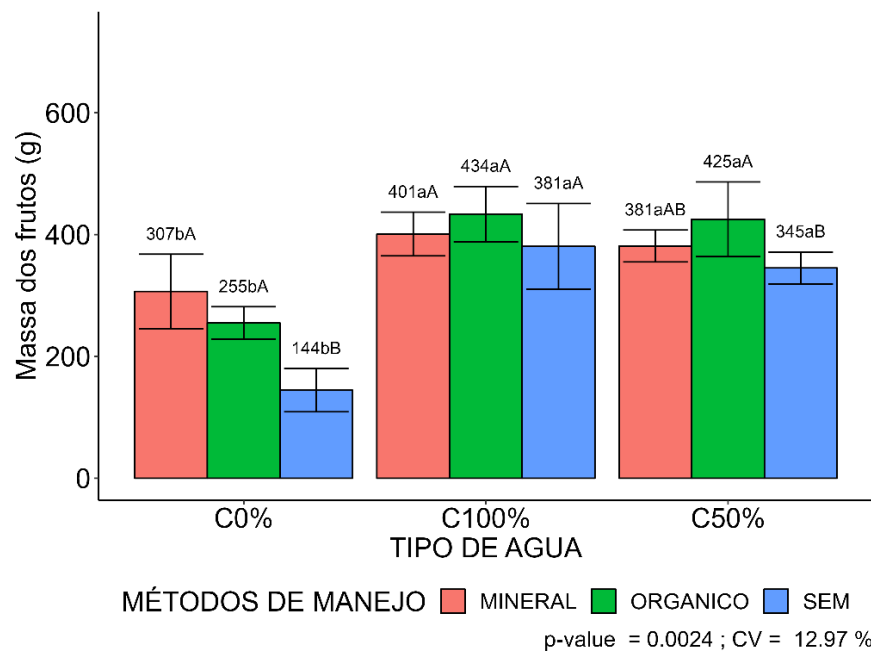


Figura 13. Massa dos frutos (g) de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Uma das principais vantagens da adubação orgânica é a disponibilidade de nutrientes para as plantas como nitrogênio e potássio. O nitrogênio, quando disponibilizado de forma adequada para as plantas, resulta em elevados rendimentos produtivos, pois atua na expansão da área foliar e aumenta a atividade fotossintética, promovendo maior quantidade de fotoassimilados, assegurando maiores rendimentos produtivos (PÔRTO et al., 2014).

De acordo com Montoya et al. (2002), plantas com teores adequados de potássio apresentam aumento deste nutriente em seus tecidos e, conseqüentemente, redução do potencial hídrico celular, favorecendo maior acúmulo de água e aumento da massa dos frutos. Os resultados encontrados no presente estudo foram superiores aos observados por Fernandes et. al. (2018) ao avaliar a produção e a qualidade de pitaiá com adubação potássica.

Resultados semelhantes foram observados por Sarmento (2017) ao realizar a caracterização física, química e nutricional da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro. De acordo com Woolf et. al (2006), frutos grandes atraem os consumidores do mercado nacional, mas para o mercado de exportação frutos de tamanho e peso menores, variando de 350 a 700 g, são considerados satisfatórios pelos consumidores. Observa-se que no presente estudo a massa dos frutos se enquadra na escala exigida tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo (Figura 13).

O comprimento dos frutos de pitaiá vermelha irrigada com água C50% foi maior nas plantas que não foram adubadas (100,0 mm), diferindo estatisticamente das plantas que receberam manejo de adubação mineral e orgânica (93,8 e 90,4 mm), respectivamente, ($p < 0,05$). Os frutos das plantas irrigadas com água C100% não apresentaram diferença estatística entre os tipos de adubação (mineral e orgânica) e as plantas que não foram adubadas ($p > 0,05$).

Observou-se que irrigando com água de abastecimento (C0%) as maiores médias foram obtidas nas plantas que receberam adubação orgânica e mineral, resultando em um aumento de 15 e 13% no comprimento dos frutos ($p > 0,05$), respectivamente. Adotando-se os manejos de adubação (mineral e/ou orgânica) ou sem adubação, observou-se que não houve diferença estatística entre os tipos de água nas concentrações C50% e C100%, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 14).

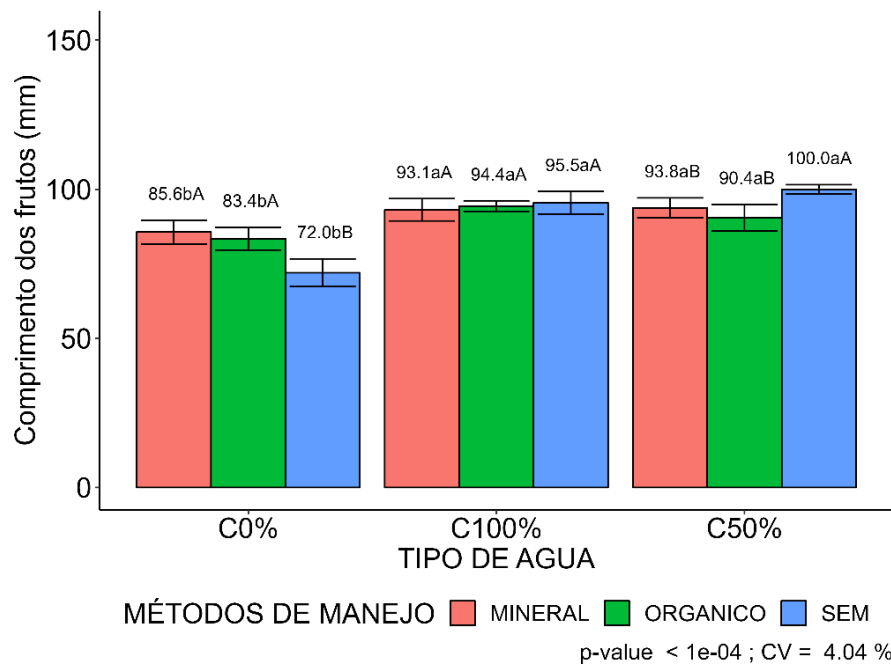


Figura 14. Comprimento dos frutos (mm) de pitaia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

As condições climáticas do ambiente interferem diretamente no desenvolvimento dos frutos de pitaia, podendo apresentar redução de tamanho dos frutos em regiões com elevadas temperaturas e precipitação (SILVA et al., 2015). Entretanto, o equilíbrio nutricional auxilia na redução dos efeitos negativos do ambiente.

Plantas irrigadas e adubadas de forma correta apresentam tamanho e formato de frutos nos padrões exigido pelo mercado, uma vez que suas atividades metabólicas não são comprometidas. Frutos bem desenvolvidos de tamanho e formato dentro das exigências de comercialização facilita aceitação pelos consumidores; na cultura da pitaia, os frutos são caracterizados com formato esférico e alongado/cilíndrico (ESQUIVEL et al., 2007).

O composto orgânico promove ganhos satisfatórios para a cultura da pitaia, principalmente relacionados à produtividade. Isso ocorre devido à liberação de nitrogênio para as plantas, juntamente com a disponibilidade de outros micro e macronutrientes, um solo que forneça a quantidade de nutrientes adequada é ideal para o cultivo da pitaia devido à manutenção da umidade do solo, da temperatura e das características texturais e químicas do solo (GUZMÁN, 1994).

Karunakaran et al. (2014) constataram que a adubação com fertilizante NPK (19-19-19) combinado com adubo orgânico resultou em melhorias no número de frutos e

comprimentos dos frutos de pitaiá. Essas respostas são observadas porque a aplicação desses nutrientes melhora a composição dos microrganismos e a qualidade nutricional do solo (CHEN et al., 2018).

Ao realizar análise conjunta para o diâmetro dos frutos, observou-se interação entre os fatores. Dessa forma, o efeito significativo entre tipo de água e tipo de adubação foi analisado de forma individual para cada ano. No primeiro ano de cultivo (2022), os diâmetros dos frutos das plantas com os tipos de água nas concentrações C50% e C100% foram iguais estatisticamente nas plantas que receberam adubação mineral e orgânica, não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Irrigando as plantas com água de abastecimento (C0%), as maiores médias do diâmetro dos frutos foram observadas nas plantas adubadas com composto orgânico e adubo mineral (80,5 e 77,2 mm) ($p > 0,05$), respectivamente, quando comparadas com as plantas que não receberam adubação, (59,3 mm) ($p < 0,05$).

Todavia, aplicando-se adubação mineral e orgânica ou sem adubação, observou-se que as concentrações das águas utilizadas na irrigação não influenciaram no diâmetro dos frutos ($p > 0,05$). Por outro lado, as plantas que não foram adubadas apresentaram maiores médias de diâmetro quando irrigadas com água nas concentrações C50% e C100%, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 15).

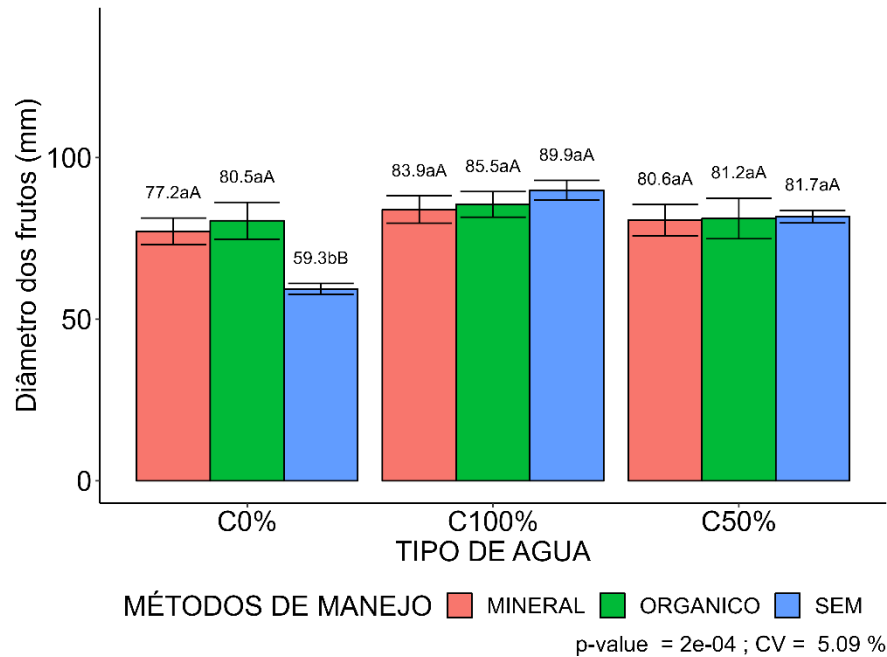


Figura 15. Diâmetro dos frutos (mm) de pitaya vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), assim como em 2022 as plantas irrigadas com nas concentrações C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si, sendo as plantas adubadas (adubação mineral e orgânica) ou não ($p > 0,05$). As plantas irrigadas com água de abastecimento apresentaram aumento no diâmetro dos frutos de 18% quando adubadas com adubo mineral, havendo diferença estatística, ao serem comparadas com plantas não adubadas ($p < 0,05$).

Observou-se que o manejo de adubação mineral no ano de 2023 foi influenciado pelo tipo de água utilizado na irrigação das plantas, diferentemente do primeiro ano de cultivo (2022), as maiores médias de diâmetro dos frutos foram registradas nas plantas irrigadas com a água na concentração C50% (89,2) ($p < 0,05$). No manejo de adubação orgânica, as águas nas concentrações C50% e C100% apresentaram acréscimos de 21 e 19% no diâmetro dos frutos, respectivamente, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$).

Em 2023, os maiores valores no diâmetro dos frutos observados nas plantas não adubadas foram nas águas C50% e C100% (89,8 e 83,6 mm), respectivamente, havendo diferença estatística quando comparado com a água de abastecimento (62,8 mm) ($p < 0,05$) (Figura 16).

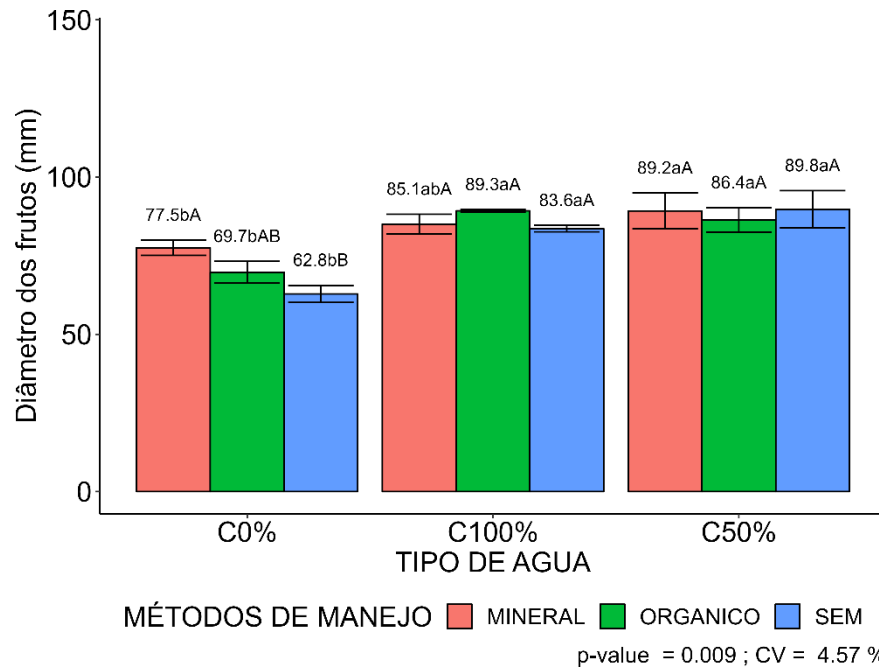


Figura 16. Diâmetro dos frutos (mm) de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

As atividades desenvolvidas na produção piscícola promovem o acúmulo de nutrientes na água, tanto pelos excrementos dos peixes quanto pelos restos de ração que não são ingeridos. Os encontrados nesses tipos de águas desempenham papéis fundamentais na formação e qualidade dos frutos (ARAÚJO et al., 2017).

Na água utilizada no presente estudo (Apêndice 1), observa-se a presença de nitrogênio, fósforo e potássio, elementos importantes para o aumento da biomassa vegetal, pois desempenham papel essencial na fotossíntese, quando são disponibilizados para a planta influenciam diretamente na produção de fotoassimilados, que consequentemente afetam o acúmulo de biomassa na planta, aumentando o tamanho dos frutos (POUR et al., 2021).

Aquino et. al (2023) observaram que a biofertilização e o uso da água residuária da aquicultura favoreceram o diâmetro das bagas da videira ‘BRS-Vitória, bem como seu desenvolvimento agrônômico. Para a cultura da pitáia, Chakma et al. (2014) observaram que a aplicação de adubação mineral (NPK) permitiu a obtenção de maiores largura dos frutos e peso individual.

A firmeza da casca dos frutos apresentou interação significativa entre os anos de cultivo, motivo pelo qual foi analisada de forma separada. Para o primeiro ano de cultivo (2022), a firmeza da casca dos frutos de pitaiia vermelha deste estudo não foi influenciada pelo manejo de adubação, seja mineral, orgânico ou sem adubação quando as plantas foram irrigadas as águas C50% e C100%, sendo estatisticamente iguais entre si ($p>0,05$).

As plantas irrigadas com água de abastecimento (C0%) apresentaram um acréscimo de 17% na firmeza da casca quando foram adotados os métodos de adubação orgânica e mineral, diferindo estatisticamente das plantas que não foram adubadas ($p<0,05$).

Observou-se que de acordo com o método de adubação (mineral e orgânica), o tipo de água utilizado na irrigação não apresentou diferença estatística para a firmeza da casca dos frutos ($p>0,05$). Entretanto, as plantas do tratamento que não foi adubado apresentaram maiores valores de firmeza da casca dos frutos ao serem irrigadas com água na concentração C50% (30,9 N), diferindo estatisticamente das águas nas concentrações C100% e C0% ($p<0,05$) (Figura 17).

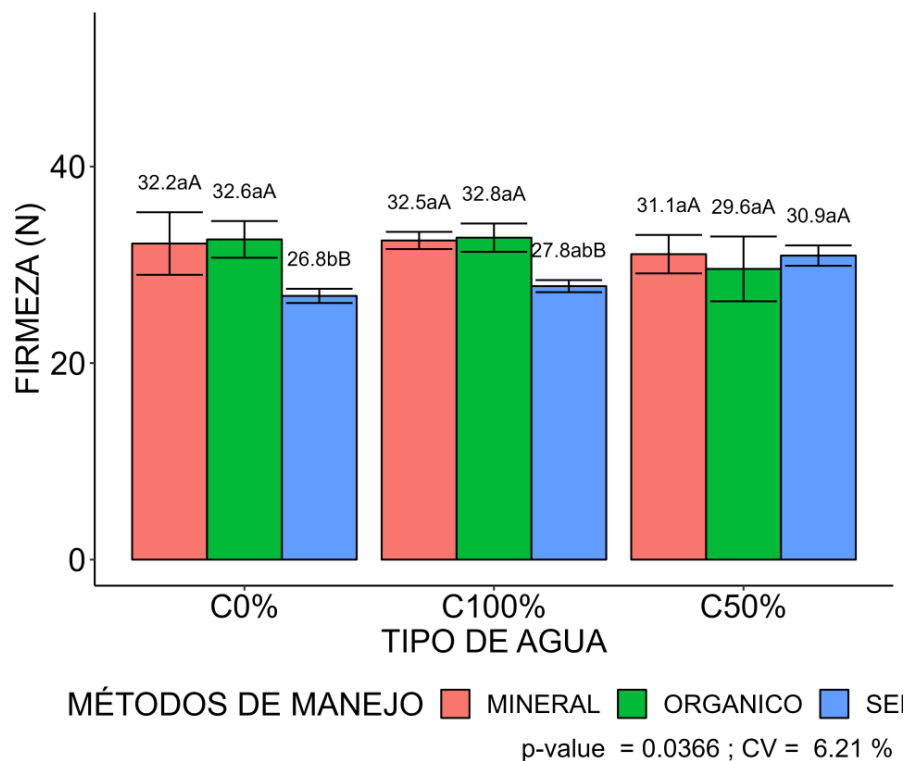


Figura 17. Firmeza da casca dos frutos (N) de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), a firmeza da casca apresentou efeito isolado entre o tipo de água utilizada na irrigação e manejo de adubação. Observou-se que os maiores valores de firmeza da casca dos frutos foram registrados nas plantas irrigadas com as águas nas concentrações C50% e C100% (30,0 e 29,7 N) ($P>0,05$), respectivamente, diferindo estatisticamente das plantas irrigadas com água C0% ($p<0,05$) (Figura 18).

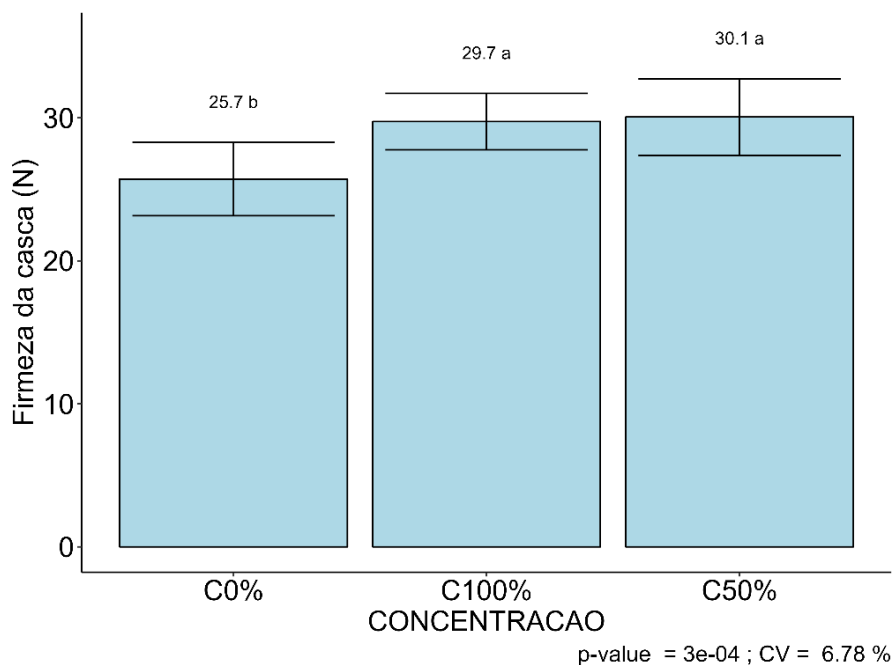


Figura 18. Firmeza da casca dos frutos (N) de pitaiá vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

O método de adubação adotado influenciou positivamente na firmeza da casca dos frutos, uma vez que os maiores valores foram observados nas plantas que receberam adubação mineral e orgânica (29,9 e 29,3 N) ($p>0,05$), respectivamente, resultando em um acréscimo de 11% quando comparadas às plantas que não foram adubadas (26,40 N) ($p<0,05$) (Figura 19).

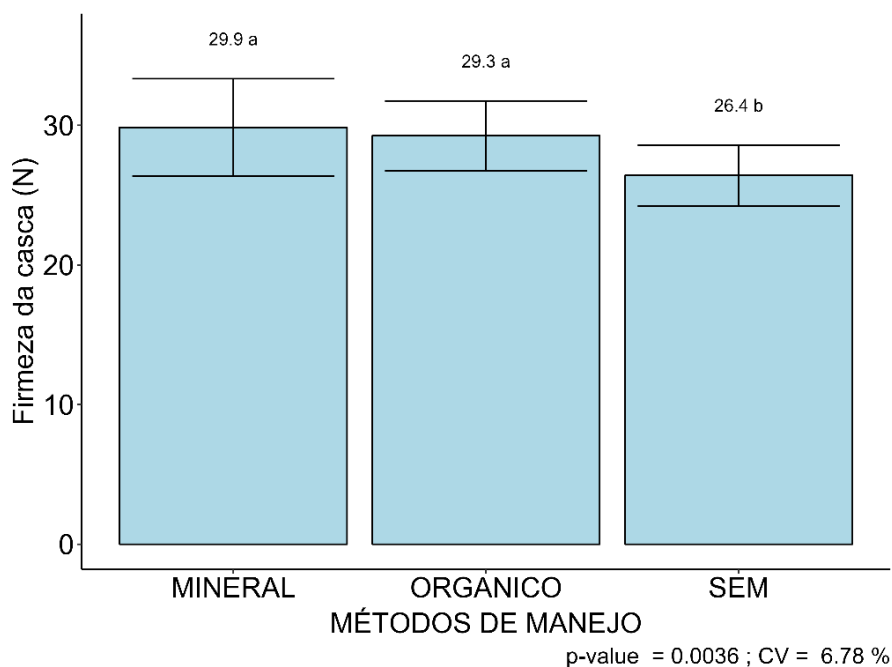


Figura 19. Firmeza da casca dos frutos (N) de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

Observou-se que as plantas adubadas apresentaram valores de firmeza da polpa dos frutos superiores quando comparadas com as plantas que não receberam adubação, resultando em um aumento de 11,5 e 11% ao serem adubadas de forma convencional e orgânica, respectivamente, apresentando diferença estatística das plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$) (Figura 20).

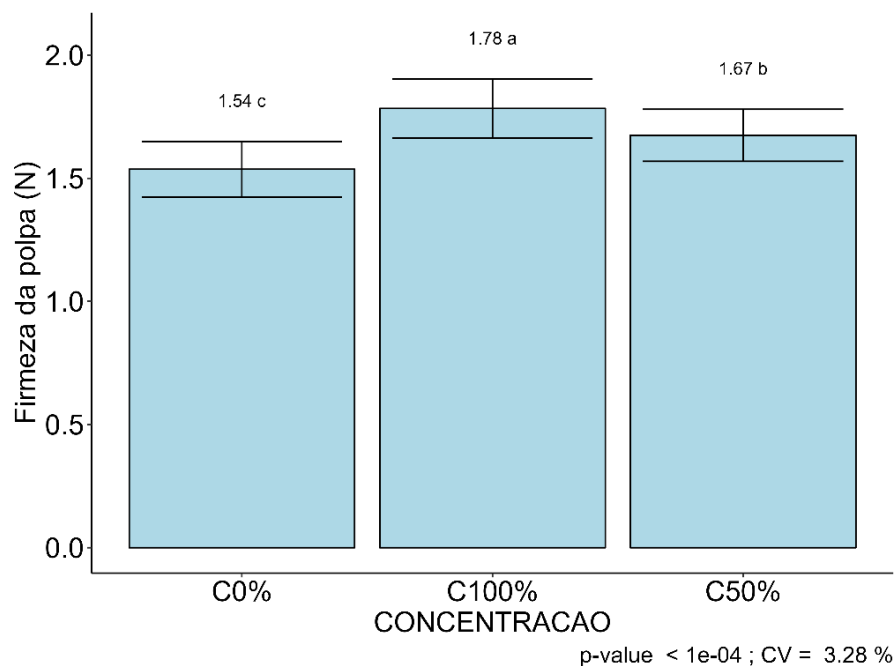


Figura 20. Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitáia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

No segundo ano de cultivo (2023), o comportamento da variável firmeza da polpa foi semelhante ao primeiro ano (2022), havendo interação isolada entre os fatores analisados. As plantas irrigadas com água C100% apresentaram valores superiores (1,89 N) aos demais tratamentos, C50% e C0% (1,74 e 1,50 N), respectivamente, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$). Observou-se que o segundo ano de cultivo (2023) apresentou incremento de 5,3% quando comparado com o primeiro ano (2022) nas plantas irrigadas com água C100% da piscicultura (Figura 21).

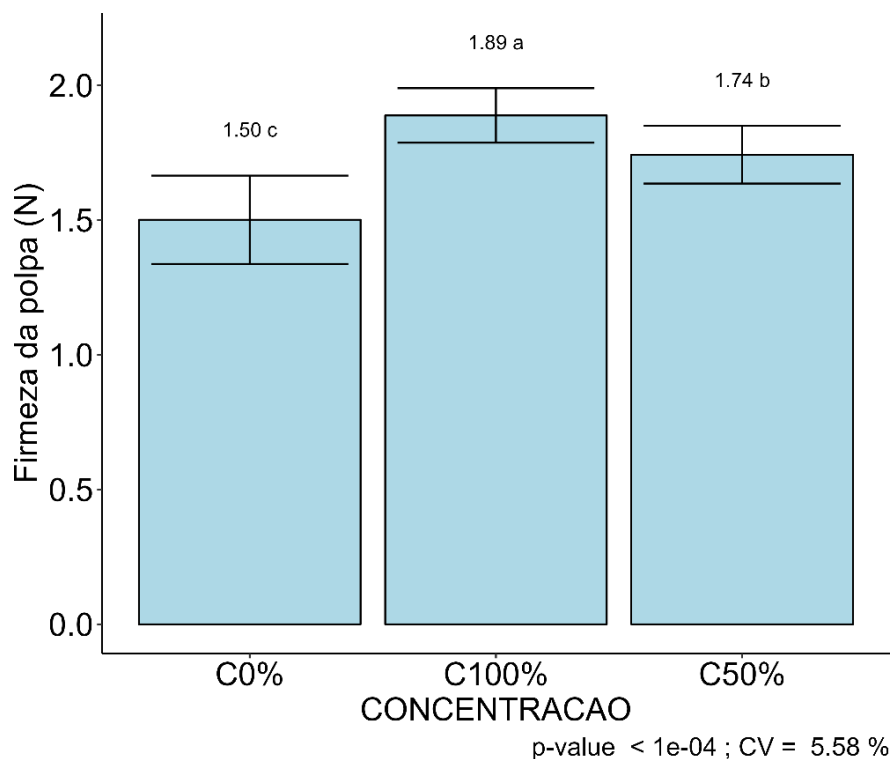


Figura 21. Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Para o manejo de adubação no ano de 2023, observou-se que ao aplicar adubo mineral a firmeza da polpa dos frutos apresentou maior média (1,82 N), diferindo estatisticamente quando comparada com manejo orgânico e sem adubação (1,68 e 1,61 N), respectivamente, ($p < 0,05$). Diante disso, observou-se aumento de aproximadamente 5% quando comparado com o ano de cultivo anterior (2022) (Figura 22).

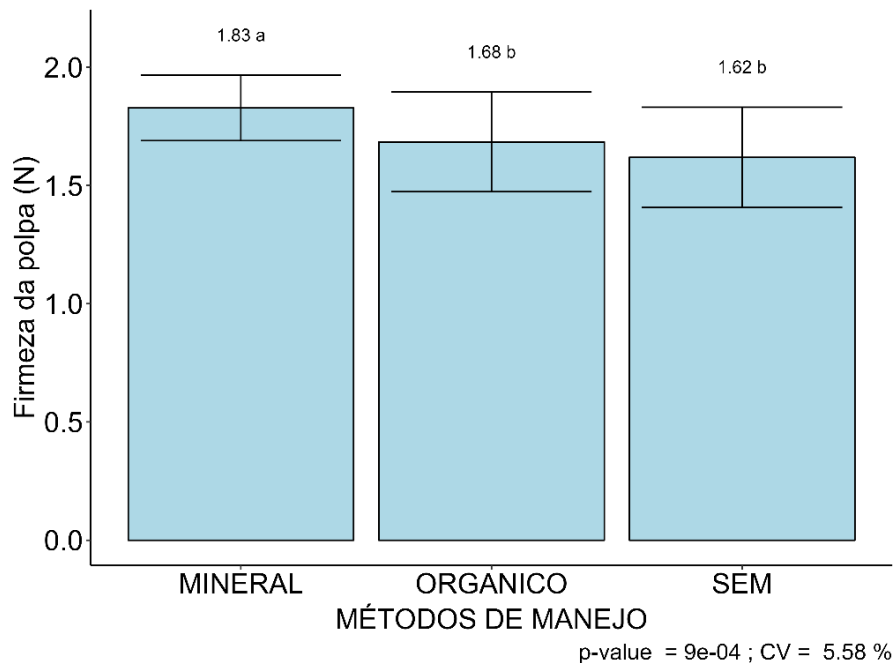


Figura 22. Firmeza da polpa dos frutos (N) de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

A firmeza tanto casca quanto dos frutos é considerada uma das principais características de avaliação de qualidade. A redução da firmeza está relacionada à diminuição da turgescência celular, resultando em um dos principais problemas na comercialização dos frutos que são produzidos distantes dos centros de produção (MDITSHWA et al., 2017).

O fornecimento de fontes de nutrientes pode minimizar os problemas relacionados à redução da firmeza dos frutos. Segundo Amodio et al. (2007), uma das causas da baixa firmeza pode estar ligada ao baixo aporte de Ca^{2+} aos frutos. No caso dos resultados encontrados no presente trabalho, tanto as fontes de adubação (mineral e orgânica) quanto o fornecimento da água da piscicultura foram favoráveis para garantir a firmeza dos frutos de pitáia.

Mais de 50% do cálcio celular estão localizados na parede celular, conhecida como lamela média, dentro da parede celular dos tecidos. O cálcio tem função estabilizante, o que influencia diretamente na firmeza e maturação dos frutos (HANSON et al., 1993), além de ser um dos constituintes da lamela média das paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Aplicação de cálcio de forma direta (pulverização dos frutos) ou pela adubação resulta em vantagens como prevenção da firmeza dos frutos, redução da produção de etileno e redução da taxa respiratória (YAMAMOTO et al., 2011). Normalmente, os frutos de

pitaia são coletados quando ocorre a completa maturação. A variação de firmeza pode ser considerada um indicador da modificação de polissacarídeos nas células da lamela média e parede primária, podendo continuar mesmo na fase de senescência (SARMENTO, 2017).

Os valores de cálcio (Ca) encontrados nos tratamentos irrigados com água da piscicultura (Apêndice 1) mostram que a presença do nutriente tanto no solo quanto nas plantas promoveram valores de firmeza dos frutos dentro dos padrões exigidos pelo mercado. García-Cruz et al. (2016), cultivando pitaia no México, observaram que os frutos apresentam consistência macia, com valores médios de 1,14 a 1,87 N para firmeza da polpa. Para a firmeza da casca, Cordeiro et al. (2015) obtiveram 44,31 N em pitaia-rosa de polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*), esses valores se aproximam dos que foram observados no presente trabalho.

De acordo com a análise conjunta, observou-se que para coloração da casca dos frutos de pitaia vermelha irrigadas com água na concentração C50% o método de adubação (mineral e orgânica) e sem adubação não diferiram estatisticamente entre si para o espaço de cor L* (luminosidade) ($p > 0,05$). Para os tipos de água C100% e C0%, observou-se os maiores valores de L* (45,0 e 45,7), respectivamente, quando as plantas não foram adubadas, apresentando diferença estatística entre os manejos de adubação orgânico e mineral ($p < 0,05$). Adubando-se as plantas ou não, observou-se que os tipos de água C50%, C100% e C0% não difeririam estatisticamente entre si ($p > 0,05$) (Figura 23).

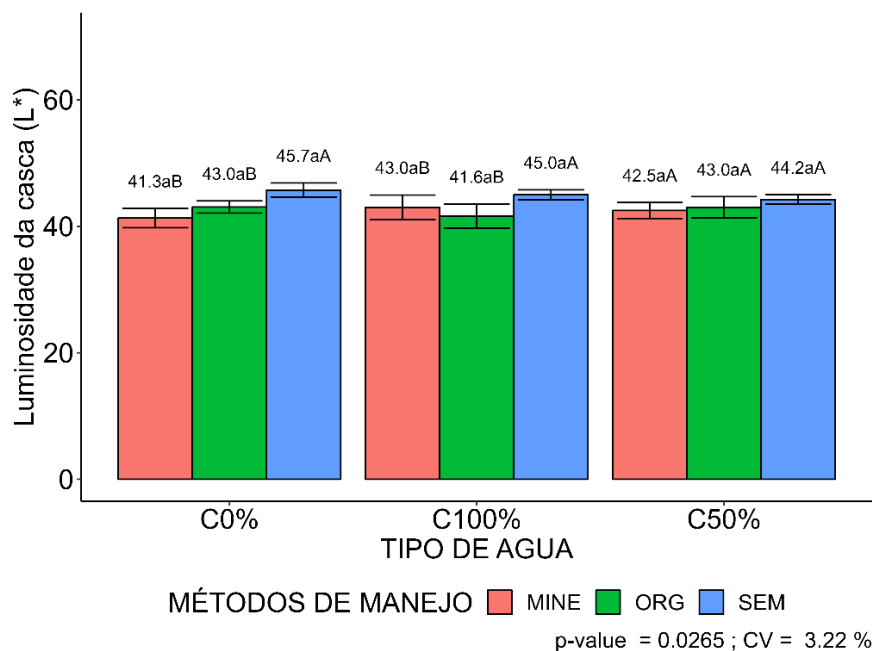


Figura 23. Luminosidade (L^*) da casca dos frutos de pitaiia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

O espaço de cor C (saturação) apresentou resultados semelhantes aos observados em L^* em relação ao tipo de água utilizada na irrigação e o manejo de adubação adotado e/ou sem adubação ($p > 0,05$). Entretanto, os tratamentos adubados com adubo mineral apresentaram médias superiores de saturação quando irrigados com água nas concentrações C50% e C100%, diferindo estatisticamente da água de abastecimento (C0%) ($p < 0,05$). Por sua vez, as plantas que receberam adubação orgânica apresentaram maior média de saturação (36,9) quando irrigadas com água de C50%, diferindo estatisticamente dos tipos de água, C100% e C0% ($p < 0,05$) (Figura 24).

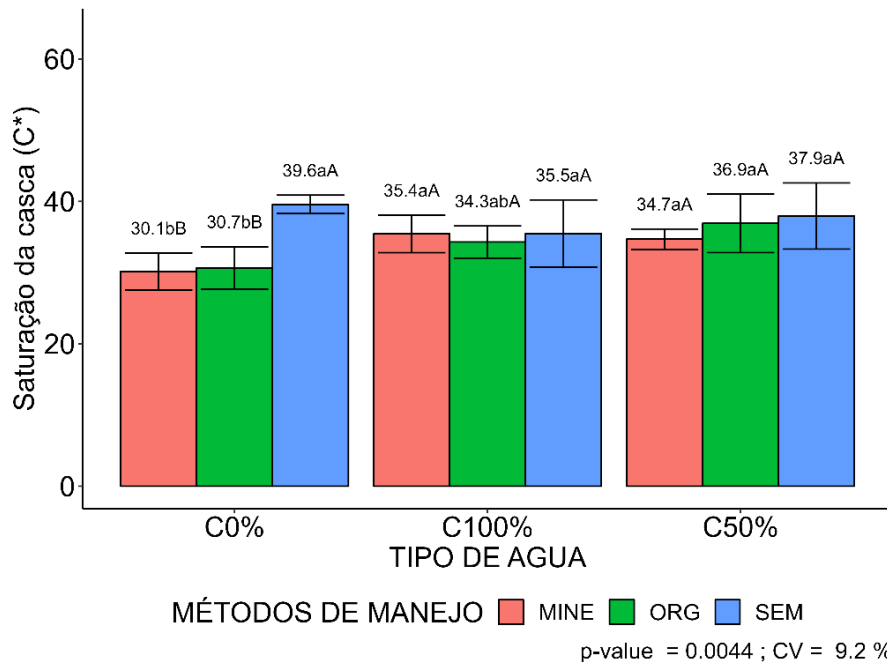


Figura 24. Saturação (C) da casca dos frutos de pitaiia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Para variável coloração da polpa, apenas os espaços de cor, C (saturação) e ângulo de tonalidade ($^{\circ}$ hue) apresentaram efeito significativo para os fatores analisados. O espaço de cor C (saturação) apresentou efeito isolado apenas para o fator manejo de adubação, sendo possível observar as maiores médias (30,32) nas plantas que receberam adubação mineral, diferindo estatisticamente do manejo orgânico e sem adubação ($p < 0,05$) (Figura 25).

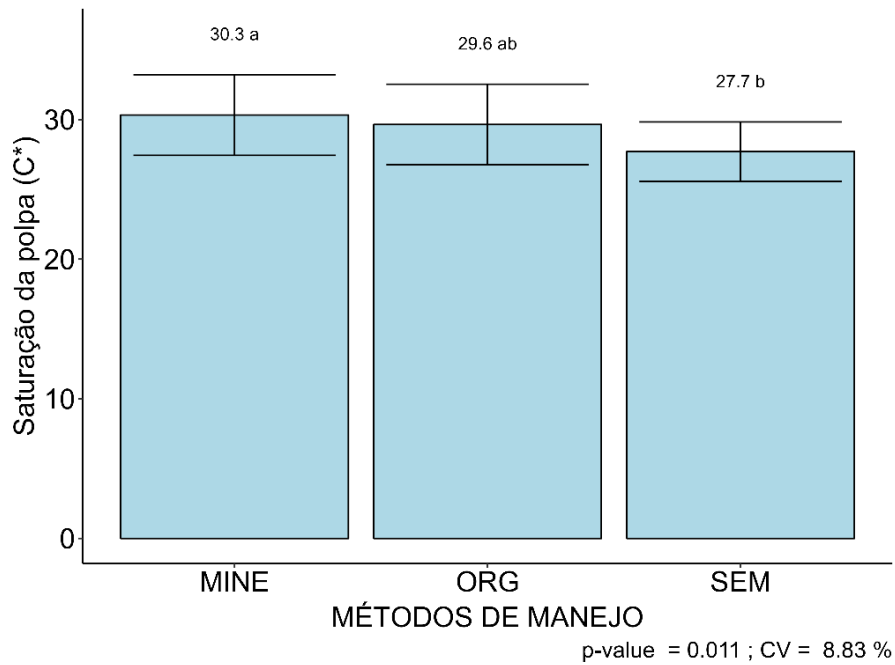


Figura 25. Saturação (C) da polpa dos frutos de pitaiá vermelha utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

O ângulo de tonalidade ($^{\circ}$ hue) apresentou efeito isolado nos dois anos de cultivo, 2022 e 2023. No primeiro ano de cultivo (2022), apenas o tipo de manejo apresentou efeito significativo, sendo possível observar médias superiores de $^{\circ}$ hue (6,75 e 6,49) nos frutos das plantas adubadas tanto a adubação mineral quanto orgânica, respectivamente, apresentando diferença estatística do manejo sem adubação ($p > 0,05$) (Figura 26).

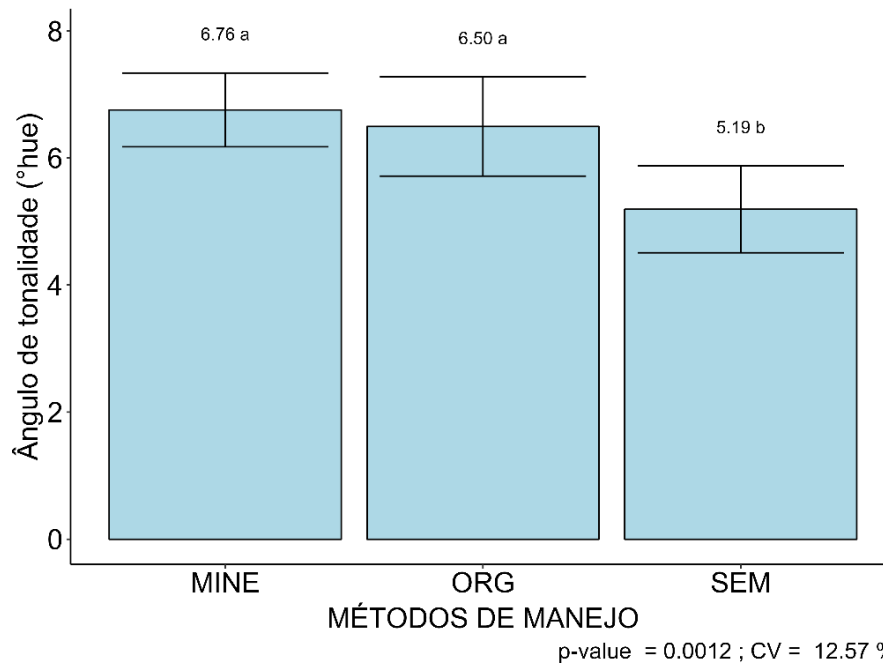


Figura 26. Ângulo de tonalidade da polpa dos frutos de pitiaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

No segundo ano de cultivo (2023), as plantas irrigadas com água C50% apresentaram valores superiores quando adubadas com adubo mineral, apresentando aumento de 29 e 28% nos valores de °hue quando comparadas com adubadas com composto orgânico e sem adubação, respectivamente ($p < 0,05$).

Plantas irrigadas com água C100% não apresentaram diferença estatística no ângulo de tonalidade ao serem adubadas ou não ($p > 0,05$). Porém, quando irrigadas com água C0% os valores de °hue (6,39) foram superiores quando se aplicou adubo mineral, havendo diferença estatística quando comparado com o manejo orgânico e sem adubação ($p < 0,05$). Aplicando-se adubo mineral nas plantas, observou-se que não houve diferença estatística entre os tipos de água, C50% e C0% ($p > 0,05$), nos quais foram obtidos maiores valores de °hue, diferindo estatisticamente da água C100% ($p < 0,05$) (Figura 27).

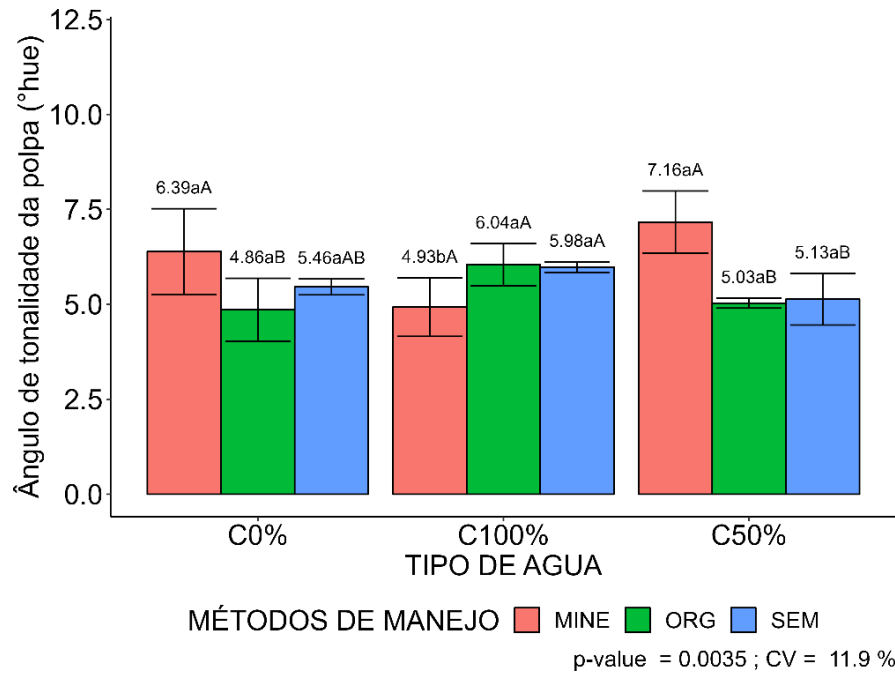


Figura 27. Ângulo de tonalidade da polpa dos frutos de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

A coloração tanto da polpa quanto da casca é um indicativo importante para determinar o ponto de colheita dos frutos de pitaiia. A *Hylocereus costarricensis* possui coloração de casca e de polpa vermelha, o que é considerado uma característica atrativa no momento da sua comercialização. De acordo com Nerd et al. (2002), a acumulação de pigmentos na casca dos frutos de pitaiia ocorre de forma análoga ao desenvolvimento da coloração da casca.

A coloração da casca de pitaiia observada no presente estudo apresentou maiores valores de saturação e tonalidade nos tratamentos irrigados com água da piscicultura e que receberam adubação, principalmente, no segundo ano de cultivo.

Segundo Nachtigall et al. (2004), a adubação não interfere de forma direta na cor dos frutos, porém influencia diretamente no estágio de maturação, ou seja, plantas nutricionalmente equilibradas produzem frutos que retardam seu amadurecimento, em consequência o aparecimento da cor vermelha nos frutos, comportamento observado no

presente estudo. Esse tipo de comportamento é explicado pelo fato de que quando as plantas absorvem a quantidade de nutrientes adequada para o seu desenvolvimento, os frutos gerados apresentam características físicas e organolépticas desejáveis (DUARTE et al., 2017).

A transformação na coloração da casca dos frutos está relacionada à degradação da clorofila, que favorece a percepção visual dos carotenoides presentes nos frutos ou pela síntese de novos carotenoides que aumentam o aparecimento de colorações amareladas e/ou alaranjadas (WILLS et al., 1998). O nitrogênio faz parte da molécula da clorofila, de modo que havendo o fornecimento adequado de N a degradação da clorofila ocorre de forma mais lenta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O fornecimento de nutrientes como nitrogênio e potássio favorece o estágio de maturação dos frutos, uma vez que influenciam em diversos processos fisiológicos nas plantas, pois eles promovem o transporte de fotoassimilados para órgãos de armazenamento, auxiliando na formação e translocação de açúcares e carboidratos, contribuindo para o desenvolvimento satisfatório dos frutos (SENAPATI; SANTRA, 2009).

3.2 Características físico-químicas dos frutos

As variáveis físico-químicas como Vitamina C, acidez titulável (SS), Sólidos solúveis, relação sólidos solúveis (SS/AT) e flavonoides apresentaram efeito significativo dos fatores analisados (tipo de água e manejo de adubação) para os anos de cultivos, sendo avaliadas individualmente. No entanto, os teores de antocianinas foram analisados conjuntamente de acordo com os pressupostos atendidos (GOMES, 2000).

Os teores de vitamina C foram influenciados pelos ciclos de cultivo, uma vez que no primeiro ano (2022) as plantas irrigadas com água na concentração 50% (C50%) apresentaram médias superiores quando receberam adubação mineral (247 mg/100 g) e orgânica (222 mg/100 g), o que resultou em um incremento de 52 e 47%, respectivamente, quando comparados ao tratamento sem adubação ($p < 0,05$).

Utilizando-se a água na concentração 100% da piscicultura (C100%) na irrigação das plantas, observou-se que tanto a adubação mineral quanto orgânica não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), além de terem apresentado maiores teores de vitamina C (242 e 259 mg/100 g, respectivamente), diferindo estatisticamente do manejo sem adubação (177 mg/100g) ($p < 0,05$).

Quando as plantas foram irrigadas com a água de abastecimento (C0%), observou-se que o manejo de adubação mineral apresentou maiores médias no conteúdo de vitamina C, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (orgânico e sem adubação) ($p < 0,05$).

Quando as plantas foram adubadas com a adubação mineral, observou-se que os tipos de água C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), além de apresentarem os maiores teores de vitamina C, diferindo estatisticamente da água de abastecimento ($p < 0,05$).

Ao serem adubadas com composto orgânico, as plantas irrigadas com água C100% apresentaram um aumento de 28 e 50,5% nos teores de vitamina C, quando comparadas com os tipos de água C50% e C0% ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 28).

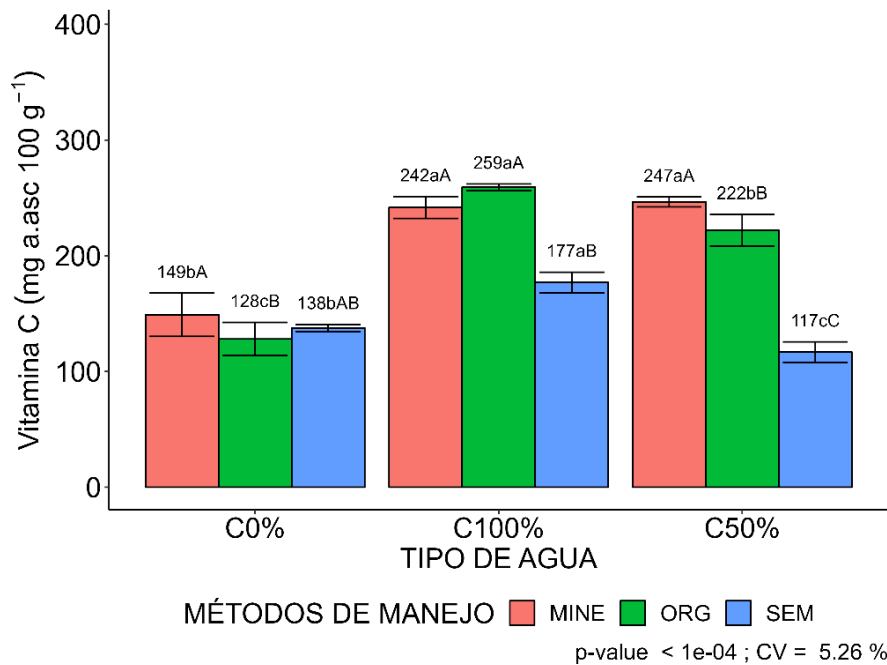


Figura 28. Teores de vitamina C (mg/100 g) dos frutos de pitaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se que a água C50% apresentou acréscimo de 40 e 32% nos teores de vitamina C dos frutos das plantas que receberam adubação mineral e orgânica ($p > 0,05$) em comparação às plantas sem adubação ($p < 0,05$), respectivamente. As plantas irrigadas com água C100% e C0% apresentaram valores maiores

de vitamina C quando adubadas com adubo mineral ($p>0,05$), ao serem comparadas com o tratamento sem adubação ($p<0,05$).

Utilizando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que os tipos de água C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$) e apresentaram teores de vitamina C superiores, diferindo estatisticamente da água C0% ($p<0,05$) (Figura 29).

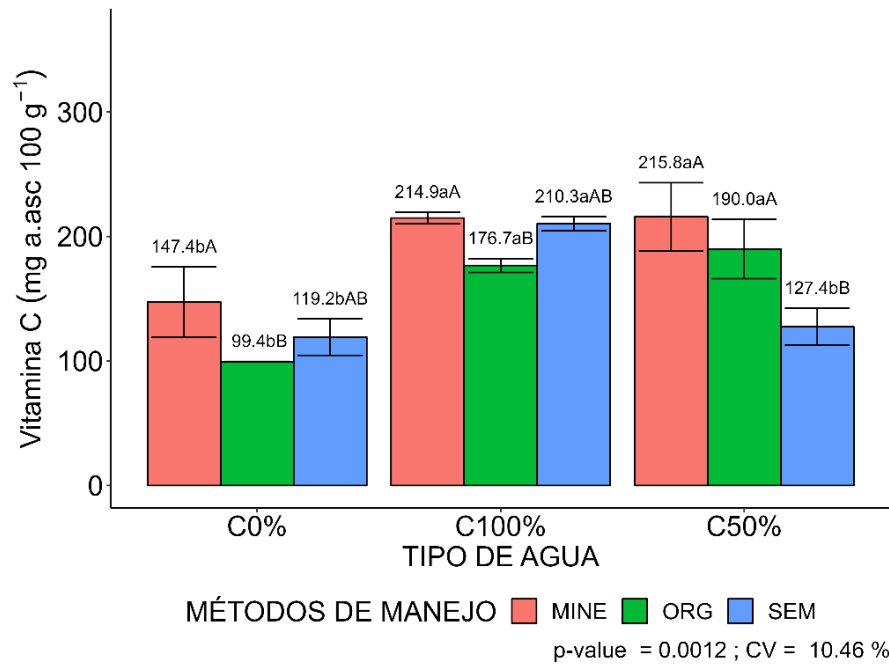


Figura 29. Teores de vitamina C (mg/100 g) dos frutos de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

A cultura da pitáia vem se destacando nos últimos anos por suas inúmeras vantagens de cultivo, porém os teores nutricionais dos frutos se tornaram o principal fator de aceitação dos consumidores (ARIVALAGAN et al., 2021). O consumo de vitamina C promove a proteção das células dos danos oxidativos e minimiza o risco de doenças crônicas, principalmente cardíacas e degeneração muscular. Ao contrário da maioria dos animais, os seres humanos não conseguem sintetizar a vitamina C endogenamente, daí a importância de ingerir alimentos que apresentem teores de vitamina C aceitáveis (LI; SCHELLHORN, 2007).

Os teores de vitamina C observados no presente estudo variaram de acordo com os tratamentos, sendo possível observar valores médios de 117 mg/100g a 259 mg/100g, para o primeiro ano de cultivo e 99,4 mg/100g a 215 mg/100g no segundo ano de cultivo. De acordo com Vaillant et al. (2005), a maioria das cactáceas apresenta conteúdo baixo de ácido ascórbico, porém essa afirmação diverge dos resultados encontrados no presente trabalho (Figuras 29 e 30).

Relatos científicos comprovam que a fonte de adubação disponibilizada às plantas apresenta grande influência nos teores de vitamina C, uma vez que métodos de adubação (orgânico ou convencional) podem influenciar a composição de fitoquímicos dos frutos (DESHMUKH et al., 2011; VINHA et al., 2014).

O conteúdo de vitamina C no primeiro ciclo de cultivo foi maior em plantas adubadas com composto orgânico e irrigadas com água na concentração 100% da piscicultura (Figura 29). Esses resultados podem estar associados à quantidade de nitrogênio presente tanto na água quanto no composto orgânico, uma vez que o conteúdo de nutrientes resultantes da mineralização do composto orgânico foi mais lenta no primeiro ano de cultivo, não influenciando nos teores de vitamina C dos frutos.

No segundo ano de cultivo, os teores de vitamina C foram menores nas plantas adubadas com composto orgânico (Figura 30), isso está diretamente relacionado ao fato de que o teor de ácido ascórbico apresenta resposta inversa à fonte de nitrogênio utilizada na adubação das plantas (SILVA JÚNIOR et al. 2013).

Por promover o estímulo da síntese proteica, a elevação da dose de nitrogênio durante a adubação de plantas pode proporcionar redução da síntese de ácido ascórbico nos frutos (PETRY et al., 2012), o que pode explicar a redução dos conteúdos de vitamina C nos frutos dos tratamentos adubados com composto orgânico no segundo ano de cultivo do presente trabalho (Figura 30), pois observa-se uma conversão mais rápida da mineralização dos nutrientes do composto orgânico entre o primeiro e segundo ano de cultivo.

Ao realizar uma metanálise com 41 estudos, Worthington (2001) observou que os teores de vitamina C e outros nutrientes eram maiores em cultivo orgânico. Essa observação diverge dos resultados encontrados no presente trabalho, pois no segundo ano de cultivo os teores de vitamina C foram maiores nos frutos dos tratamentos adubados com adubo mineral e irrigados com as águas nas concentrações C50% e C100% da piscicultura (Figura 30).

Esse comportamento pode ser explicado pela influência que a água da piscicultura exerce nas propriedades físicas e químicas do solo (STEVENSO et al., 2010), uma vez que o pH do solo aumentou de um ano para o outro (Tabela 1), resultando em uma baixa liberação de nutrientes para plantas, o que reduz as taxas de mineralização, consequentemente o

nitrogênio existente no solo é liberado de forma mais lenta, não interferindo nos teores de vitamina C dos frutos.

Os teores de vitamina C nos frutos de pitaiia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) encontrados no presente estudo foram superiores aos observados por Sarmiento (2017), Abreu et al. (2012) e Esquivel et al. (2007) (21,42, 20,69 e 54,0 21,42 mg/100 g, respectivamente).

A acidez titulável (AT) dos frutos foi influenciada apenas pelo fator tipo de água no segundo ciclo de cultivo (2023), sendo possível observar maiores teores nos frutos das plantas que foram irrigadas tanto com água C50% (0,47 mg de ác. málico/100 g) quanto com a água C0% (0,44 mg de ác. málico/100 g) ($p < 0,05$), resultando em aumentos de 6,0 e 4,5% nos teores de AT dos frutos em comparação com as plantas irrigadas com água de C100% ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 30).

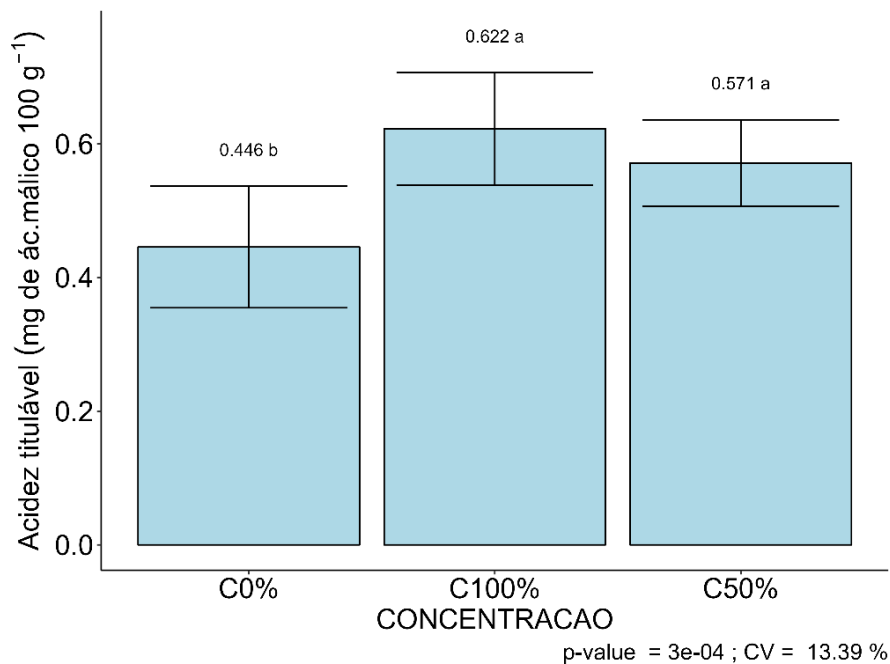


Figura 30. Acidez titulável (mg de ác. málico/100 g) (AT) dos frutos de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Assim como a vitamina C, a acidez titulável tem grande importância nos critérios de qualidade dos frutos, sendo um indicador de aceitação pelos consumidores, principalmente para o consumo do fruto *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A AT é um parâmetro

empregado para quantificar ácidos orgânicos presentes nos frutos, podendo ser utilizado como atributo de qualidade (RIBEIRO et al., 2010).

A pitiaia possui baixos teores de acidez, como observado por outros autores como Sarmento (2017) (0,40 mg de ác. málico/100 g) e Rabelo (2018), (0,24 e 0,17 mg de ác. málico/100 g). Alves et al. (2021), avaliando o potencial produtivo de três espécies de pitiaia (*Selenicereus megalanthus*, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*), observaram que aumento dos teores de acidez titulável de um ano de cultivo para outro. De acordo com os autores, esse aumento está diretamente relacionado ao acúmulo de nutrientes como nitrogênio no solo, podendo influenciar negativamente os teores de açúcares nos frutos.

Os maiores valores de acidez titulável no presente estudo foram observados quando as plantas foram irrigadas com água na concentração C50% (0,47 mg de ác. málico/100 g) (Figura 31). Segundo Nerd e Mizrahi (1999), a acidez titulável inferior a 1% explica o sabor doce da pitiaia, portanto pode-se afirmar que os frutos de pitiaia vermelha produzidos no presente estudo são doces.

Os teores de potássio encontrados na água da piscicultura na concentração C50% (Apêndice 1) podem ter influenciado nos valores de acidez titulável dos frutos do presente trabalho, pois a disponibilidade de K está diretamente ligada à ativação enzimática, sendo um fator essencial para a produção e redistribuição de açúcares para órgãos reservas como, por exemplo, os frutos (IPI, 2013).

Os fatores tipo de água e manejo de adubação apresentaram efeito significativo isolado para os teores de sólidos solúveis (SS) no primeiro ano de cultivo (2022). Observou-se que os frutos das plantas irrigadas com água C100% apresentaram médias superiores (15,41 °Brix), quando comparadas com os demais tipos de água, C50% e C0% (14,0 e 12,45 °Brix), respectivamente, ($p < 0,05$) (Figura 31).

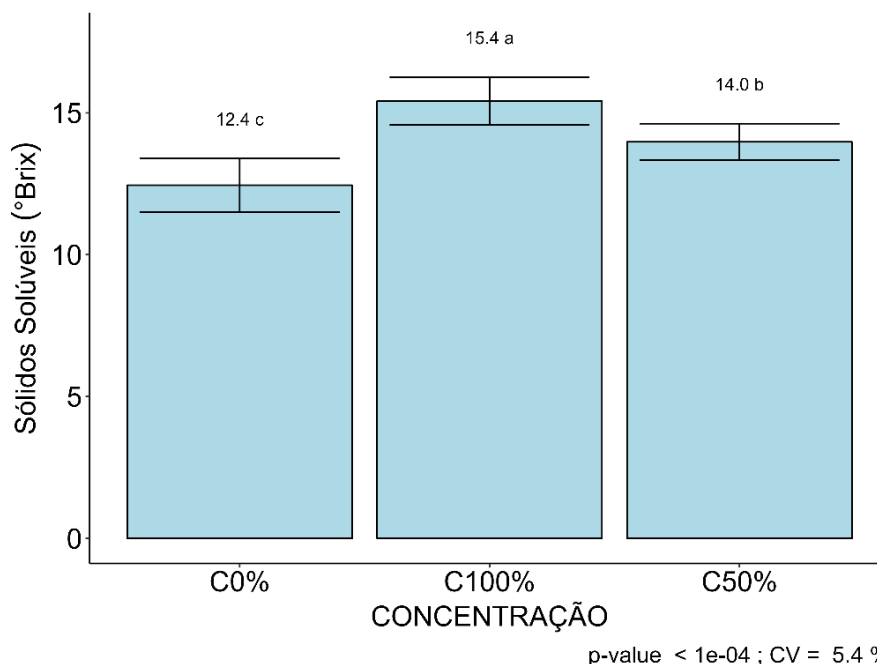


Figura 31. Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaya vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Em relação ao manejo de adubação, os teores de SS no primeiro ano e cultivo (2022) apresentaram maiores médias quando as plantas foram adubadas, resultando em um incremento de 7%, aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica ($p > 0,05$), em comparação com as plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$) (Figura 32).

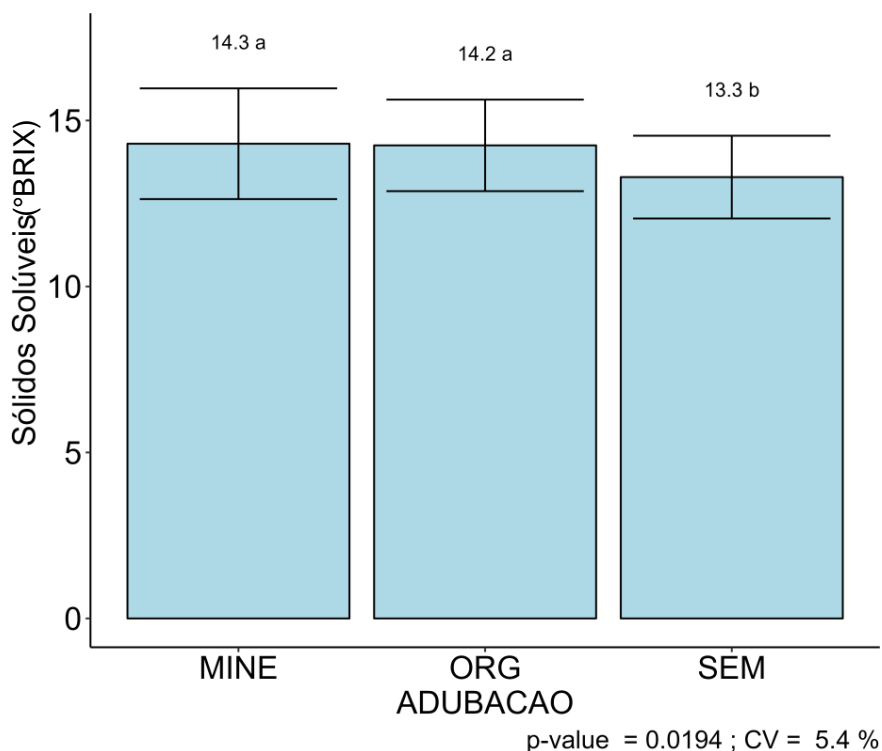


Figura 32. Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se que os maiores teores de SS nos frutos de pitaiia vermelha (16,0 e 15,8 °Brix) estavam nas plantas irrigadas com águas de C50% e C100%, respectivamente, independentemente do tipo de manejo de adubação ($p>0,05$). As plantas irrigadas com a água de abastecimento (C0%) apresentaram aumento dos teores de SS de 15% e 14% ao serem adubadas com adubo mineral e composto orgânico, respectivamente, diferindo estatisticamente das plantas que não foram adubadas ($p<0,05$).

O manejo de adubação tanto mineral quanto orgânico não apresentou diferença estatística para os tipos de água utilizados na irrigação (C50%, C100% e C0%) ($p>0,05$). Porém, no tratamento sem adubação os maiores teores de SS (16,4 e 15,8 °Brix) foram observados nos frutos das plantas que foram irrigadas com as águas C100% e C50% ($p>0,05$), respectivamente, resultando em um incremento de 21 e 18%, respectivamente, diferindo estatisticamente da água C0% ($p<0,05$) (Figura 33).

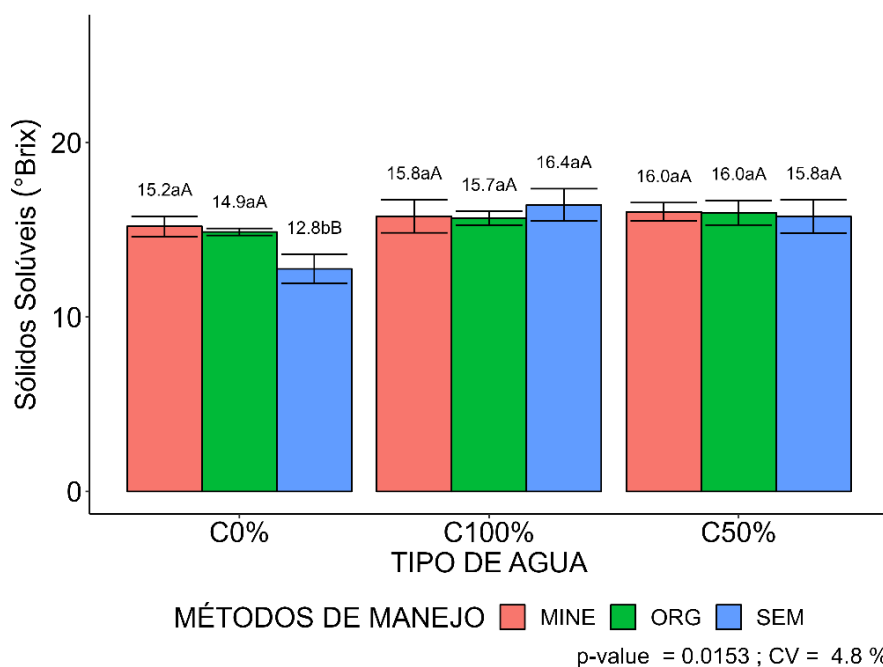


Figura 33. Teores de sólidos solúveis (°Brix) (SS) dos frutos de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Para a variável relação SS/AT no primeiro ano de cultivo (2022), observou-se que as plantas irrigadas com água tanto na concentração C50% quanto na concentração C100% apresentaram médias estatisticamente iguais entre as plantas que receberam adubação (mineral e/ou orgânica) e as plantas sem adubação ($p>0,05$). As plantas irrigadas com água de

abastecimento (C0%) apresentam maiores médias na relação SS/AT quando foram adubadas com adubo mineral e quando não receberam adubação (21,1 e 26,9) ($p>0,05$), respectivamente.

Quando as plantas foram adubadas com a adubação mineral, observou-se que os tipos de água C100% apresentaram as maiores médias para a relação SS/AT (60,6) ($p<0,05$). Ao serem adubadas com composto orgânico, as plantas irrigadas com as águas de C100% e C50% não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$), resultando em incrementos de 55,5 e 43,0%, respectivamente, quando comparadas a plantas irrigadas com água de C0% ($p<0,05$), respectivamente.

As plantas não adubadas apresentaram maiores médias na relação SS/AT ao serem irrigadas com as águas nas concentrações de C50% e C100% (47,7 e 48,8), respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si ($p>0,05$) (Figura 34).

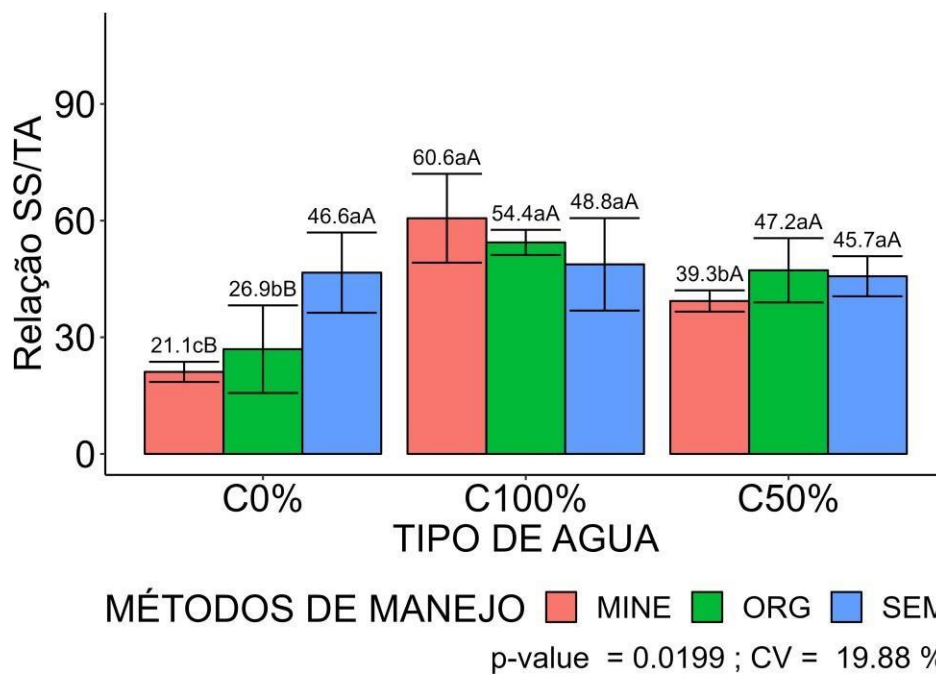


Figura 34. Relação SS/AT dos frutos de pitaiá vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

A relação SS/AT foi influenciada no segundo ano de cultivo (2023), apresentando efeito significativo isolado apenas para o tipo de água utilizada na irrigação. Observou-se as maiores médias nos frutos das plantas irrigadas com águas nas concentrações C100% e C50% (59,19 e 55,96) ($p>0,05$), deferindo estatisticamente das plantas irrigadas com água na concentração C0% ($p<0,05$) (Figura 35).

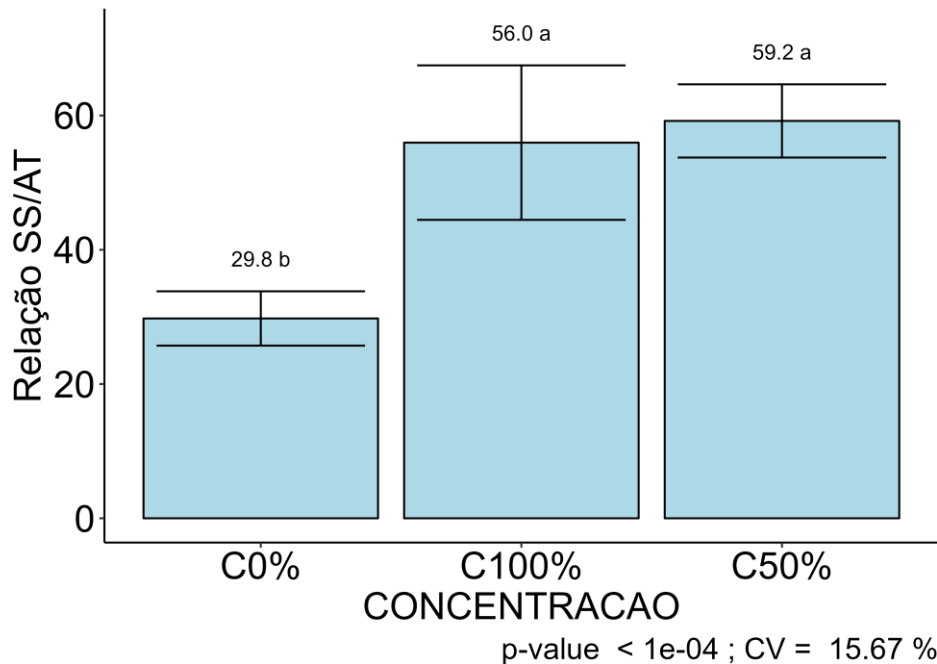


Figura 35. Relação SS/AT dos frutos de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigadas com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Os teores de sólidos solúveis e a relação SS/AT estão diretamente correlacionados, uma vez que elevados teores de açúcares nos frutos, juntamente com baixa acidez, resultam em valores de relação SS/AT mais altos, provocando aumento da aceitação dos frutos de pitaia pelos consumidores (WANITCHANG et al., 2010).

Os sólidos solúveis presentes nos frutos são indicadores da quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos na polpa dos frutos, apresentando na sua composição açúcares e ácidos orgânicos que estão diretamente ligados ao grau de doçura do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os resultados observados no presente trabalho mostram que os teores de SS e a relação SS/AT foram influenciados pela adubação e o tipo de água utilizada na irrigação das plantas, sendo os maiores valores encontrados nos frutos das plantas adubadas com NPK e composto orgânico e irrigadas com água na concentração C100% nos dois anos de cultivo, o que mostra a influência positiva que o equilíbrio nutricional pode proporcionar na qualidade dos frutos.

Plantas supridas adequadamente com nutrientes minerais como NPK ou fonte de matéria orgânica (composto orgânico) produzem frutas com maiores propriedades nutricionais, como os teores de proteínas, óleos e vitaminas e sabor (SENAPATI; SANTRA, 2009). No decorrer da sua decomposição, o composto orgânico pode influenciar nos teores de SS nos frutos a partir do aumento da concentração de açúcares e degradação de

polissacarídeos, no intuito de manter o equilíbrio metabólico entre os componentes dos sólidos solúveis (MOREIRA et al., 2011).

Além do manejo nutricional, as condições climáticas do ambiente e reserva nutricional das plantas podem influenciar no conteúdo de SS (FERNANDES et al., 2018). No presente estudo, os teores de SS aumentaram entre o primeiro e segundo ano de cultivo variação que pode estar correlacionada à situação nutricional na qual as plantas se encontram, pois os teores de nutrientes observados nas plantas no segundo ano de cultivo são maiores do que no primeiro ano (Figura 2). Outro fator importante foi o período chuvoso; em 2023, foram registrados maiores volumes de chuvas, principalmente nos dias que antecederam as colheitas. Esse tipo de situação pode acarretar a diluição dos açúcares solúveis presentes nos frutos (RABELO, 2018).

O presente estudo apresentou valores de SS e relação SS/AT superiores aos encontrados por Sarmiento (2017) (13,18 °Brix), Duarte et al. (2017) (13,9 °Brix) e Fernandes et al. (2017) (12,63 °Brix). Os resultados encontrados neste trabalho reforçam a importância do equilíbrio entre o manejo de adubação e irrigação na qualidade dos frutos de pitáia, principalmente atributos importantes no momento da comercialização.

Para o primeiro ano de cultivo (2022), observou-se que a água na concentração de 50% (C50%) apresentou aumento de 21,5% nos teores de flavonoides das plantas que receberam adubação mineral, em comparação com as plantas sem adubação ($p < 0,05$). As plantas irrigadas com água na concentração 100% (C100%) apresentaram maiores médias ao serem adubadas tanto com adubação mineral quanto orgânica (18,93 e 19,44 mg/100 g, respectivamente), diferindo estatisticamente das plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$) (Figura 36).

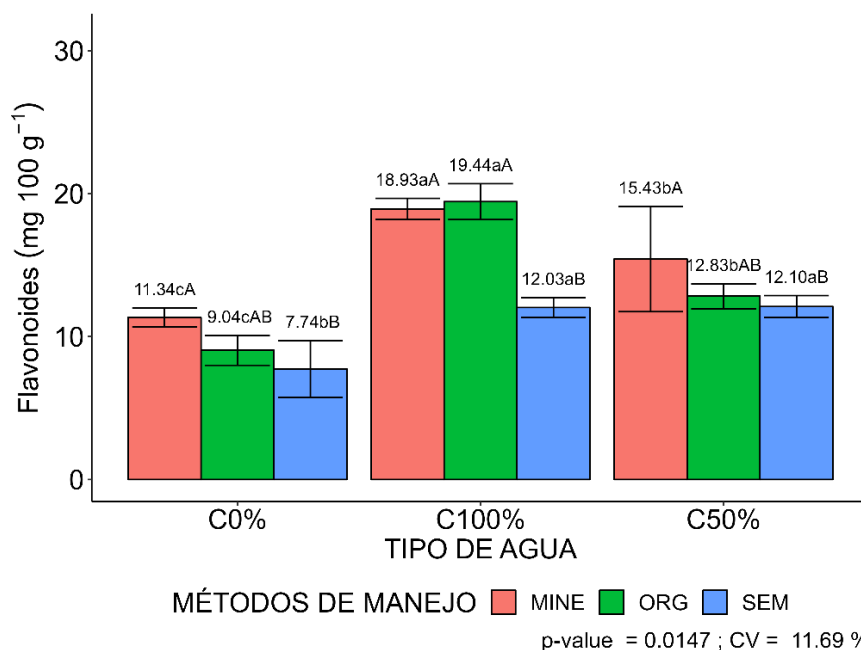


Figura 36. Teores de flavonoides (mg/100 g) dos frutos de pitaiia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Para o segundo ano de cultivo (2023), observou-se que a água na concentração C50% apresentou os maiores teores de flavonoides (16,9 e 16,4 mg/100 g) nos frutos das plantas que foram adubadas com adubo mineral e composto orgânico ($p > 0,05$), respectivamente, resultando em um incremento de 20% quando comparadas com as plantas sem adubação ($p < 0,05$).

Comportamento semelhante foi observado nas plantas irrigadas com água na concentração C100%, porém com aumento de 24% nos teores de flavonoides. Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que os tipos de água C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), apresentando os maiores teores de flavonoides, diferindo estatisticamente do tipo de água C0% ($p < 0,05$) (Figura 37).

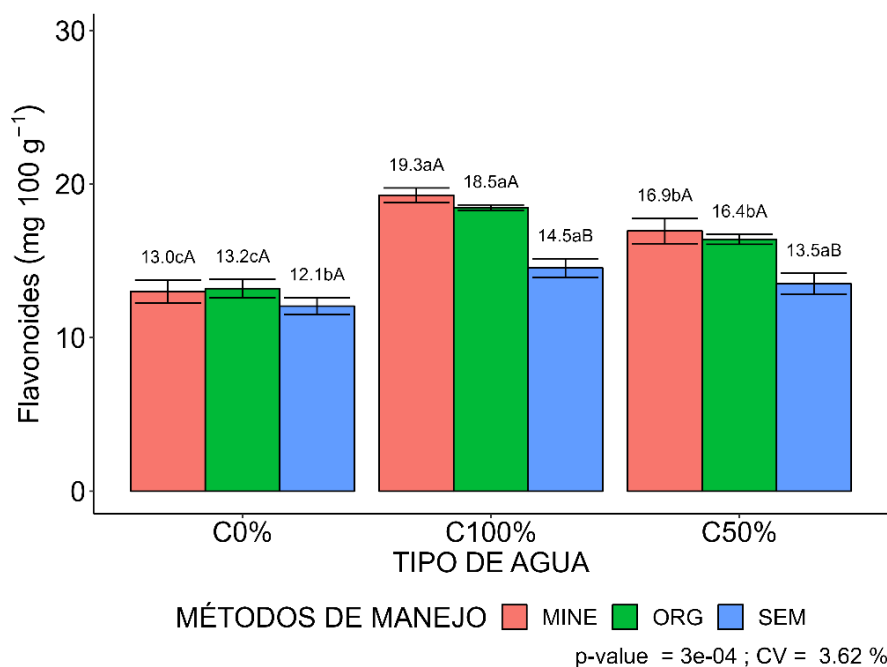


Figura 37. Teores de flavonoides (mg/100 g) dos frutos de pitaiia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de flavonoides foram influenciados pelos métodos de adubação e concentração da água utilizada na irrigação das plantas nos dois anos de cultivo (Figura 36 e Figura 37). Os valores obtidos neste trabalho foram superiores aos encontrados por Sarmiento (2017) (7,69 mg/100 g). Por sua vez, Lima et al. (2013) encontraram teores 6,03 mg/100 g nos frutos de *H. costaricensis* ao avaliar as características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de pitaias comerciais e nativas do cerrado.

As frutas e vegetais são consideradas como as principais fontes de flavonoides, que, por sua vez, são responsáveis por diversos efeitos biológicos, como doadores de hidrogênio e propriedades redutoras, que auxiliam na regulação redox nas células, beneficiando a saúde humana (SCHMITZ et al., 2005). Os flavonoides são compostos fenólicos que agem como agentes de defesa, inibindo a ação de radicais livres e atuando como bloqueadores de reações (RICE-EVANS, et al., 1996). Por esse motivo, apresentam papel fundamental na proteção frente aos danos oxidativos, promovendo efeitos terapêuticos em um número elevado de patologias, incluindo a cardiopatia isquêmica, a aterosclerose e o câncer (MARTÍNEZ - FLÓREZ, 2002).

Os elevados conteúdos de flavonoides encontrados nos frutos deste estudo estão correlacionados com teores de nutrientes encontrados nas plantas que receberam adubação e que foram irrigadas com água da piscicultura (Figura 36 e 37). Uma forma de explicar esses resultados é que os níveis de flavonoides são indicadores do estado de N nas plantas, pois quando uma planta apresenta ótimas condições nutricionais, ela favorece o metabolismo primário e a síntese de proteínas (moléculas contendo N) (DA SILVA TAVARES et al., 2019).

O uso de adubo orgânico também influencia nos teores de flavonoides, pois induz a via do acetato de chiquimato, o que resulta em maior produção de flavonoides (NAGUIB et al., 2012). Zahid et al. (2022) constataram que o composto orgânico promoveu aumento da taxa fotossintética e, conseqüentemente, aumentou o conteúdo de flavonoides totais nos frutos de morango. Essa informação corrobora os resultados observados no presente estudo.

De acordo com Deng et al. (2019), em caso de deficiência de N, a planta direciona seu metabolismo para uma produção elevada de flavonoides. Entretanto, os frutos de pitaiá vermelha avaliados no presente estudo apresentaram comportamento contrário: quanto maiores foram os teores de nitrogênio, maior foi o conteúdo de flavonoides (Figuras 36 e 37).

De acordo com a análise conjunta, os teores de antocianinas encontrados nos frutos de pitaiá vermelha apresentaram efeito significativo isolado para os fatores tipo de água e manejo de adubação. Diante disso, observou-se que os maiores teores de antocianinas (7,10 mg/100 g) foram encontrados nos frutos das plantas irrigadas com água C100%, diferindo estatisticamente dos demais tipos de água (C50% e C0%) ($p < 0,05$) (Figura 38).

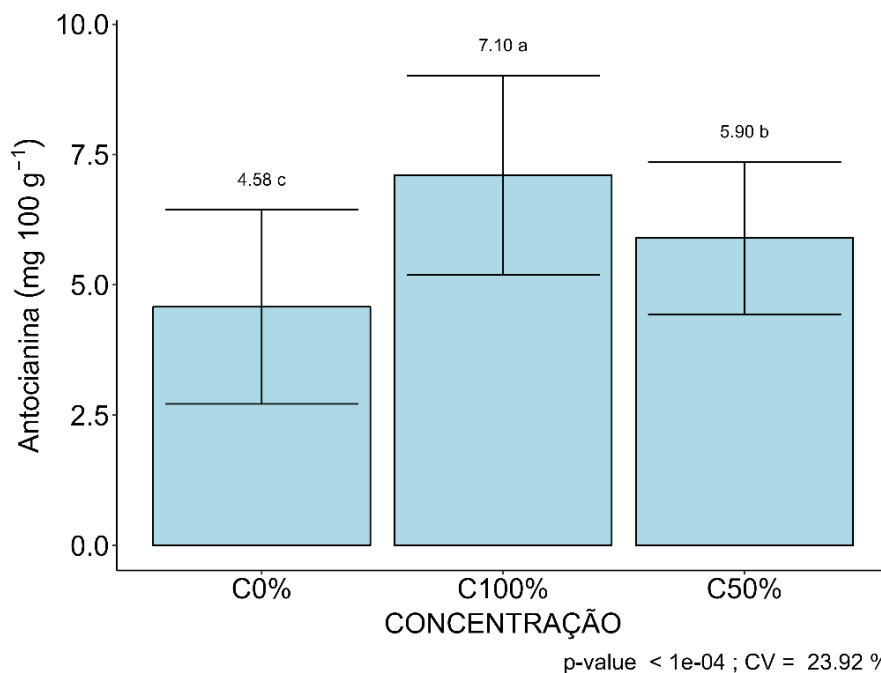


Figura 38. Teores de antocianinas (mg/100 g) dos frutos de pitáia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

As plantas adubadas com adubo mineral e composto orgânico apresentaram valores superiores (6,74 e 6,44 mg/100 g, respectivamente) ($p > 0,05$) ao serem comparadas a plantas não adubadas (4,39 mg/100 g) ($p < 0,05$) (Figura 39).

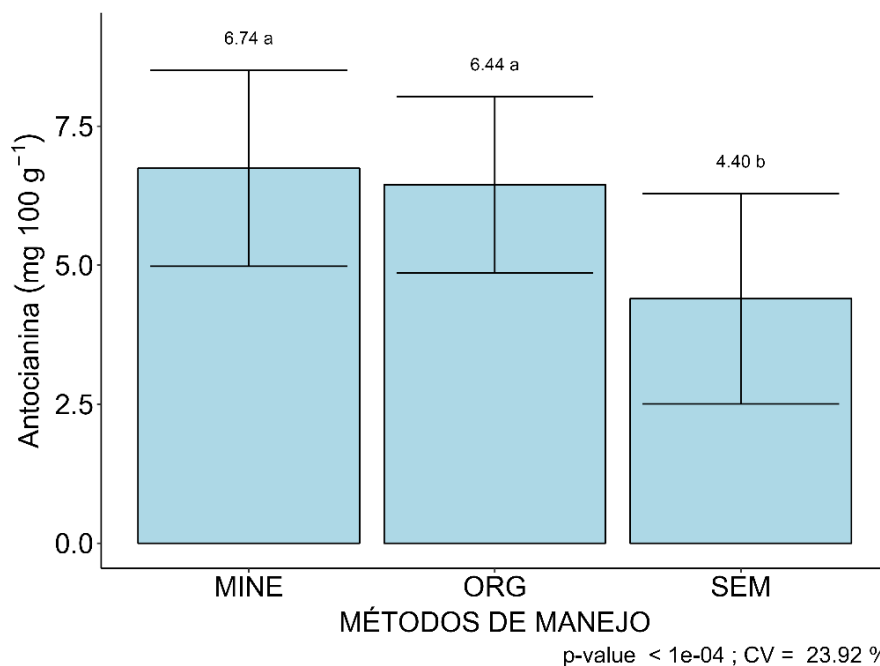


Figura 39. Teores de antocianinas (mg/100 g) dos frutos de pitáia vermelha utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação. Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Assim como os flavonoides, os teores de antocianinas dos frutos de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) neste trabalho foram influenciados pela adubação e o tipo da água utilizada na irrigação. De acordo com Fredes (2009), as antocianinas fazem parte do grupo dos fitoquímicos, que nos vegetais são responsáveis pela qualidade, aparência e sabor dos alimentos, apresentando papel fundamental no metabolismo secundário das plantas, aumentando sua resistência e porcentagem de sobrevivência em ambientes adversos propícios a estresses bióticos e abióticos (DICKO et al., 2005).

Porém, do ponto de vista terapêutico, as antocianinas atuam diretamente na prevenção de várias patologias, pois, assim como os flavonoides, agem no bloqueio de radicais livres, uma vez que esses benéficos apresentam correlação com efeitos antioxidantes, resultando também na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade e melhoria da saúde visual (BOEING et al., 2012).

A pitaia é considerada uma frutífera rica em antocianinas, que são pigmentos encontrados principalmente nas cascas dos frutos de coloração vermelha (DA SILVA LOPES et al., 2022). Algumas pesquisas mostram teores de 15,31 g/100 g na espécie *H. costarricensis* (SANTOS, 2015). Por sua vez, Silva (2018) encontrou na mesma espécie teores maiores (19,78 g/100 g).

Em comparação com as pesquisas anteriores, o conteúdo de antocianinas determinado nos frutos de pitaia vermelha *H. costarricensis* do presente trabalho foi inferior. Esse comportamento pode estar relacionado às condições de cultivos, método de colheita e exposição dos frutos à luz UV, uma vez que estas moléculas são altamente reativas, motivo pelo qual são muito sensíveis às reações de degradação (SIRIWOHARN, 2004).

A exposição a determinadas condições de temperatura, luz e pH do meio são alguns dos fatores que afetam quimicamente as antocianinas e, conseqüentemente, sua cor e estabilidade (BURTON-FREEMAN et al., 2016). Tanto as variações climáticas quanto as de pH do meio foram observadas no local em que o trabalho foi desenvolvido (Figura 2 e 3 e Tabela 1).

Segundo Santos et al. (2016), os teores de antocianinas variam de acordo com a espécie. Os teores encontrados neste estudo foram superiores aos valores observados na polpa de maracujá (0,65 mg/100 g) e goiaba (2,7 mg/100 g) (TONIN et al., 2020; KUSKOSKI et al., 2005).

4 CONCLUSÃO

As características de produção, físicas e pós-colheita dos frutos foram favorecidas nos tratamentos irrigados com água 100% do efluente da piscicultura (C100%) e a mistura das águas (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%), juntamente com a adubação mineral e orgânica.

Os compostos bioativos e antioxidantes dos frutos de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) apresentaram maiores teores nas plantas que receberam adubação tanto mineral quanto orgânica, que foram irrigadas com o efluente da piscicultura.

Os tratamentos que não foram adubados, mas irrigados com a água 100% do efluente da aquicultura (C100%) e a mistura das águas: (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%) apresentam as características de produção, físicas e de pós-colheita dos frutos superiores ao tratamento irrigado com água de abastecimento.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. C. et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.

AMODIO, M. L. et al. A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. **J. Sci. Food Agric.** v. 87, p. 1228–1236, 2007.

AOAC, 2012. Association of Official Analytical Chemistry, 19th ed. **Official methods of analysis, Gaithersburg.**

AQUINO, C. F. et al. Morphological and yield responses of 'BRS Vitória' grapevines subjected to bio-fertigation with aquaculture wastewater. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, e02986, 2023.

ARIVALAGAN, M. et al. Biochemical and nutritional characterization of dragon fruit (*Hylocereus* species). **Food Chemistry**, v. 353, p. 129426, 2021.

BOEING, H. et al. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. **European journal of nutrition**, v. 51, n. 6, p. 637-63, 2012.

CARMO, E. P. et al. Influence of organic fertilization on the initial growth of red pitaya. **In X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus-the New Green Revolution in Drylands**, v. 1343, p. 291-296, 2022.

CHAKMA, S. P. et al. Effect of NPK doses on the yield of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* [F. A. C. Weber] Britton & Rose) in Chittagong Hill Tracts. **American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 14, n. 6, p. 521-526, 2014.

CHEN, Y. et al. Effect of long-term mineral fertilizer application on soil enzyme activities and bacterial community composition. **Plant, Soil and Environment**, v. 64, n. 12, p. 571-577, 2018.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005.

CORDEIRO, M. H. M. et al. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

COSTA, A. C. et al. Produção e teores de nutrientes em cladódios de pitaya vermelha sob cultivo orgânico. **Revista Cultivando o Saber**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2014.

CRANE, J. H.; BALERDI, C. F. Pitaya Growing in the Florida Home Landscape: HS1068/HS303, 11/2005. **EDIS**, v. 2006, n. 21, 2006.

DA SILVA ARAUJO, T. et al. Produção e qualidade de tomates cereja fertirrigados com água residuária da piscicultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 392-396, 2017.

DA SILVA LOPES, M. R. et al. Espécies e aplicações tecnológicas da pitaya: uma revisão. **Multítemas**, p. 167-187, 2022.

DA SILVA TAVARES, M.; DE MACÊDO BELTRÃO, N. E. Eficiência comparativa da adubação orgânica e mineral no crescimento e metabolismo do algodoeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020.

DE ALMEIDA ALVES, D. et al. Potencial produtivo e qualidade de pitaya com fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. Y, p. 01882, 2022.

DENG, B. et al. Nitrogen availability alters flavonoid accumulation in *Cyclocarya paliurus* via the effects on the internal carbon/nitrogen balance. **Scientific Reports**, v. 9, n. 2, p. 2370, 2019.

DESHMUKH, S. R. et al. Tissue Specific Expression of Anthraquinones, Flavonoids and Phenolics in Leaf, Fruit and Root Suspension Cultures of Indian Mulberry (*Morinda citrifolia* L.). **Plant Omics** v. 4, n. 6, p 2-5, 2011.

DICKO. M. H. et al. Impact of phenolic compounds and related enzymes in sorghum varieties for resistance and susceptibility to biotic and abiotic stresses. **Journal of chemical ecology**, v. 31, n. 11, p. 2671-88, 2005

DUARTE, M. H. et al. Qualidade de pitaiá (*Hylocereus undatus*) submetida à adubação orgânica e armazenada sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. **Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN**. Período: 1900-2010. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Guarapari – ES, 2011.

ESQUIVEL, P. et al. Comparison of morphological and chemical fruit traits from different pitaya genotypes (*Hylocereus* sp.) grown in Costa Rica. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, San Pedro, v. 81, p.7-14, 2007a.

FERNANDES, D. R. et al. Improve-ment of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum Agro-nomy**, Maringá, v. 40, e35290, 2018.

FERNANDES, C. et al. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Recife-PE, v. 24, n. 2, p. 42-46, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils**. 2000. Disponível em: <www.fao.org/home/en/>. Acesso em: 31 ago. 2023.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, p. 1982, 263.

FREDES C. **Antioxidants in Chilean native berries**. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas, v. 8, p. 469-78, 2009.

GARCÍA-CRUZ, L. et al. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus prinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, 2016.

GOMES F. P. **Curso de estatística experimental**. 14^a ed. Piracicaba, Degaspari, 2000.

GUZMÁN, R. Fertilização da pitáia. Trabalho apresentado em: **Primer Encuentro Nacional del Cultivo de la Pitahaya** (San Marcos), 1994.

HALIMON, N.; ABDUL HASAN, M. H. Determinação e avaliação da atividade antioxidante em pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) e kiwi verde (*Actinidia deliciosa*). **Jornal Americano de Ciências Aplicadas**, v. 7, n. 438, p. 1432–1431, 2010.

HANSON, E.J. et al. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.10, 1993.

IBRAHIM, S. R. M. et al. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance—A review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, n. 2, e12491, 2018.

IPI, **International Potash institute**. Potássio, o Elemento da Qualidade na Produção Agrícola. São Paulo, 38 p. 2013. Disponível em: https://www.ipipotash.org/udocs/419-kquality_booklet_portuegese_web.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2002.

KARUNAKARAN, G. et al. Dragon Fruit : A new introduction crop to India: A potential market with promising future. In proceeding: National Seminar on Strategies for conservation, **Improvement and utilization of underutilized fruits**. Karnataka, India. 1-3rd December, v. 1, n. 3, p. 138-139, 2014.

KUSTIAWATI, N. et al. Model of development from organic farming of dragon fruit: An implementation of sustainable agriculture. **Academic Research International**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2014.

LE BELLEC, F. et al. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): uma nova fruticultura, um mercado com futuro. **Frutas**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

LI, Y.; SCHELLHORN, H. E. New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n. 10, p. 2171–2184, 2007.

LIMA, C. A. de. et al. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 565-570, 2013.

LUDERS, L.; McMAHON, G. **The pitaya or dragon fruit (Hylocereus undatus)**. Northern Territory Government, 2006. Disponível em: https://dpir.nt.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/232933/778.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

MARTÍNEZ- FLÓREZ, S. et al. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MDITSHWA, A. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 218, n. 1, p. 95-104, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.024>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MONTOYA, R. B. et al. Demanda de potássio do tomate tipo sadette. **Terra Latino americana**, v. 20, n. 4, p. 391-399, 2002.

MOREIRA, R. A. et al. Crescimento de pitaiia vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 785-788, 2011.

NACHTIGALL, G. R. et al. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. (org.). **Maçã: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 63-77, 2004.

NAGUIB, A. E.-M. M. et al. Enhancement of phenolics, flavonoids and glucosinolates of Broccoli (*Brassica oleracea*, var. *Italica*) as antioxidants in response to organic and bio-organic fertilizers. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 11, n. 2, p. 135– 142, 2012.

NANGARE, D. D. et al. Dragon Fruit: A potential crop for abiotic stressed areas. **Technical Bulletin**, v. 46, n. 24, 2020.

NERD, A. et al. Frutos de videira e cactos colunares. In: NOBEL, P. S. (org.). **Cactos: biologia e usos**. Berkeley, EUA: University of California Press, v. 1, n. 1, p. 185-197, 2002.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 99-105, 1999.

PETRY, H. B. et al. Qualidade de laranjas ‘Valencia’ produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Rev. Bras. Fruti.**, v. 34, p. 167-174, 2012.

PÔRTO, M. L. A. et al. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora “Tetsukabuto” em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 280-285, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RABELO, Josimara Mendes. **Adubação potássica de qualidade, composição centesimal e exportação de nutrientes minerais de pitaia**. 2018. 51f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

RIBEIRO, C. T. et al. Qualidade de polpa de goiaba, manga e de suco de caju, laranja e uva congelados e armazenados a -18 °C. **Nucleus**, v. 7, p. 285-294, 2010.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; Paganga, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biol. Med**, v. 20, p. 933–956, 1996.

SANTOS, A. S. **Produção de pó de pitaia vermelha (Hylocereus costaricensis) via atomização spray drying para enriquecimento de iogurte grego**. 2015. 113f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Limoeiro do Norte, 2015.

SANTOS, M. R. P. V. et al. Características físico-químicas, compostos bioativos, atividade antioxidante e enzimática de frutos da pitaia (*Hylocereus undatus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 2081-95, jul./dez. 2016.

SANTOS, V. A et al. Formação de mudas de mamoeiro utilizando água residuária de laticínio nos substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, p. 498-504, 2018b.

SANTOS, V. R. et al. Análise ultraestrutural e anatômica do cladódio de *Opuntia vulgaris* (cactaceae). In: CONGRESSO 67 NACIONAL DE BOTÂNICA, 64., 2013, Belo Horizonte. **Anais [...]**. p.1.

SARMENTO, J. D. A. **Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro**. 2017. 145f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SCHMITZ, W. et al. O chá verde e suas ações como quimioprotetor. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 26, n. 2, p. 119-130, 2005.

SENAPATI, H. K.; SANTRA, G. H. **Potassium management in vegetables, spices and fruit crops**. 2009. Disponível em: https://www.ipipotash.org/udocs/Potassium_Management_in_Vegetables_Spices_and_Fruit_Crops.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

SENAPATI, H. K.; SANTRA, G. H. **Potassium management in vegetables, spices and fruit crops**. 2009. Disponível em: https://www.ipipotash.org/udocs/Potassium_Management_in_Vegetables_Spices_and_Fruit_Crops.pdf. Acesso em: 19 ago. 2023.

SENAPATI, H. K; SANTRA, G. H. **Manejo de potássio em hortaliças, temperos e frutas**. Otimizando a produção agrícola através do uso criterioso de K Bhubaneswar. Orissa, Índia: Bijupattnaik Hall, OUAT, 2009.

SILVA JUNIOR, G. B. et al. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes, calagem e adubação com N e K. **Rev. Ciênc. Agrá.**, v. 36, p. 163-173, 2013.

SILVA, A. C. C. et al. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, 2015.

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

SILVA, C. C. **Desenvolvimento de iogurte grego sabor pitaia (*Hylocereus costaricensis*) com diferentes concentrações de mel e açúcar**. 2018. 57f. TCC (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto federal Teresina, Teresina, 2018.

SOUSA, W. L. et al. Aplicação do composto orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 2, p. 252-270, 2016.

STEVENSON, K. T. et al. Integration of aquaculture and arid lands agriculture for water reuse and reduced fertilizer dependency. **Experimental Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 173-190, 2010

STEVENSON, K. T. **Integrative Aquaculture and Agriculture: Nitrogen and Phosphorous Recycling in Maricopa**, AZ. MSc, University of Arizona, USA, 2023.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TONIN, L. T. D. et al. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS BIOATIVOS DOS FRUTOS DE *Pouteria glomerata* (LARANJINHA-DE-PACU). **Revista Tecnológica**, v. 29, n. 2, p. 291-308, 2022.

VAILLANT, F. et al. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, France, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005.

VINHA, A. F. et al. Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. **Food and Chemical Toxicology**, v. 67, p. 139– 144, 2014.

WANITCHANG, J. et al. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 409 - 416, 2010.

WICHIENTHOT, S. et al. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, London, v. 120, n. 3, p. 850-857, 2010.

WILLS, R. H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed., New York: CAB International, 1998. 262p.

WOOLF, A. et al. Dragon Fruit Assessment Manual. **HortResearch & SOFRI** p. 23, 2006

Worthington, V. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 7, 161–173, 2011.

YAMAMOTO, E. L. M. et al. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 2, p. 6, 2011.

ZAHID, N. et al. Influence of organic and inorganic fertilizer regimes on growth patterns and antioxidants capacity of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. Chandler. **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E TEORES NUTRICIONAIS DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus costaricensis*) IRRIGADAS COM EFLUENTES DA PISCICULTURA E MANEJOS DE ADUBAÇÃO

RESUMO

A pitáia é considerada uma frutífera exótica e economicamente promissora, pois explora diversos nichos de mercado. Além disso, a pitáia é tida como uma planta rústica, já que apresenta a capacidade de se desenvolver em ambientes com características adversas. Porém, existem fatores que estão diretamente correlacionados ao desenvolvimento e rendimento produtivos das plantas, principalmente em cultivos comerciais, dentre os quais podemos citar o manejo nutricional e características bioquímicas das plantas. O equilíbrio nutricional promove o desenvolvimento das plantas, acarretando aumento dos rendimentos produtivos e, conseqüentemente, melhoria da qualidade final dos frutos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características bioquímicas e nutricionais das plantas de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) tratadas com efluente da piscicultura e diferentes manejos de adubação nas condições climáticas do semiárido. O experimento foi conduzido no pomar didático da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, com três blocos e duas plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em três tipos de água (água de abastecimento 100% (C0%), água do efluente da piscicultura 100% (C100%) e a mistura das águas: (50% efluente + 50% água de abastecimento) (C50%) e três fontes de adubação (composto orgânico e NPK formulado 16-16-16 e sem adubação). Os cladódios foram coletados em dois períodos durante os dois anos de cultivo. Realizou-se uma coleta no momento da poda de produção e outra no momento da colheita. Os cladódios selecionados foram coletados da parte central da copa das plantas e foram utilizados três fragmentos de cladódio de cada tratamento com aproximadamente 25 cm. Observou-se que as variáveis bioquímicas apresentaram aumentos dos teores nas plantas irrigadas com água da piscicultura e adubadas tanto com fertilizante mineral quanto com o composto orgânico. Os anos de cultivo influenciaram nos teores nutricionais das plantas, os maiores teores foram observados a partir da poda de produção do segundo ano de cultivo. As plantas de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*) apresentaram a capacidade de absorver o sódio (Na) e cálcio (Ca) presentes no solo e convertê-los em benéficos para as características organolépticas dos frutos.

Palavras-chave: Frutíferas exóticas, cactáceas, planta rústica, equilíbrio nutricional

CAPÍTULO III

BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL CONTENT OF RED PITAYA (*Hylocereus costaricensis*) IRRIGATED WITH FISH FARMING EFFLUENTS AND FERTILIZATION MANAGERMENTS

ABSTRACT

Dragon fruit is considered an exotic and economically promising fruit, as it explores several market niches. Furthermore, dragon fruit is considered a rustic plant, as it has the ability to develop in environments with adverse characteristics. However, there are factors that are directly correlated with the development and productive yield of plants, mainly in commercial crops, among these factors we can mention, nutritional management and biochemical characteristics of plants. Nutritional balance promotes plant development, leading to an increase in production yields and, consequently, improving the final quality of the fruits. Therefore, the objective of this work was to evaluate the biochemical and nutritional characteristics of red dragon fruit plants (*Hylocereus costaricensis*) through organic and mineral fertilization and the reuse of fish farming effluent to irrigate plants in semi-arid climatic conditions. The experiment was conducted in the teaching orchard of the Federal Rural University of Semi-Árido. The treatments were distributed in randomized blocks, in a 3 x 3 factorial scheme, with three blocks and two plants per plot. The treatments consisted of three types of water (supply water 100% (C0%), fish farm effluent water 100% (C100%) and a mixture of waters: (50% effluent + 50% supply water) (C50%) and two sources of fertilizer (cattle manure and NPK formulated 16-16-16). The cladodes were collected in two periods during the two years of cultivation. One collection was carried out at the time of production pruning and another at the time of harvest. The selected cladodes were collected from the central part of the plant canopy, three cladode fragments were collected from each treatment measuring approximately 25 cm. It was observed that the biochemical variables showed increased levels in the plants that were irrigated with water from fish farming and fertilized with both mineral fertilizer and organic compost. The years of cultivation influenced the nutritional contents of the plants, the highest levels were observed from the production pruning of the second year of cultivation. The red dragon fruit plants (*Hylocereus costaricensis*) presented the ability to absorb sodium (Na) and calcium (Ca) present in the soil and convert them into benefits for the organoleptic characteristics of the fruits.

Keywords: Exotic fruit trees, cactáceas, rustic plant, nutritional balance.

1 INTRODUÇÃO

Hylocereus costaricensis (pitaia vermelha) é uma cactácea originária das florestas úmidas da América Central (MIZRAHI et al., 1997). Nos últimos anos, a pitaia vem se destacando no setor frutícola como uma frutífera exótica de alto valor comercial, sendo considerada uma alternativa de diversificação para muitos fruticultores (CORDEIRO et al., 2015).

A pitaia apresenta características adaptativas que auxiliam no desenvolvimento em ambientes que apresentam diversidade climática tanto de solo quanto de água (NANGARE et al., 2020). Esse tipo de comportamento faz com que a pitaia seja cultivada em todo o mundo, sendo Vietnã, China e Taiwan os principais países produtores (FALEIRO, 2022)

No Brasil, o cultivo da pitaia teve início nos anos 90, porém o primeiro relato comercial aconteceu em 2014 no estado de São Paulo, que atualmente é responsável pela maior produção brasileira, seguido por Santa Catarina. Na região Nordeste, os estados da Bahia e Ceará se destacam na produção dessa frutífera (GOULART JUNIOR et al., 2021).

Mesmo sendo cultivada em diferentes tipos de ambientes, a pitaia necessita de um manejo de adubação equilibrado para absorver a quantidade de nutrientes adequada para o seu crescimento e rendimento produtivo (ALVES et al., 2021). A produtividade das áreas comerciais de pitaia pode variar de 3,0 a 40 t ha⁻¹, porém os potenciais produtivos das plantas apresentam correlação direta com o sistema de manejo nutricional, já que altos rendimentos anuais requerem adubação balanceada (RABELO et al., 2021).

As necessidades nutricionais e a quantidade de nutriente extraído do solo variam de acordo com as espécies vegetais, porém é necessário que essas demandas sejam atendidas para que as plantas possam expressar sua máxima capacidade reprodutiva (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Lima et al. (2021), a exigência nutricional depende do estágio fenológico no qual a planta se encontra; no caso da cultura da pitaia, os principais macronutrientes são potássio, cálcio, nitrogênio e fósforo, por outro lado os autores observaram acúmulo de micronutrientes como zinco, ferro e manganês.

O fornecimento de nutrientes para as plantas ocorre de diferentes maneiras, a partir da fertilização mineral, fontes de matéria orgânica ou pela água da irrigação por meio do reuso dos efluentes da piscicultura. A água da piscicultura é uma excelente alternativa para uso na agricultura, pois quando usada na irrigação das plantas promove benefícios para o solo, uma vez que aumenta a atividade de microrganismos, favorecendo as propriedades físicas, químicas e biológicas, disponibilizando nutrientes para as plantas. As águas dos efluentes da piscicultura apresentam na sua composição substâncias (matéria orgânica) e nutrientes (nitrogênio e fósforo) que são oriundos dos restos de ração e dejetos liberados pelos peixes (SOUSA et al., 2016).

Os processos metabólicos envolvendo as características bioquímicas das plantas estão diretamente relacionadas ao estado nutricional das plantas. O entendimento das quantidades de nutrientes absorvidos e acumulados nos cladódios de pitaia nos diferentes estádios de fenológico permite planejar e desenvolver estratégias eficientes de adubação, sendo possível, desse modo, favorecer as atividades metabólicas das plantas sem interferir nas características bioquímicas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características bioquímicas e nutricionais das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) com adubação orgânica e mineral, além de irrigadas com efluente da piscicultura nas condições climáticas do semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no pomar experimental pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, cujas coordenadas geográficas são 5° 11' 15'' S de latitude e 37° 20' 39'' W de longitude, com altitude de 18 m e relevo plano. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo BSw^h, tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 673,9 mm e temperatura média de 27,4 °C, com dois períodos bem definidos: seco (prolongado) e úmido (curto e irregular) (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011) (Figura 1).

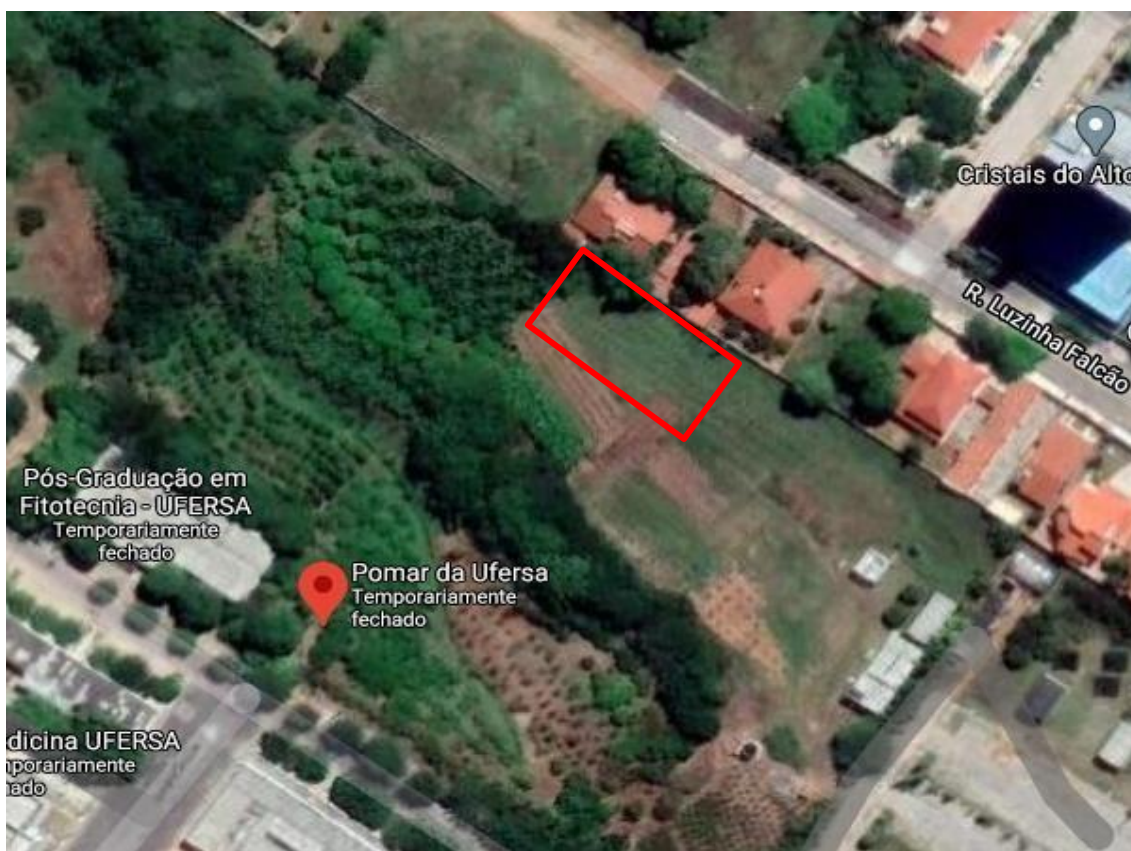


Figura 1. Local da área experimental. Mossoró-RN, 2021/2023. **Fonte:** Google.

Durante o período experimental (SET/2023 a ABR/2023), os seguintes dados meteorológicos foram coletados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFERSA: temperatura e umidade relativa máxima e mínima do ar e precipitação pluviométrica (Figuras 2 e 3).

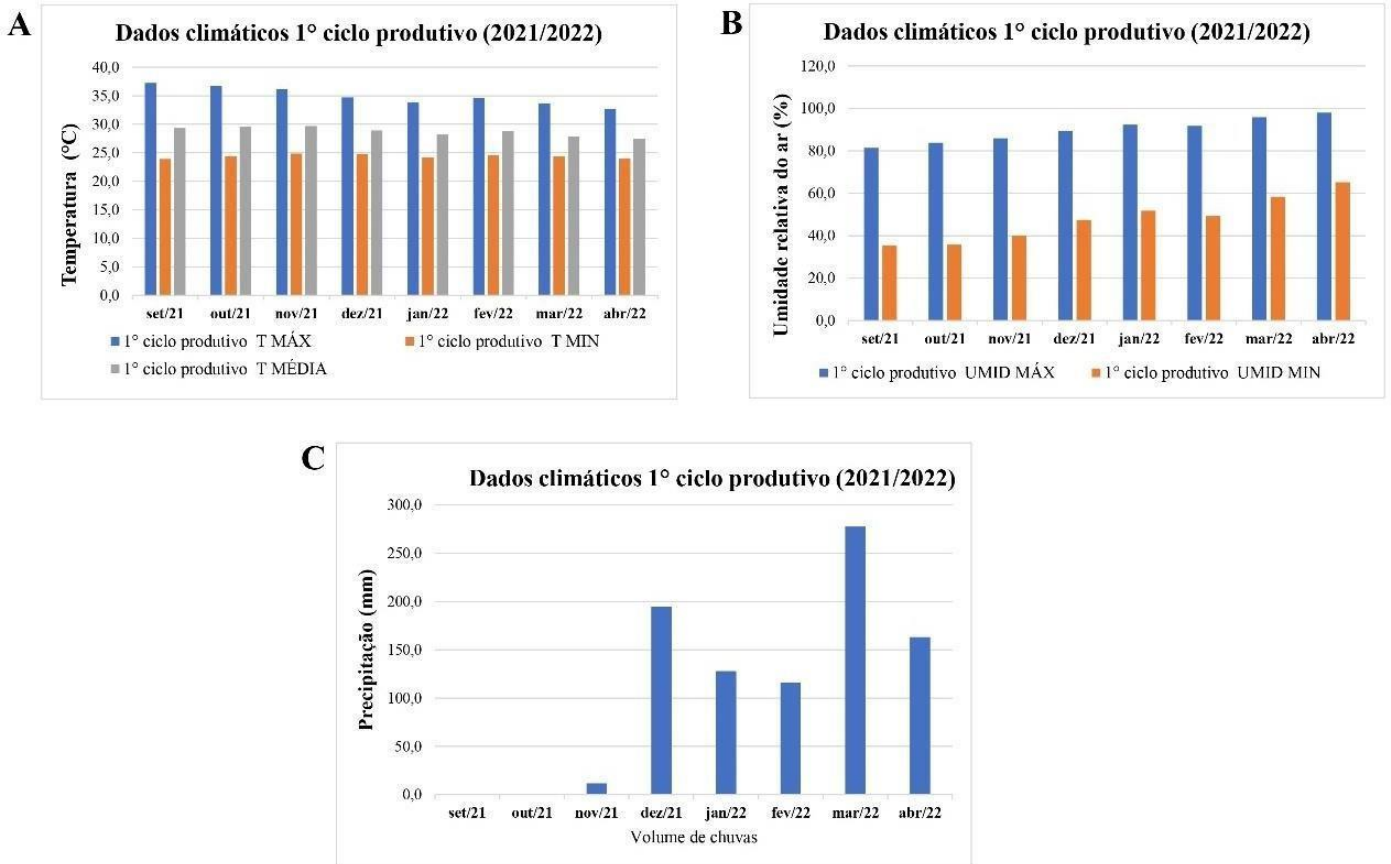


Figura 2. Dados climáticos coletados durante o período experimental do primeiro ciclo produtivo (SET/2021 – ABR/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN

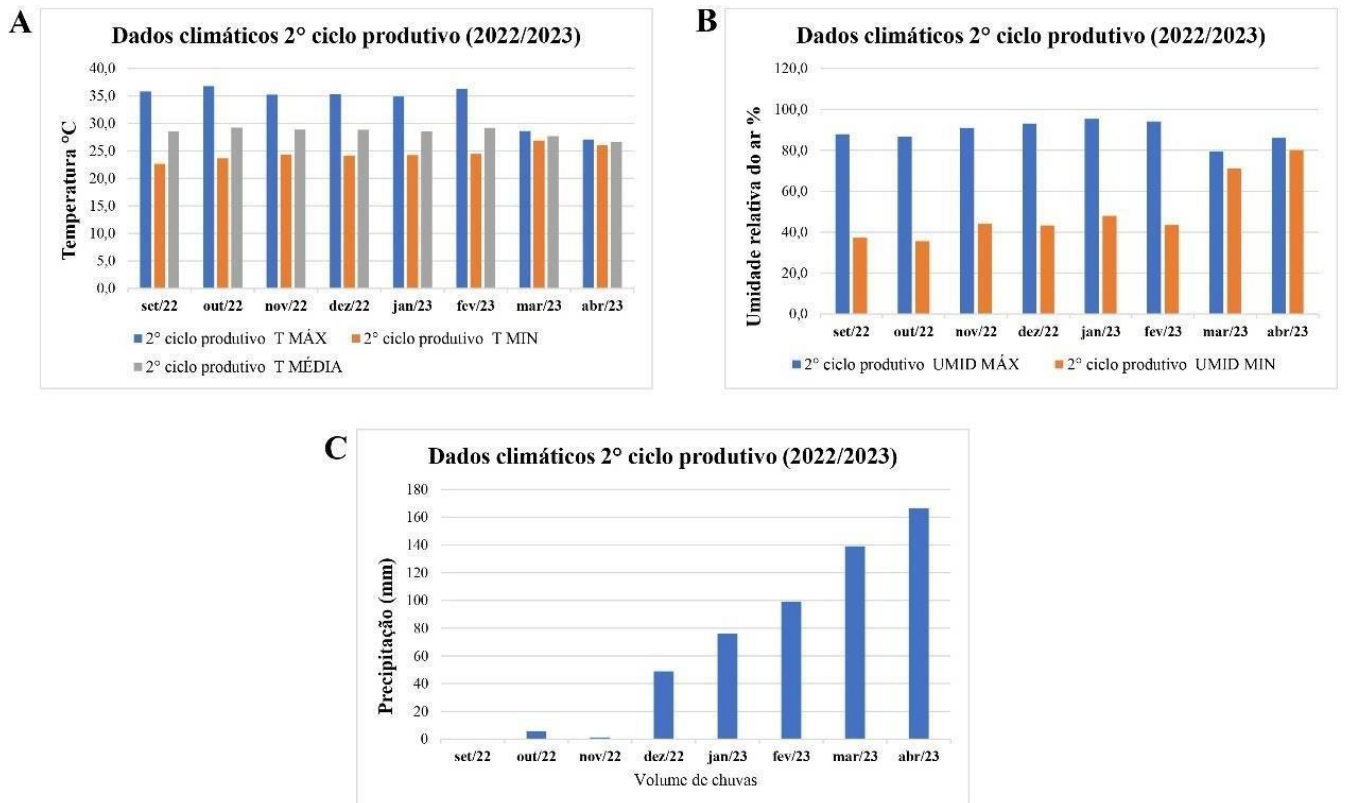


Figura 3. Dados climáticos coletados durante o período experimental do segundo ciclo produtivo (SET/2021 – ABR/2022). Temperatura (A), Umidade relativa do ar (B), Precipitação pluviométrica (C) em condições semiáridas. Mossoró, RN.

2.2 Condições de cultivo

As plantas utilizadas no experimento foram provenientes de matrizes obtidas em parceria com a UFC. Os cladódios foram coletados e propagados por estaquia. A área experimental foi implantada em março de 2018, as mudas foram plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm, no espaçamento 3 x 2 m. Após o plantio, as mudas foram tutoradas em mourões de eucalipto perpendiculares ao solo até alcançar a altura de 1,8 m, sendo podadas de forma que apenas um ramo foi conduzido até o suporte (ripado de madeira) acima dos mourões para sustentação dos cladódios em forma de T (Figura 4). As análises químicas do solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm e do composto orgânico utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 1.



Figura 4. Área experimental das plantas de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

Tabela 1. Características químicas do solo e do composto orgânico no primeiro e segundo ano de cultivo do experimento. Mossoró, RN – Brasil, 2021/2022

Identificação	N	pH	CE	Mat. Org.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC	m	V	PST
	g/kg	(água)	dS/m	g/kg	mg/dm ³			cmolc/dm ³				%			
0-20 1º Ciclo	0,6	6,5	0,08	3,72	30	163	11,8	2,66	1,44	0	0	4,57	0	100	1
20-40 1º Ciclo	0,2	6,7	0,07	1,24	19	133	15,7	2,38	1,62	0	0	4,41	0	100	2
0-20 2º Ciclo	0,4	7	0,04	0,1	15	106	7,9	1,85	2,58	0	0	4,71	0	100	1
20-40 2º Ciclo	0,3	7,1	0,04	2,48	27	85,7	6,9	1,91	2,09	0	0	4,25	0	100	1
Composto orgânico	—	8,6	—	8,75	9,4	73,7	28,9	1,9	0,5	0	0	2,71	0	100	10

Fonte: Laboratório de solo e planta da UFERSA.

Em relação aos tratos culturais, antes de ser iniciado o experimento, as plantas foram podadas uniformemente, com uma poda de limpeza inicial, sendo deixados de 30 a 40 cladódios por planta. No dia 13 de setembro de 2021, foi realizada a poda do primeiro ano de cultivo e no dia 19 de setembro de 2022 a poda de produção do segundo ciclo foi realizada e os tratamentos foram aplicados, usando-se enxadas na linha de plantio e na projeção da copa.

2.3 Água utilizada na irrigação das plantas

A água utilizada na irrigação das plantas foi obtida em parceria com o setor de aquicultura da UFERSA. Foi instalado um sistema de irrigação externo fazendo a ligação até o pomar didático de fruticultura onde o experimento foi realizado (Figura 5). Através do sistema de irrigação externo, a água chegava até a caixa principal instalada no pomar, em seguida era depositada para duas caixas menores (2.000 L), que ficavam localizadas perto da área experimental, depois a irrigação das plantas era realizada com o auxílio de um regador de 5 L manualmente. As águas utilizadas apresentavam as seguintes composições químicas (Apêndice 1).

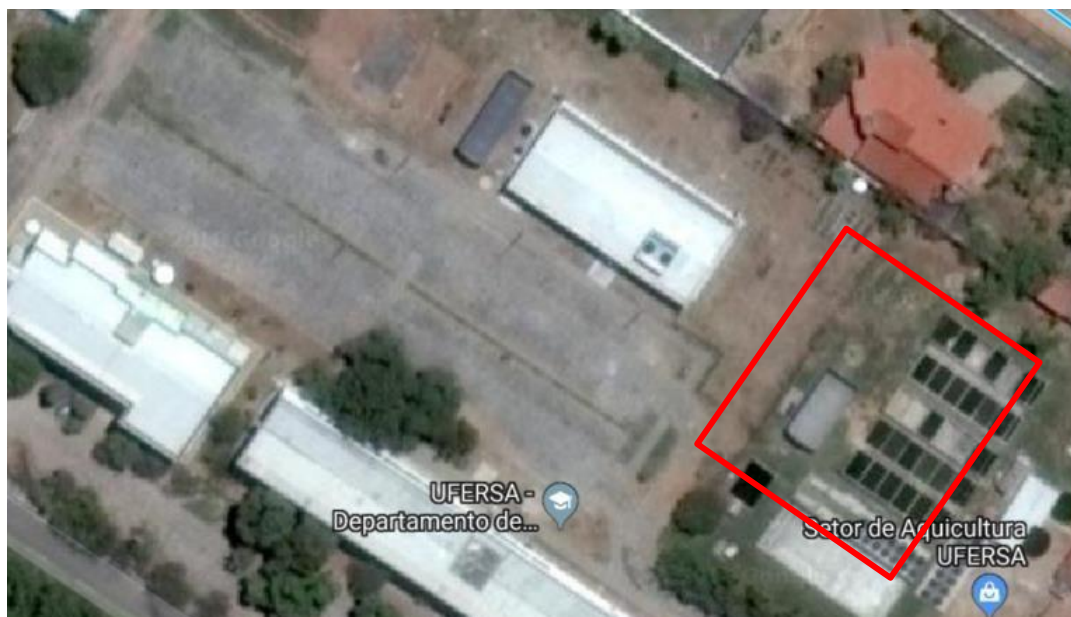


Figura 5. Setor de aquicultura da UFERSA. Mossoró-RN, 2021/2023. **Fonte:** Google.

2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, com três blocos e duas plantas por parcela. O primeiro fator foi a irrigação das plantas com duas concentrações de água do efluente da piscicultura e água de abastecimento: água de mistura (C50%) 50% água de piscicultura + água de abastecimento, água pura da piscicultura (C100%) e água de abastecimento (C0%). As plantas foram irrigadas três vezes na semana, com 5 L de água de forma manual na região próxima às raízes.

O segundo fator foi a adubação das plantas com três fontes de adubação: adubo mineral, NPK (16-16-16), composto orgânico e sem adubação. A adubação com a fonte mineral foi parcelada em três vezes: 150 g na poda de produção; 100 g na floração; 100 g no pegamento dos frutos. O composto orgânico foi parcelado em duas vezes: 10 L na poda de produção; 10 L no pegamento dos frutos.

Os tratamentos foram denominados como: **T1**: água de abastecimento (C0%) + composto orgânico; **T2**: água de abastecimento + NPK (16-16-16); **T3**: água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) + composto orgânico; **T4**: água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) + NPK (16-16-16); **T5**: água pura da piscicultura (C100%) + composto orgânico; **T6**: água pura da piscicultura (C100%) + NPK (16-16-16), **T7**: água de abastecimento (C0%) sem adubação; **T8**: água de mistura (metade água de abastecimento + metade água da piscicultura) (C50%) sem adubação e **T9**: água pura da piscicultura (C100%) sem adubação.

2.5 Seleção e coleta dos cladódios para as análises bioquímicas

Os cladódios foram coletados e selecionados em dois períodos durante os dois ciclos de cultivo da pitaiá vermelha. Os cladódios foram coletados na poda de produção tanto no primeiro ano de cultivo (SET/2021) quanto no segundo ano (SET/2022). Posteriormente, no momento na colheita, foi realizada outra coleta em ambos os ciclos produtivos.

Os cladódios selecionados foram coletados da parte central da copa das plantas, e foram divididos em três fragmentos de cladódio de cada tratamento com aproximadamente 25 cm. Depois de serem coletados, os cladódios foram colocados em caixas de isopor com gelo e, posteriormente, levados para o laboratório de fruticultura. Em seguida, foram cortados, colocados em potes de plástico e armazenado nos ultrafreezer sob temperatura de -80 °C para posteriores análises bioquímicas. Para as análises nutricionais, os cladódios eram cortados e colocados em estufa com ventilação forçada a 65 °C, até atingir massa constante.

2.6 Análises bioquímicas

O preparo do extrato vegetal requerido para os testes bioquímicos foi feito pesando 1,0 g de massa fresca dos cladódios cortados em pequenos fragmentos, em seguida foram colocados em tubos hermeticamente fechados com a adição de 5 mL de álcool 80%. Em seguida, foi feita a maceração do material vegetal e os tubos foram centrifugados a 10000 RPM durante dez minutos. Após o processo de centrifugação, o sobrenadante foi coletado para a mensuração das variáveis bioquímicas.

Para a variável açúcares solúveis totais, o método utilizado foi o da Antrona (YEMM; WILLIS, 1954). Para essa análise, foi utilizada uma alíquota de 15 µL do extrato vegetal, adicionado-se 985 mL de água destilada. Em seguida, os tubos foram colocados em banho de gelo enquanto foram adicionados 2 mL de antrona. Os tubos foram agitados em vórtex e colocados novamente no banho de gelo e depois no banho-maria durante dez minutos. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 620 nm. Os resultados foram expressos em mg/g tecido de massa fresca (Figura 6 A).

Os teores de aminoácidos totais (AAS) foram quantificados utilizando o método da ninhidrina ácida proposto por Yemm; Cocking (1955). Foi utilizada a glicina como substância padrão da curva. Os tubos de ensaio contendo as soluções foram agitados e levados para o banho maria a 100 °C por 20 minutos. Posteriormente, foi adicionado o etanol 60% e os tubos foram agitados novamente. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 570 nm e os resultados foram expressos em µg/tecido de massa fresca (Figura 6 B).

Para quantificação dos teores de clorofila, pesou-se 0,2 g de massa fresca colocada em tubos de ensaio hermeticamente fechados e com a adição de 10 mL de acetona 80%. Os tubos foram mantidos durante 24 h em ultrafreezer. Ao final das 24h, os extratos foram colocados em cubetas, em seguida foi realizada leitura em espectrofotômetro com absorbâncias em 645, 652 e 663 nm para as clorofilas e 470 nm para os carotenoides (SCOPEL et al., 2011).

Com as leituras, foram mensuradas as clorofilas a, b, a + b e total (WITHAM et al., 1971) pela equação:

$$CL\ a = ((12,7 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * \frac{V}{1000 * W}$$

$$CL\ b = ((22,9 * A_{645}) - (4,68 * A_{663})) * \frac{V}{1000 * W}$$

$$CL\ total = ((20,2 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * \frac{V}{1000 * W}$$

Em que: A – é a leitura da absorbância no comprimento de onda indicado; V – é o volume do final do extrato usado; W – é a massa do material fresco utilizado.

Os teores de carotenoides foram obtidos pela razão entre clorofila a/b (LICHTENTHALER; WELLBURN, 1983). Os resultados foram expressos em mg por grama de peso fresco de tecido foliar ($mg\ g\ planta^{-1}$) (Figura 6 C).

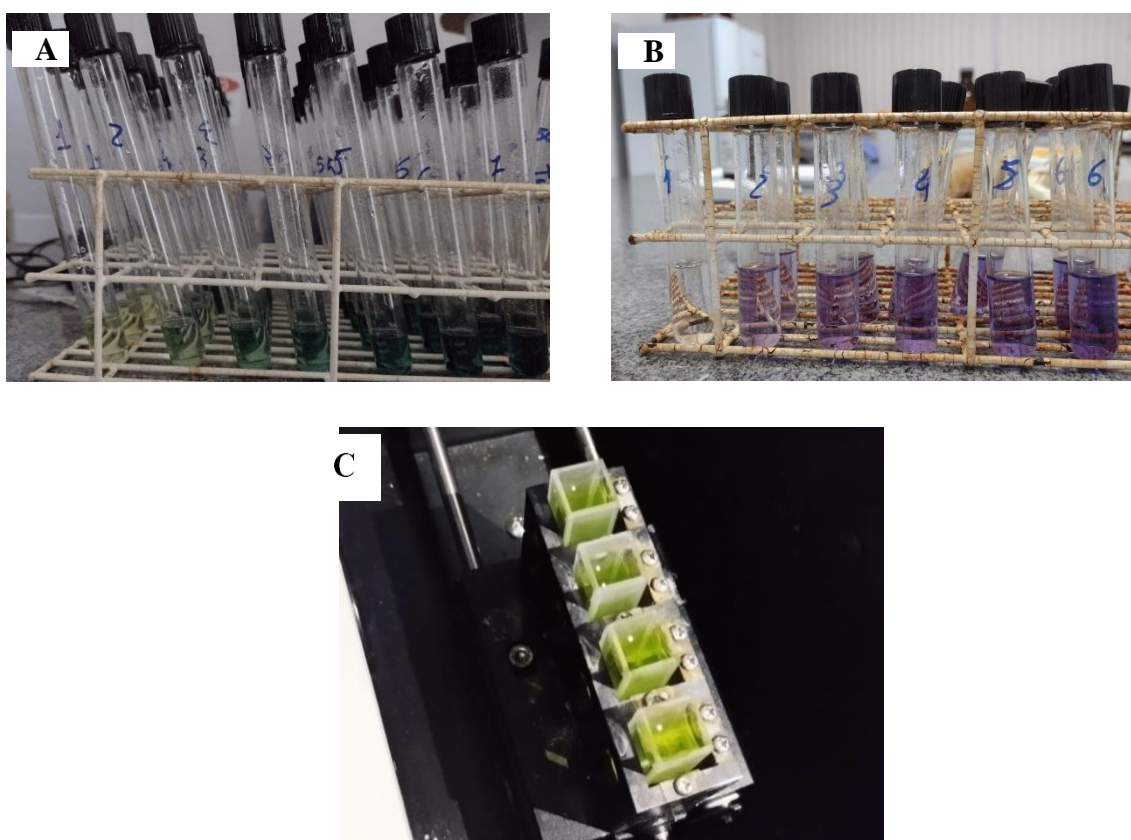


Figura 6. Análise de açúcares totais (A), Aminoácidos (B), Clorofila a, b e total (C) em cladódio de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

2.7 Análises nutricionais dos cladódios

Após a secagem, os cladódios foram moídos e foi realizada digestão úmida em forno de micro-ondas (EMBRAPA, 2009). Os teores de cálcio (Ca) Ca e magnésio (Mg) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009) (Figura 7 A). Os teores de nitrogênio total nos cladódios

foram analisados pelo método de Kjeldahl, sendo analisados em três etapas: digestão sulfúrica, com adição de H_2O_2 e mistura digestora; destilação, após a adição de 5 mL de NaOH, posteriormente, da coleta do destilado em indicador ácido bórico, em seguida, foi titulado com H_2SO_4 diluído (Figura 7B).

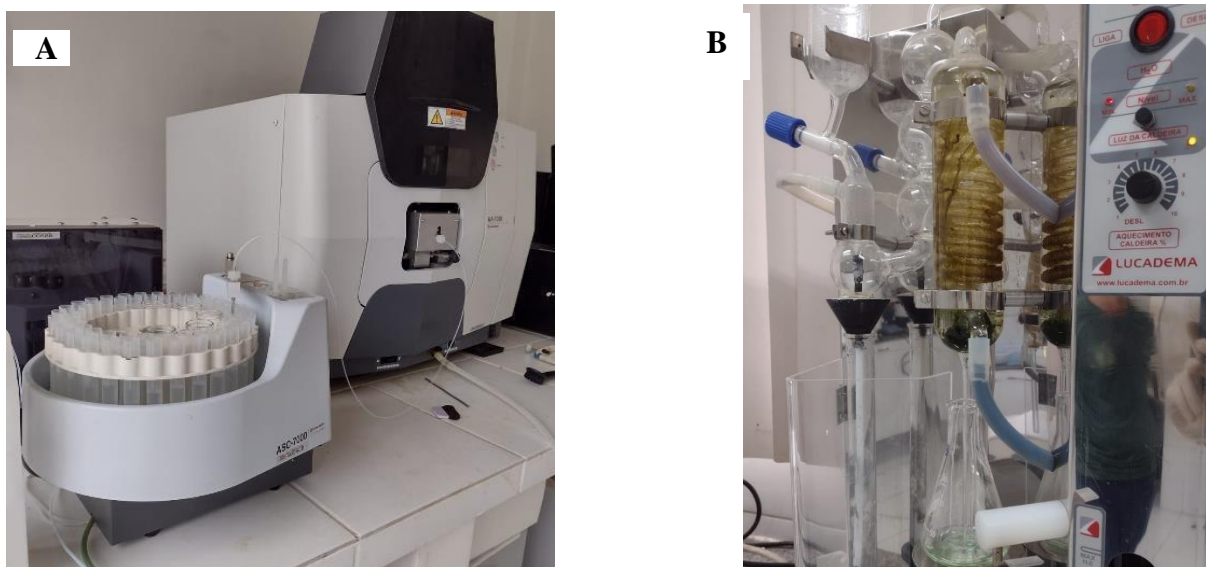


Figura 7. Determinação dos teores nutricionais de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) (A), Nitrogênio (N) (B), em cladódio de pitaiá vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

Os teores de fósforo (P) foram determinados por colorimetria em espectrofotômetro (Figura 8 A). Na determinação dos teores de potássio (K) e sódio (Na), utilizou-se o produto da digestão nítrica, realizando as leituras em fotometria de chamas (TEDESCO, 1995) (Figura 8 B).

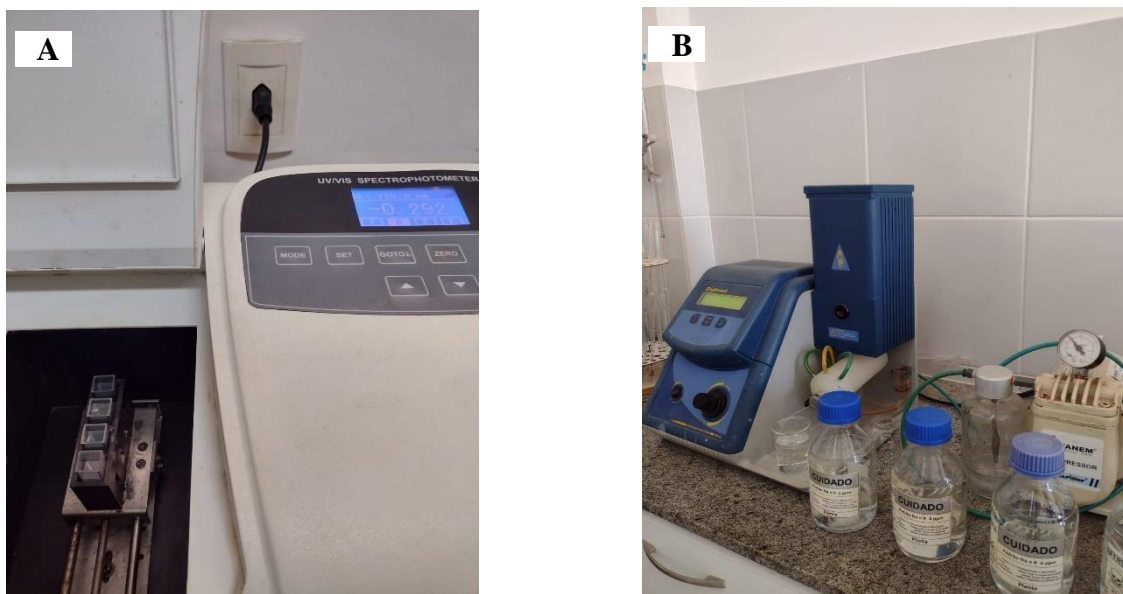


Figura 8. Determinação dos teores nutricionais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (A), nitrogênio (N) (B), em cladódio de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Mossoró-RN. UFERSA, 2021/2023. **Fonte:** A autora.

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos de cada variável foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade variância segundo Bartlett e, estando dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade, foram submetidos à análise individual de variância para cada ano de cultivo pelo teste de F ($p < 0,05$). As variáveis que atenderam aos pressupostos citados por Gomes (2000) foram submetidas à análise conjunta de variância pelo teste de F ($p < 0,05$). As variáveis que não atenderam aos pressupostos foram avaliadas individualmente, em cada ano. Os dados qualitativos foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas por meio do programa computacional estatístico R core (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características bioquímicas das plantas

As variáveis clorofila A, clorofila total e carotenoides foram analisadas conjuntamente de acordo com os pressupostos citados por Gomes (2000). Por sua vez, as variáveis açúcares totais e aminoácidos apresentaram efeito significativo para os anos, sendo avaliadas individualmente.

A partir da análise conjunta, observou-se que a água na concentração 50% (C50%) utilizada na irrigação da pitaiá vermelha resultou no aumento de 40% no teor de clorofila quando as plantas foram adubadas com composto orgânico ao serem comparadas com as plantas sem adubação ($p < 0,05$).

Observou-se que o fornecimento tanto de adubo mineral quanto de composto orgânico, juntamente os tipos de água, nas concentrações 50% (C50%) e 100% (C100%) da piscicultura apresentaram os maiores teores de clorofila A, não diferiram estatisticamente entre si, ($p > 0,05$). Entretanto, as plantas que não foram adubadas apresentaram incrementos de 28,5% ao serem irrigadas com água na concentração C100% da piscicultura em comparação com a água de abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 9).

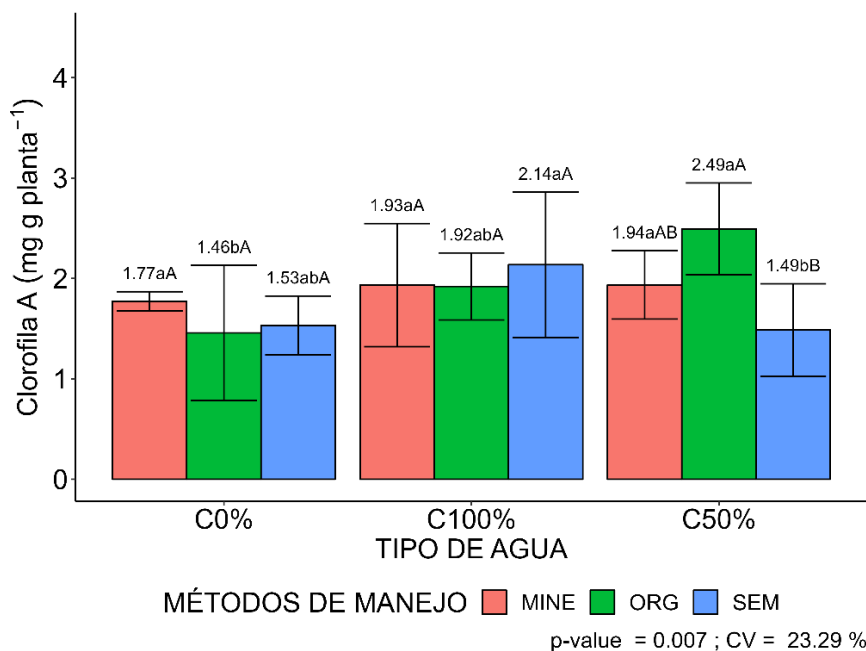


Figura 9. Teores de clorofila A (mg g planta^{-1}) dos cladódios de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Os teores de clorofila total foram influenciados tanto pela adubação quanto pelo tipo de água utilizado na irrigação. As plantas irrigadas com água na concentração C50% apresentaram maiores teores de clorofila total ($3,95 \text{ mg g planta}^{-1}$) quando receberam adubação orgânica ($p < 0,05$). Por outro lado, quando irrigadas com água na concentração C100% observou-se que os teores de clorofila total foram superiores em plantas adubadas com adubo mineral ($3,24 \text{ mg g planta}^{-1}$) ($p < 0,05$).

Aplicando-se a adubação mineral, observou-se que as plantas irrigadas com água C100% e C50% apresentaram maiores teores de clorofila total ($3,24$ e $3,18 \text{ mg g planta}^{-1}$, respectivamente) ($p > 0,05$). Todavia, as plantas que foram adubadas com composto orgânico apresentaram incremento de 32,0% nos teores de clorofila total quando irrigadas com água de C50% ($p < 0,05$).

Por outro lado, mesmo não sendo adubadas, as plantas irrigadas com água na concentração C100% apresentaram as maiores médias dos teores de clorofila total ($3,50 \text{ mg g planta}^{-1}$), diferindo estatisticamente da água de C50% e C0%, ($p < 0,05$) (Figura 10).

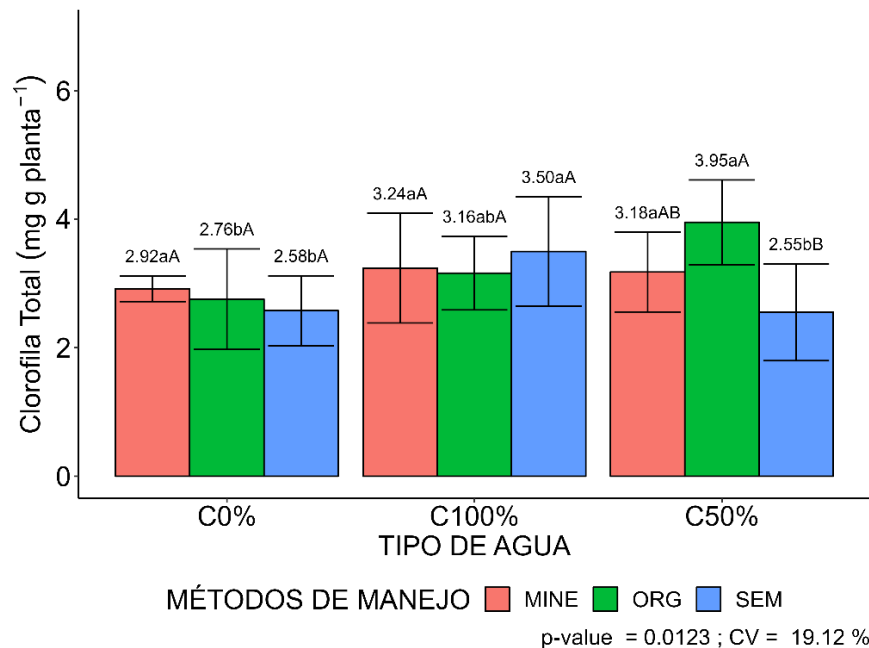


Figura 10. Teores de clorofila total (mg g planta^{-1}) dos cladódios de pitaiá vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Tanto os teores de clorofila A quanto os de clorofila total foram influenciados pelos métodos de adubação e concentrações de água da piscicultura (Figura 9 e Figura 10). A clorofila expressa grande importância no desenvolvimento e reprodução das plantas, uma vez que é um pigmento responsável pela captura de luz na fase fitoquímica da fotossíntese. Esses pigmentos estão localizados nos cloroplastos das células dos órgãos responsáveis por essa captura (TAIZ et al., 2017).

No caso das cactáceas, os maiores teores de clorofila são encontrados nos cladódios, pois apresentam função fotossintética (SALAZAR; VÉLIZ, 2007). Oliveira et al. (2022), avaliando estresse salino e fertilização orgânica sobre o crescimento e metabolismo bioquímico de mudas de pitaiá vermelha, observaram que o uso de fontes orgânicas pode minimizar os efeitos deletérios causados pelos estresses abióticos, isso é possível porque as substâncias orgânicas, quando incorporadas ao solo na adubação das plantas, auxiliam na estrutura física, aumentando o espaço poroso, resultando em maior expansão radicular, aumentando eficiência de absorção de água e nutrientes (MESQUITA et al., 2015).

Os resultados observados no presente estudo comprovam que a disponibilidade de nutrientes tanto pela água da piscicultura quanto pelos métodos de adubação auxiliou as plantas de pitaiá vermelha nos estádios de desenvolvimento e reprodução, uma vez que elevado teor de clorofila resulta em maiores números de frutos por planta, maiores valores de massa dos frutos e, conseqüentemente, índices de produção por plantas (PURBAJANTI et al., 2019).

A capacidade fotossintética das plantas está diretamente relacionada ao estágio nutricional no qual elas se encontram; o fornecimento adequado de nitrogênio auxilia no crescimento foliar, pois resulta no aumento da divisão celular e taxa fotossintética, por causa da maior quantidade de componentes das reações fotoquímicas e de alguns fatores responsáveis pela assimilação de CO_2 (LAWLOR, 2002).

Avaliando a influência dos regimes de fertilizantes orgânicos e inorgânicos nos padrões de crescimento e na capacidade antioxidante do morango, Zahid et al. (2022) observaram que o conteúdo de clorofila A e total foram maiores em plantas que receberam tanto adubo mineral quanto composto orgânico, em comparação com as plantas que não foram adubadas.

O teor foliar de clorofila está diretamente associado ao conteúdo de nitrogênio da planta (YODER; PETTIGREW-CROSBY, 1995). De acordo com Naili & Souri (2018), a disponibilidade de forma lenta de nitrogênio, a partir da decomposição da matéria orgânica,

auxilia na produção de mais pigmentos fotossintéticos como a clorofila.

Para os teores de carotenoides, observou-se que quando irrigadas com água na concentração C50% as plantas apresentaram aumentos de 38,5 e 32,4%, respectivamente, ao receberem adubação orgânica e mineral ($p > 0,05$) em comparação as plantas sem adubação ($p < 0,05$).

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica ou sem adubação, observou-se que as plantas irrigadas com a água na concentração C100% apresentaram maiores teores de carotenoides (10,66, 9,81 e 10,24 mg g planta⁻¹, respectivamente), diferindo estatisticamente da água de abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 11).

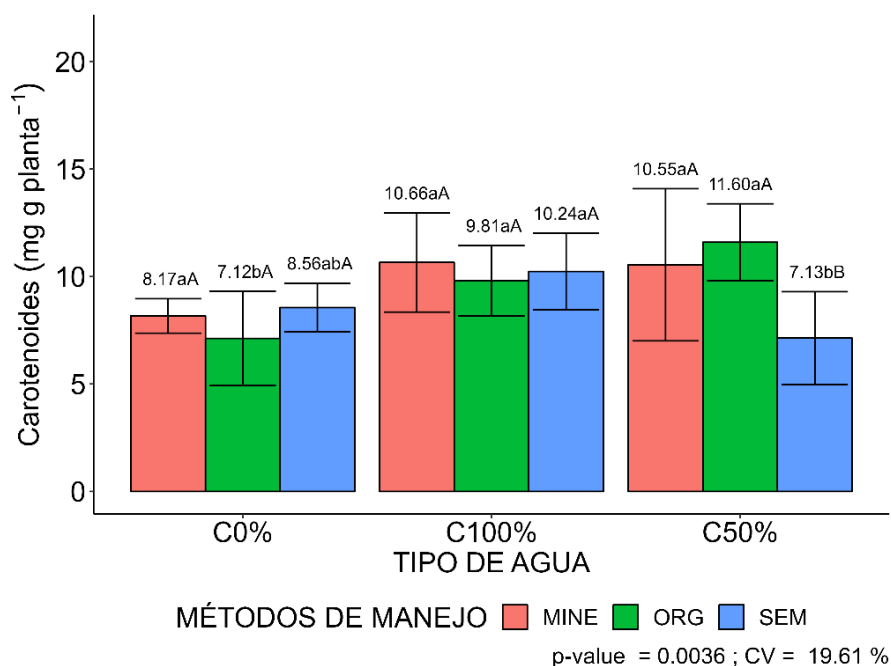


Figura 11. Teores de carotenoides (mg g planta⁻¹) dos cladódios de pitaiia vermelha irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral). Safra 2022/2023 – Mossoró/RN.

Os carotenoides são denominados “pigmentos acessórios”: estando relacionados às moléculas de clorofila e auxiliando na determinação da coloração dos tecidos vegetais, eles expressam grande importância na fotoproteção, reduzindo os danos causados pelo excesso de radiação solar, que promove a excitação das moléculas de clorofila (TAIZ et al., 2017).

Neste trabalho, o comportamento observado nos teores de carotenoides foi semelhante aos encontrados nos teores de clorofila, tanto nas plantas adubadas com composto orgânico quanto nas que receberam adubo mineral, quando irrigadas com as águas nas concentrações C50% e C100%.

De acordo com Nasarudin et al. (2018), a quantidade de carotenoides encontrada nas plantas pode ser influenciada pelo tipo de fertilizante utilizado, pois os nutrientes, principalmente o nitrogênio, agem nos sítios de ação desse pigmento, resultando em benefícios para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os carotenoides formam uma barreira contra a radiação ultravioleta, minimizando os efeitos negativos provocados pelo excesso de luz e extinguindo os estados excitados das moléculas de clorofila, ajudando as células contra a foto-oxidação. Diante disso, é correto afirmar que maiores teores de carotenoides resultam em máxima eficiência fotossintética da planta e, conseqüentemente, máximo rendimento produtivo.

Por outro lado, quando as plantas se encontram em alguma situação adversa (desbalanço nutricional) os teores de carotenoides podem ser reduzidos, comprometendo a capacidade fotossintética, o que torna as plantas mais suscetíveis à ação das espécies reativas de oxigênio (EROs) (RIBEIRO et al., 2014; TAIBI et al., 2016). Na cultura da pitaiá, a redução dos teores de carotenoides pode dar origem a um distúrbio fisiológico conhecido como estresse oxidativo por excesso de radiação solar, que, dependendo da intensidade, se torna um dano irreversível às plantas, daí a importância da disponibilidade de nutrientes por meio de um manejo nutricional adequado.

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) foram influenciados pelos anos de cultivo, sendo analisados de forma individual para cada ano. Observou-se em 2022 (primeiro ano de cultivo) que o tratamento utilizando a água na concentração C50% apresentou médias superiores nos teores de AST (6,63 e 7,00 mg/g tecido) nas plantas que receberam manejo de adubação mineral e orgânico ($p > 0,05$), diferindo estatisticamente das plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$), respectivamente.

No entanto, ao serem irrigadas com água na concentração de C100% os maiores teores de AST foram observados nas plantas adubadas com adubo mineral (9,70 mg/g tecido), apresentando diferença estatística do manejo de adubação orgânica e sem adubação ($p < 0,05$). Utilizando-se o tanto o método de adubação mineral quanto o orgânico, foram observados incrementos de 54,0 e 47,5% nos teores de AST nas plantas irrigadas com água do tipo C100%, respectivamente, diferindo estatisticamente do tipo de água C0% ($p < 0,05$) (Figura 12).

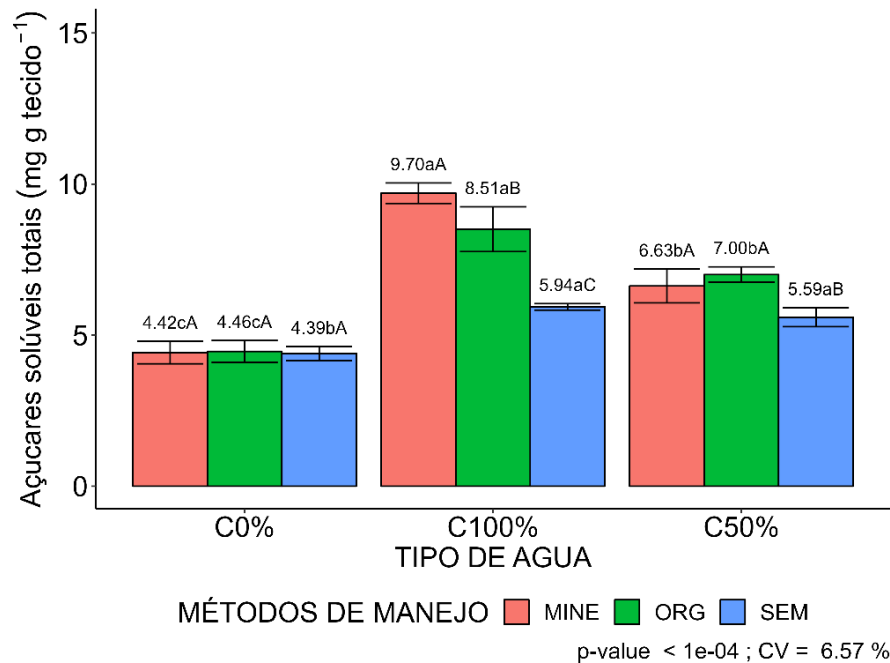


Figura 12. Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitaiá vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se efeito significativo isolado para os fatores analisados: tipo de água e manejo de adubação. As maiores médias de AST foram obtidas nas plantas irrigadas com água C100% (7,76 mg/g tecido), resultando em incrementos de 28,0 e 32,0%, em comparação às plantas irrigadas com as águas de C50% e C0% ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 13).

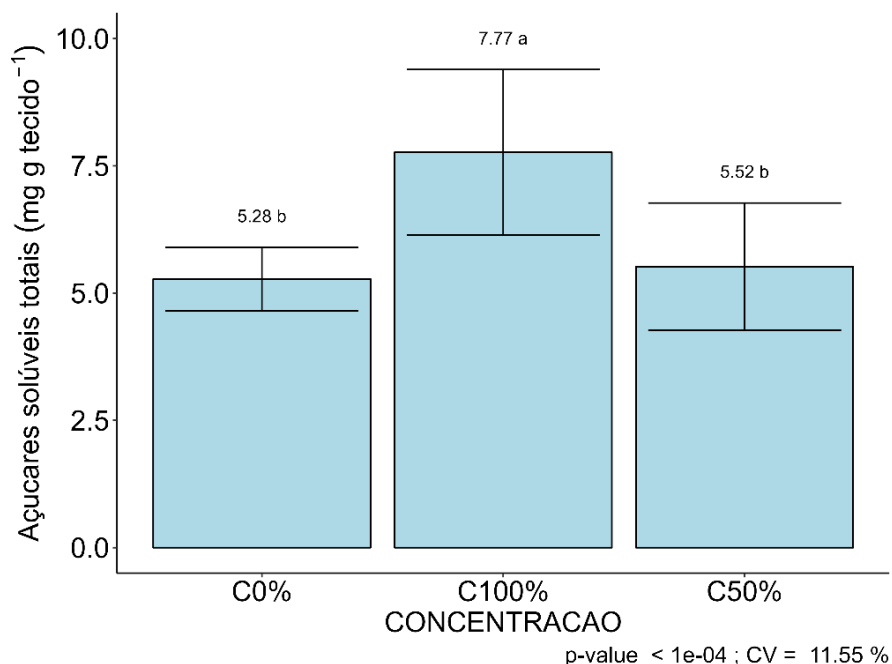


Figura 13. Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitáia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Os métodos de adubação, tanto o mineral quanto o orgânico, apresentaram maiores médias de AST (6,97 e 6,64 mg/g tecido, respectivamente), diferindo estatisticamente das plantas não adubadas ($p < 0,05$). O fornecimento de fontes de nutrientes (mineral e orgânica) gerou aumentos de 29,0 e 25,7%, respectivamente, nos teores de AST no segundo ano de cultivo (Figura 14).

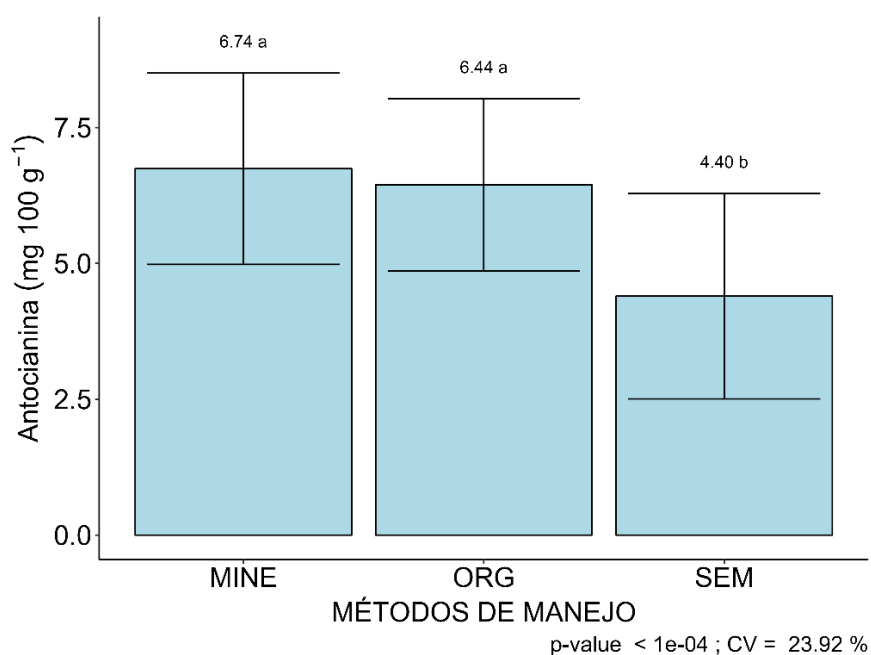


Figura 14. Teores de açúcares solúveis totais (mg/g tecido) dos cladódios de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

O crescimento e desenvolvimento das plantas estão diretamente correlacionados com seu metabolismo, essencialmente com a taxa de fotossíntese e a absorção de nutrientes (TAIZ et al., 2017). Os teores de açúcares totais nas plantas de pitaia deste trabalho foram influenciados positivamente nos dois anos de cultivo (2022 e 2023) quando o manejo de adubação (mineral e orgânico) e irrigação (concentrações da água da piscicultura C50% e C100%) foi administrado de forma adequada.

Plantas que se encontram em um ambiente nutricionalmente favorável tendem a aumentar os teores de açúcares, pois a energia luminosa captada pelos pigmentos fotossintéticos é transformada em energia química com máxima eficiência (ROLLAND et al., 2002). O acúmulo dessas biomoléculas auxilia na estocagem de nutrientes, manutenção do pH celular, desintoxicação de células e proteção de macromoléculas celulares (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Os açúcares totais encontrados nas plantas são classificados em monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos, que por sua vez são divididos em duas classes: os açúcares redutores e não redutores (ROSA et al., 2009). Os açúcares solúveis totais produzidos pelas plantas chegam a representar 60% a 70% dos sólidos solúveis e, em pitaias, estes valores ultrapassam os 80% (DUARTE et al., 2017).

A glicose e frutose são considerados açúcares redutores e são biomoléculas responsáveis pelo sabor doce encontrado nos frutos, motivo da importância de maiores teores de açúcares redutores nas plantas. Na cultura da pitaia vermelha, a glicose apresenta a maior porcentagem em relação aos outros açúcares (WICHIENTHOT et al., 2010; OBENLAND et al., 2016).

Os açúcares produzidos durante a fotossíntese são translocados via floema, o transporte dos fotoassimilados através do sistema vascular vai depender tanto do estágio fenológico da planta quanto do seu estado nutricional, uma vez que plantas com desequilíbrio nutricional comprometem a translocação das substâncias até os frutos (PORTES, 2008).

Além de auxiliar nas características de qualidade dos frutos, os açúcares solúveis desempenham funções como osmoprotetores quando a planta está inserida em um ambiente

que apresenta estresse biótico (KHAN; KHAN, 2014). Outra via de sinalização exercida pelos açúcares solúveis são as respostas imunológicas contra os fatores bióticos, aumentando a imunidade das plantas (MOGHADDAM; DEN ENDE, 2012), daí a importância de manter os teores adequados dessas biomoléculas nos tecidos dos vegetais.

A matéria orgânica liberada na decomposição do composto orgânico libera substâncias húmicas que estabilizam a estrutura física do solo, reduzindo a formação de crosta superficiais, auxiliando na infiltração e respiração das raízes, além de manter o pH na faixa ideal, o que facilita absorção de nutrientes pelas plantas. Esses fatores contribuem positivamente no crescimento vegetativo, resultando em maior eficiência fotossintética e, conseqüentemente, maior produção de açúcares solúveis (CHA-UM; KIRDMANEE, 2011).

Os teores de aminoácidos livres totais apresentaram efeito significativo isolado para os fatores analisados tanto no ano de 2022 quanto no ano de 2023. No primeiro ano de cultivo (2022), os maiores teores de aminoácidos (27,17 ug/tecido) foram observados nas plantas irrigadas com água na concentração C100% da piscicultura, resultando em um incremento de 52,8% quando comparadas com as plantas irrigadas com água de abastecimento ($p < 0,05$) (Figura 15).

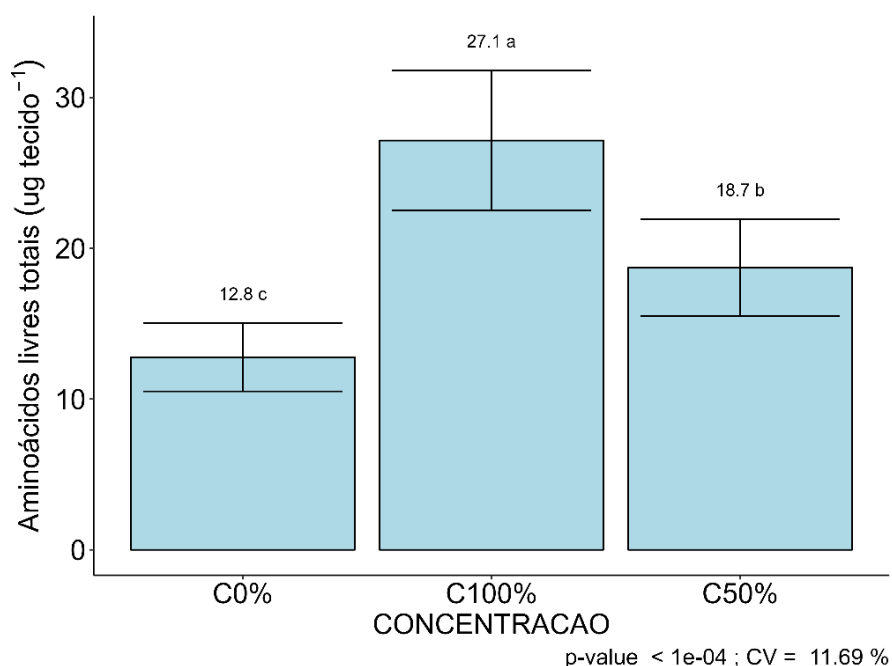


Figura 15. Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaiá vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que os teores de aminoácidos nas plantas de pitiaia vermelha não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$), tendo apresentado as maiores médias (22,06 e 20,36 $\mu\text{g}/\text{tecido}$, respectivamente), diferindo estatisticamente das plantas não adubadas ($p<0,05$) (Figura 16).

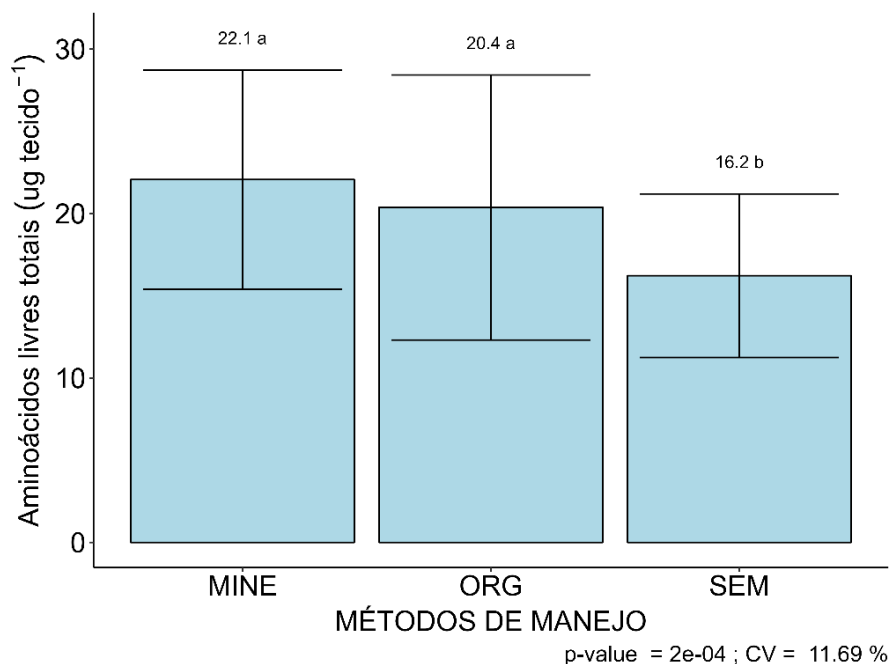


Figura 16. Teores de aminoácidos livres totais ($\mu\text{g}/\text{tecido}$) dos cladódios de pitiaia vermelha no primeiro ano de cultivo (2022) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

No segundo ano de cultivo (2023), a água na concentração C100% apresentou média de 26,10 ($\mu\text{g}/\text{tecico}$) dos teores de aminoácidos, diferindo estatisticamente das águas nas concentrações de C50% e C0% ($p<0,05$) (Figura 17).

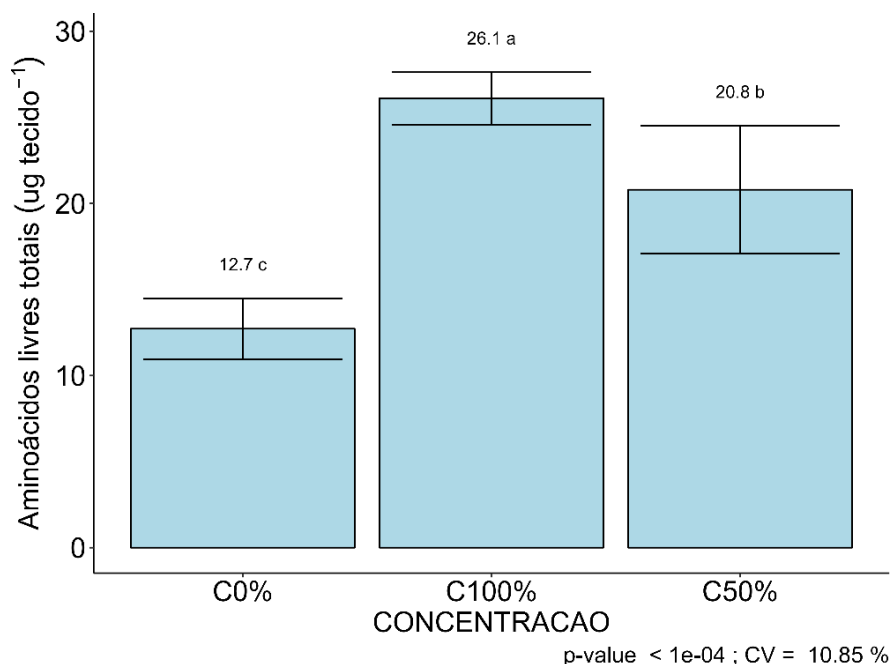


Figura 17. Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Para o manejo de adubação, os maiores teores de aminoácidos foram obtidos nas plantas adubadas com adubo mineral e composto orgânico (21,67 e 19,31 ug/tecido) ($p > 0,05$) (Figura 18).

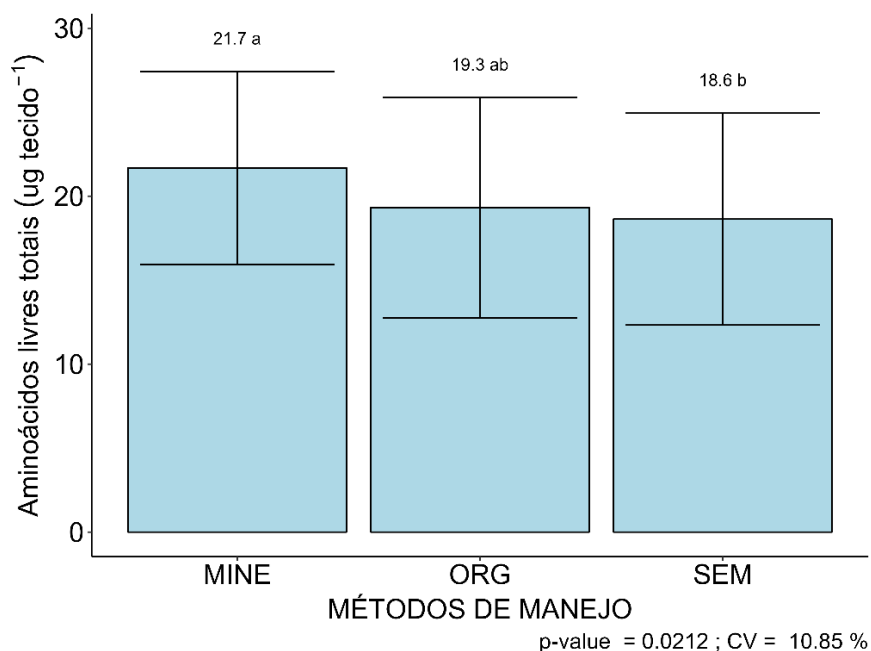


Figura 18. Teores de aminoácidos livres totais (ug/tecido) dos cladódios de pitiaia vermelha no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

Os aminoácidos presentes nas plantas atuam na divisão celular e na produção de alguns hormônios relacionados ao crescimento natural, resultando em incrementos no rendimento produtivo e, conseqüentemente, qualidade dos frutos (KAMAR e OMAR, 1987). De acordo com Abd EL hafez (2011), os aminoácidos agem como bioativadores, pois fornecem energia à planta para suprir as perdas geradas pelos processos de respiração.

Os resultados observados neste trabalho mostram a importância que o fornecimento de nutrientes às plantas exerce sobre substâncias essenciais para o seu metabolismo, uma vez que os maiores teores de aminoácidos nos dois anos de cultivo foram obtidos nas plantas irrigadas com água da piscicultura na concentração C100% e adubadas.

Nos processos bióticos realizados pelas plantas, os aminoácidos exercem papel primordial, razão pela qual são componentes indispensáveis na fase de crescimento e reprodução das plantas, uma vez que auxiliam na capacidade celular das plantas, aumentando a absorção de água e nutrientes, resultando no crescimento vegetativo (SHARMA-NATU; GHILDIYAL, 2005).

A quantidade de aminoácidos varia de uma planta para outra dependendo dos processos metabólicos (ABED, 2007). No caso das plantas de pitiaia do presente trabalho, os teores de aminoácidos foram superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2022) (10,46 ug/tecido) em cladódios de pitiaia vermelha na produção de mudas.

Plantas que apresentam teores adequados de aminoácidos apresentam melhor qualidade de frutos, pois os aminoácidos aumentam a absorção de minerais, promovendo melhorias na eficiência do uso dos nutrientes. Dessa forma, desenvolvem papel essencial como produto quelato para cada um dos elementos ferro, zinco, cobre, magnésio e cálcio. Nesse sentido, esses elementos são absorvidos de forma mais fácil pelas plantas (VERNIERI et al., 2005).

Diante disso, os teores de aminoácidos observados nas plantas de pitiaia deste trabalho mostram que a disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio tanto pela água quanto pela adubação resultou em melhorias nas características físico-químicas dos solos e, conseqüentemente, no estado nutricional das plantas, gerando efeito positivo na capacidade fotossintética, qualidade dos frutos e rendimentos produtivos.

De acordo com Ashmead (1986), os aminoácidos livres atuam também no equilíbrio dos microrganismos presentes no solo, melhorando a decomposição da matéria orgânica, promovendo melhorias na estrutura do solo, além de aumentar a fertilidade. Os aminoácidos são caracterizados como importante fonte de nitrogênio, atuando diretamente no crescimento

da cultura (PERSSON; NÄSHOLM, 2002). Todos esses comportamentos foram observados no presente estudo, pois se observou que as características físico-químicas dos frutos foram favorecidas.

3.2 Teores nutricionais das plantas

Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) dos cladódios de pitaia vermelha foram analisados e apresentaram efeito significativo para os anos, sendo avaliados individualmente (GOMES, 2000).

De acordo com análise conjunta, os teores de nitrogênio encontrados nos cladódios de pitaia vermelha foram influenciados pelos anos de cultivo no momento da poda de produção. Em 2022 (primeiro ano de cultivo), foi observado efeito significativo isolado apenas para o fator tipo de água. Sendo assim, os maiores teores de nitrogênio (N) foram observados nas plantas irrigadas com água de abastecimento (C0%) (12,25 g/kg), diferindo estatisticamente das águas nas concentrações 50% (C50%) e 100% (C100%) ($p < 0,05$) (Figura 19).

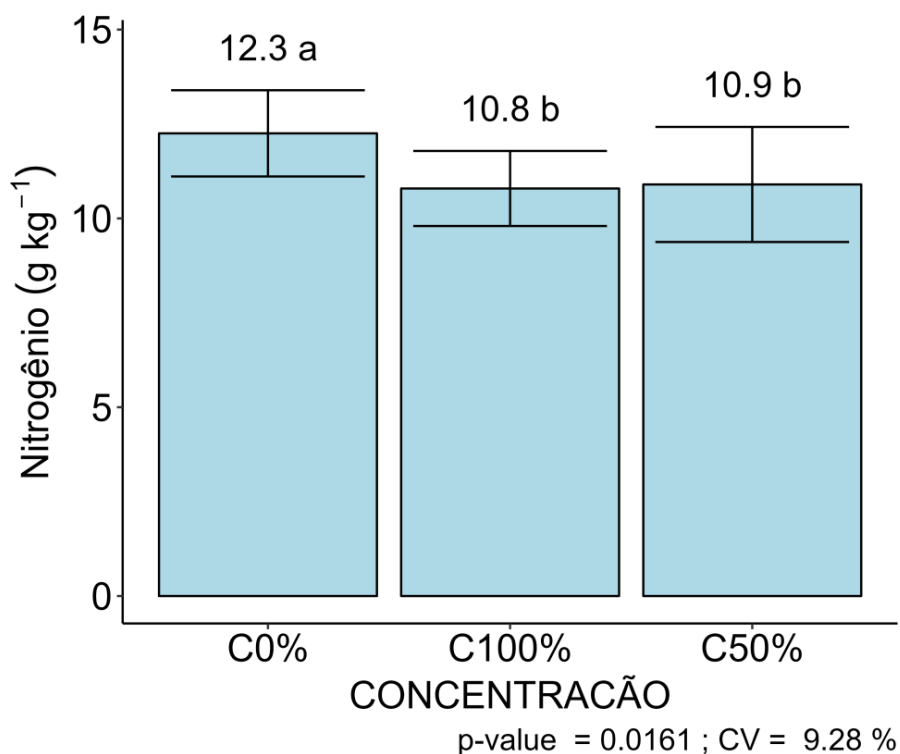


Figura 19. Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

No segundo ano de cultivo (2023), os maiores teores de nitrogênio (N) foram encontrados nas plantas irrigadas com água na concentração C100% da piscicultura (20,59 g/kg), resultando em incrementos de 14,0 e 29,3%, em comparação a plantas irrigadas com as águas nas concentrações 50% (C50%) e abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 20).

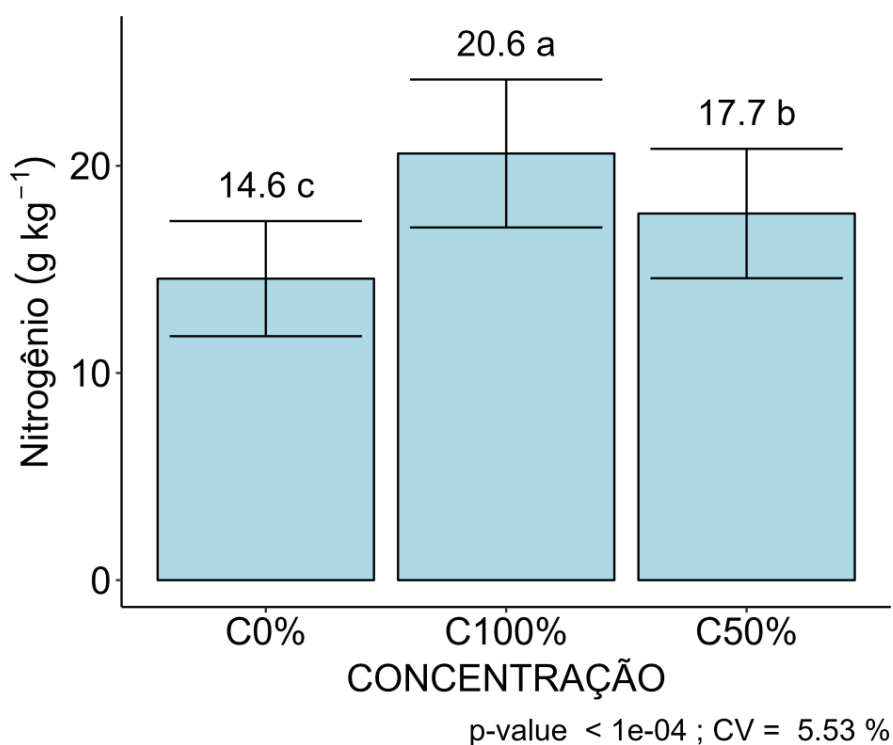


Figura 20. Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Os teores de N foram influenciados, no segundo ano de plantio (2023), pelo método de adubação: as plantas adubadas com adubo mineral apresentaram maiores teores de N (20,67 g/kg), diferindo estatisticamente das plantas adubadas com composto orgânico ($p < 0,05$). (Figura 21).

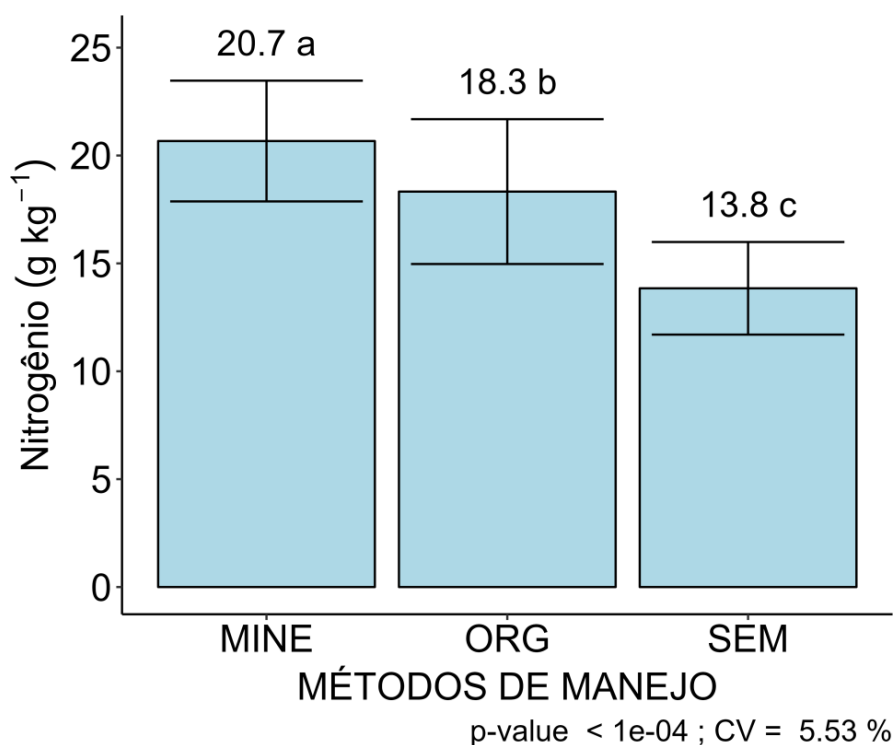


Figura 21. Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejo de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

De acordo com análise conjunta, os teores de nitrogênio encontrados nos cladódios de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos foram influenciados pelos anos de cultivo. Em 2022 (primeiro ano de cultivo), foi observado efeito significativo isolado apenas para o fator tipo de água. Diante disso, os maiores teores de nitrogênio (N) foram encontrados nas plantas irrigadas com água na concentração de 100% da piscicultura (C100%) (15,87 g/kg), diferindo estatisticamente das águas com as concentrações de 50% (C50%) e abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 22).

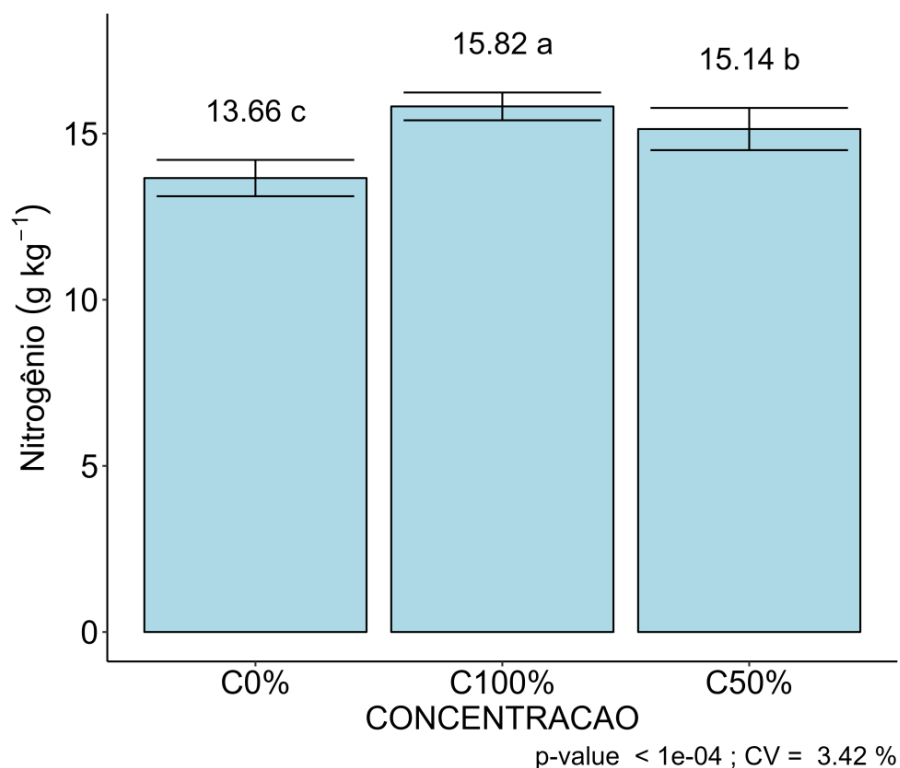


Figura 22. Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se que a água C50% apresentou incrementos de 7,7 e 13,3 % nos teores de nitrogênio das plantas que receberam adubação mineral ($p < 0,05$) em comparação às plantas adubadas com composto orgânico e sem adubação, respectivamente ($p < 0,05$). As plantas irrigadas com água C100% obtiveram maiores teores de N ao receberem tanto adubação mineral quanto adubação orgânica (21,5 e 21,1 g/kg, respectivamente) ($P > 0,05$), diferindo estatisticamente das plantas não adubadas ($p < 0,05$).

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que as plantas irrigadas com água C100% apresentaram os maiores teores de N, resultando em aumentos de 26,0 e 34%, respectivamente, ao serem comparadas com plantas irrigadas com água C0% ($p < 0,05$) (Figura 23).

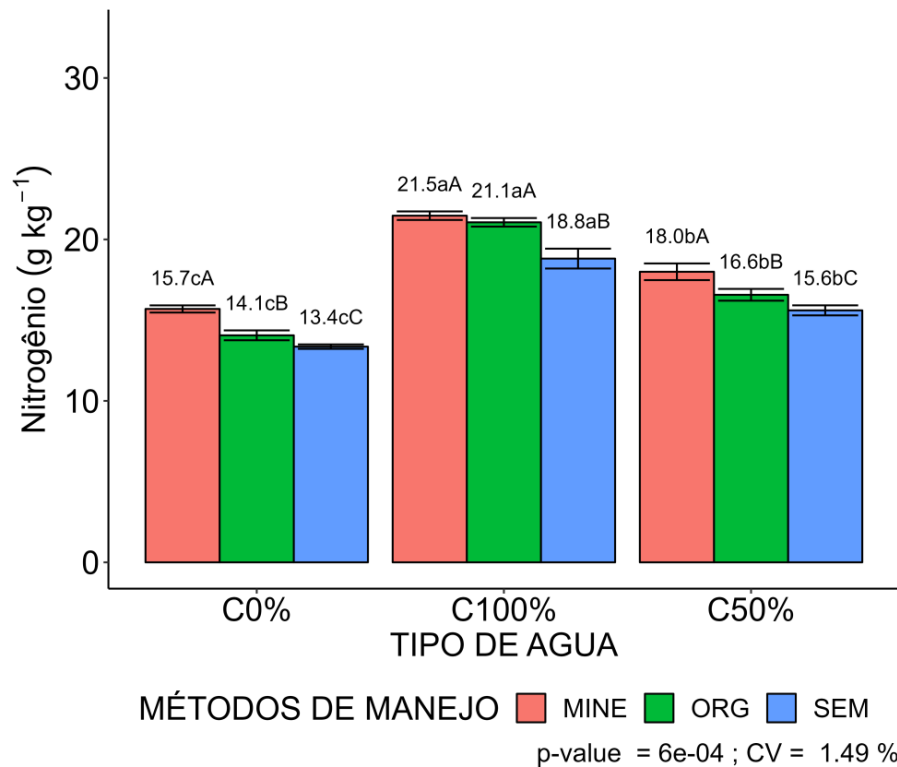


Figura 23. Teores de nitrogênio (N) (g/kg) nas plantas de pitaiia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de nitrogênio encontrados nos cladódios de pitaiia vermelha deste trabalho sofreram influência da época em que plantas foram podadas, ou seja, os teores de N foram menores na poda de produção do primeiro ano de cultivo quando comparados com a mesma poda no cultivo subsequente. Esses resultados estão relacionados ao estado nutricional em que as plantas se encontravam (Figura 21 e Figura 23).

Na poda de produção do segundo ano de cultivo, os maiores teores de nitrogênio nos cladódios foram encontrados nas plantas irrigadas com água da piscicultura na concentração C100% e adubados pelo manejo de adubação mineral com o formulado 16-16-16. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que no segundo ano de cultivo os tratamentos já haviam sido aplicados e observou-se acúmulo de N nos cladódios de um ano para o outro.

A água da piscicultura usada na irrigação das plantas do presente estudo apresenta concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal que podem explicar esses resultados (Apêndice 1), uma vez que o nitrato é a forma preferida de N para absorção pelas plantas (TISCHNER, 2000). A fonte de nitrogênio fornecida para as plantas de pitaiia também foi a forma nítrico e amoniacal por meio do formulado 16-16-16. O nitrogênio é considerado um elemento indispensável nas reações bioquímicas das plantas, pois está diretamente ligado à composição de pigmentos fotossintéticos, enzimas e metabólicos secundários (MILLER; CRAMER, 2008).

Quando disponibilizado para as plantas, o nitrogênio na forma de nitrato apresenta alta mobilidade pelo xilema, sendo armazenado nos vacúolos das raízes, brotos e órgãos de

armazenamento, auxiliando nas taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, favorece os rendimentos produtivos das plantas (LOQUE et al., 2007), afirmação que pode ser comprovada pelos resultados encontrados na variável número de frutos por planta do presente estudo (CAP. II, Figura 11).

O nitrogênio é o terceiro macronutriente mais exigido pelas espécies de pitaia, pois N atua diretamente na produção de nova brotação e fortalecimento do sistema radicular, tornando-se, portanto, indispensável o fornecimento de N na fase de desenvolvimento vegetativo (LUDERS; MCMAHON, 2006).

Trabalhos desenvolvidos com cultura da pitaia mostraram que a disponibilidade limitada de nitrogênio para as plantas pode influenciar negativamente a produção de massa seca dos cladódios, emissão de novos cladódios e comprimento dos cladódios, resultando em baixa porcentagem de crescimento e, conseqüentemente, perdas nas características física dos frutos e produtividade da área (ALMEIDA et al., 2014; ALVES et al., 2021). Essas observações corroboram os resultados de produtividade e massa dos frutos encontrados nas plantas que não foram adubadas do presente estudo (CAP. II, Figura 12 e Figura 13). De acordo com Alves et al. (2021), a fertilização com N aumentou a produtividade, a qualidade das frutas e o teor de nitrogênio nos cladódios de três espécies de pitaia, *Hylocereus undatus*, *Hylocereus polyrhizus* e *Selenicereus megalanthus*.

Na poda de produção, os teores de fósforo (P) no primeiro ano de cultivo (2022) foram maiores nas plantas irrigadas com água C50% quando receberam tanto adubação orgânica quanto adubação mineral (2,07 e 1,97 g/kg, respectivamente) ($p>0,05$). Ao serem irrigadas com água C100%, observou-se que não houve diferença estatística nos teores de (P) entre as plantas adubadas de forma mineral, orgânica e sem adubação (1,94, 1,92 e 2,10 g/kg), respectivamente ($p>0,05$).

As plantas adubadas com adubo mineral apresentaram os maiores teores de P quando foram irrigadas com água C0% e C50%, ($p>0,05$), resultando em aumentos de 10,1 e 1,5%, respectivamente, nos teores de P, quando comparadas com as plantas irrigadas com água de C 100%, ($p<0,05$). As plantas que não foram adubadas apresentaram maiores teores de P ao serem irrigadas com água de C100%, resultando em incrementos de 15,2 e 7,6%, em comparação com as plantas irrigadas com água de C50% e C0% ($p<0,05$) (Figura 24).

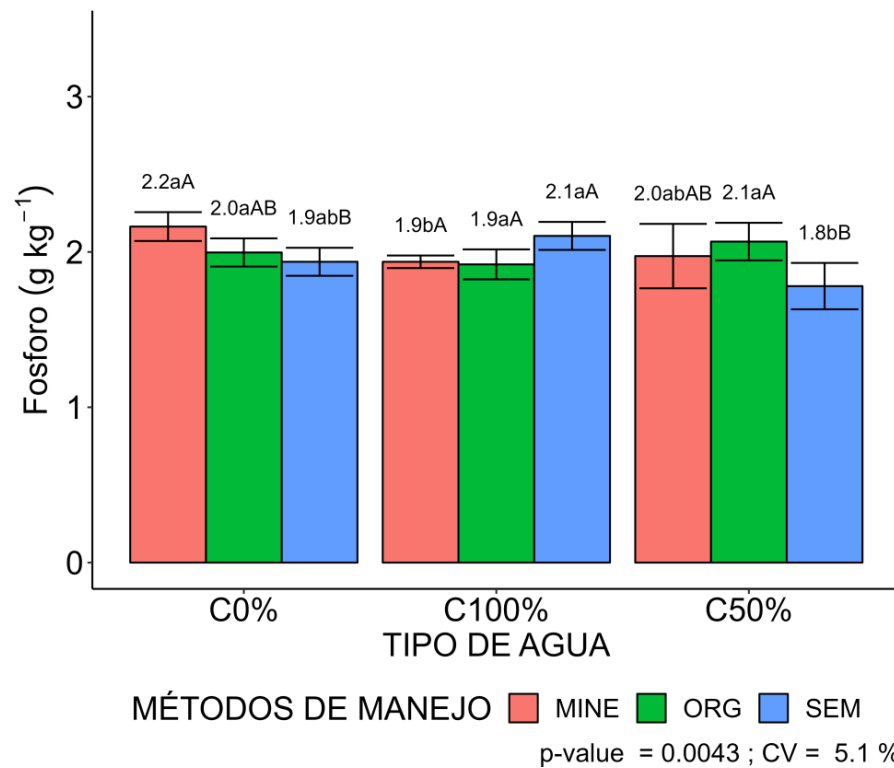


Figura 24. Teores de fósforo (g/kg) nas plantas de pitáia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Para o segundo ano de cultivo (2023), observou-se que as plantas irrigadas com água de C50% apresentaram maiores teores de P quando adubadas com adubo mineral (3,34 g/kg), diferindo estatisticamente das plantas que receberam composto orgânico e sem adubação ($p < 0,05$).

As plantas irrigadas com água de C100% obtiveram maiores teores de (P) ao serem adubadas tanto de forma mineral quanto de forma orgânica, iguais estatisticamente ($p > 0,05$), resultando em incrementos de 38,1 e 34,9%, respectivamente, em comparação com as plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$).

Adotando-se os métodos de adubação mineral e/ou orgânico ou sem adubação, observou-se que as plantas irrigadas com o tipo de água C100% apresentaram maiores teores de P (3,88, 3,6 e 2,40 g/kg, respectivamente) ($p > 0,05$), diferindo estatisticamente da água de C50% e C0% ($p < 0,05$) (Figura 25).

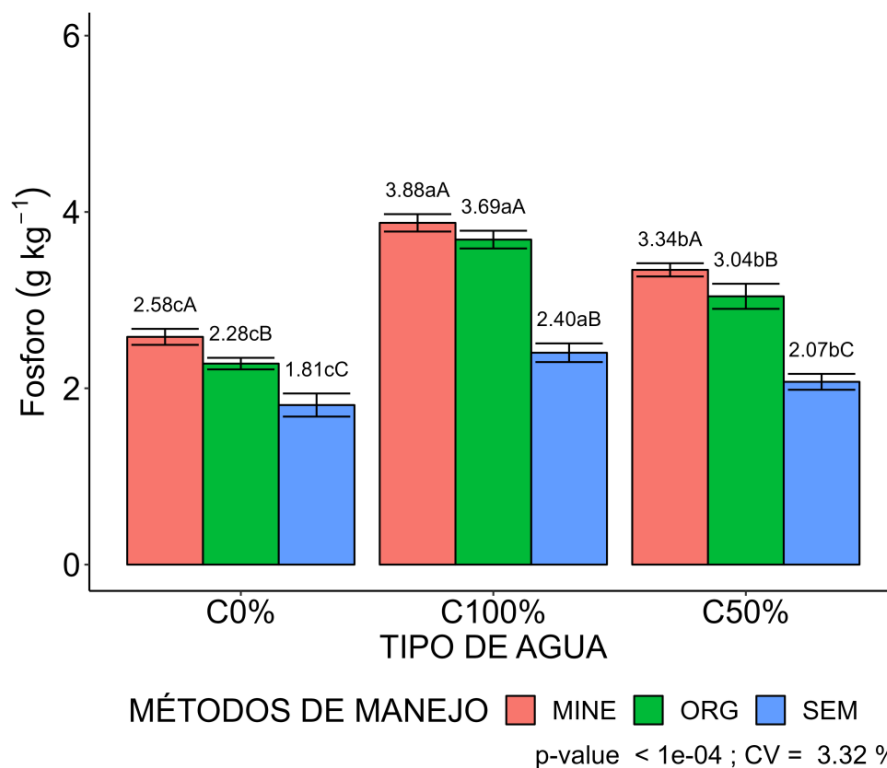


Figura 25. Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaiia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No momento da colheita dos frutos, os teores de fósforo (P) no primeiro ano de cultivo (2022) foram maiores tanto nas plantas irrigadas com água na concentração C50% (3,83 e 3,81 g/kg) quanto com água na concentração C100% (4,54 e 4,18 g/kg) ao receberem adubação orgânica e mineral, respectivamente ($p > 0,05$).

O método de adubação mineral proporcionou incrementos de 15,6 e 31,7% nos teores de P nas plantas irrigadas com água C100%, em comparação com as plantas adubadas com composto orgânico e sem adubação ($p < 0,05$), respectivamente. Adotando-se o método nutricional orgânico ou sem adubação, observou-se que os teores de P foram favorecidos quando as plantas foram irrigadas tanto com água C50% quanto com água C100% ($p > 0,05$), diferindo estatisticamente da água C0% ($p < 0,05$) (Figura 26).

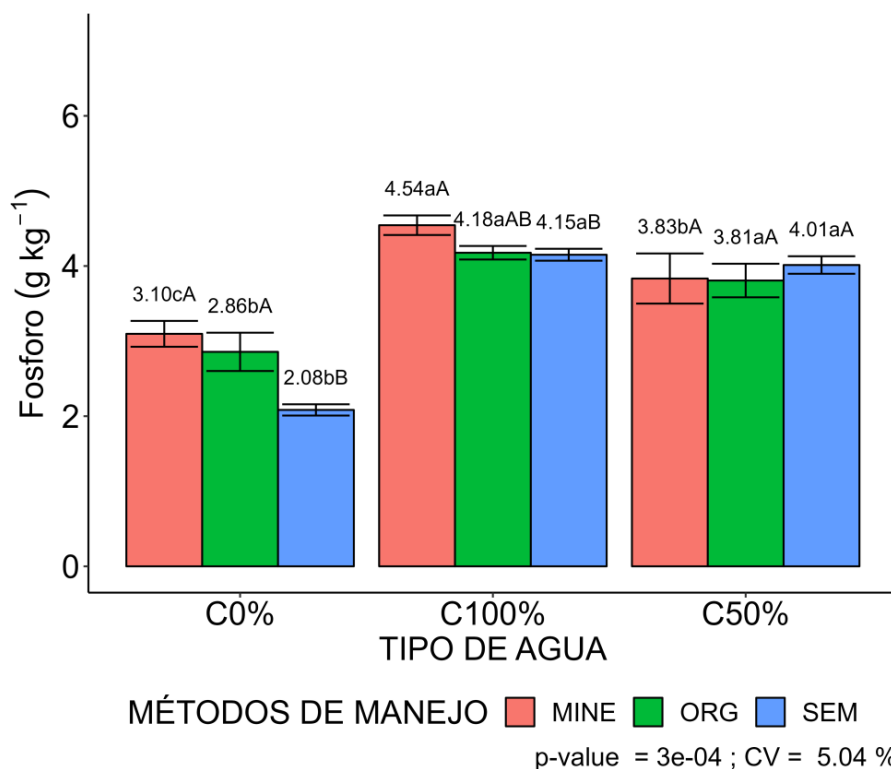


Figura 26. Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se que a água na concentração C50% apresentou incrementos de 3,3 e 8,2% nos teores de (P) nas plantas que receberam adubação mineral em comparação com plantas adubadas com composto orgânico ou sem adubação, ($p < 0,05$), respectivamente. Comportamento semelhante foi observado nas plantas irrigadas com água na concentração C100%, no entanto os incrementos foram de 6,9 e 24,6% aplicando-se adubação mineral quando comparados, respectivamente, com o método de adubação orgânico e sem adubação ($p < 0,05$).

Utilizando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que as plantas irrigadas com água C100% apresentaram os maiores teores de (P) (6,21 g/kg e 5,78 g/kg), respectivamente, diferindo estatisticamente da água C0%, ($p < 0,05$) (Figura 27).

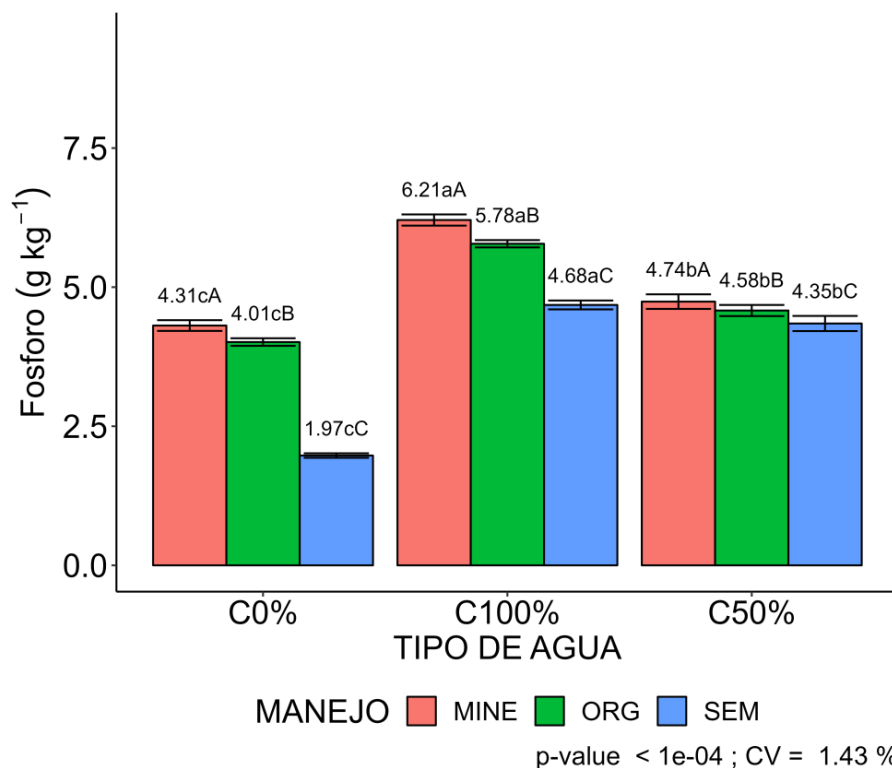


Figura 27. Teores de fósforo (P) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de fósforo foram influenciados nos dois anos de cultivos em ambos os estádios fisiológicos das plantas, poda de produção e momento da colheita. As plantas adubadas tanto com o formulado 16-16-16 quanto com composto orgânico apresentaram maiores conteúdos de P nos cladódios ao serem irrigadas com água da piscicultura.

O fósforo é disponibilizado para as plantas na forma inorgânica (Pi) e possui velocidade de liberação lenta, além de sua disponibilidade na solução do solo depender diretamente do pH do meio, ou seja, solos que apresentam pH acima de 7,0 tendem a reduzir a absorção de P pelas raízes das plantas (ULLRICH-EBERIUS et al., 1984). De acordo com os resultados das análises de solo realizadas nos dois anos de cultivo do presente estudo (Tabela 1), o pH do meio favoreceu a absorção de P pelas plantas de pitaia, o que explica os teores encontrados nos cladódios.

O fósforo auxilia diretamente na condutância estomática dos órgãos vegetativos responsáveis pela captura de energia luminosa. No caso da pitaia, os cladódios, motivo pelo qual a taxa fotossintética das plantas é reduzida de acordo com a deficiência de P, pois ocorre a diminuição da concentração intercelular de CO₂ (POIRIER et al., 1991), interferindo nas características físicas dos frutos e rendimento produtivo das plantas, como observado no presente estudo.

De acordo com Moreira et al. (2016) e Lima et al. (2019), a cultura da pitaia apresenta baixos teores de P na parte área das plantas. Moreira et al. (2020) observaram que a aplicação

de 180 mg de P_2O_5 por dm^3 de solo promoveu o maior crescimento e proporcionou níveis adequados de nutrientes nos cladódios da pitáia vermelha. Respostas semelhantes foram obtidas por Vieira (2021) ao analisar o efeito da calagem no cultivo de pitáia vermelha em região tropical. Lima et al. (2019) e Rabelo et al. (2020) reforçam nos seus trabalhos a importância do fornecimento de P para o desenvolvimento das plantas das plantas de pitáia, pois favorece a formação do sistema radicular na fase inicial do crescimento e durante a fase reprodutiva auxilia na qualidade dos frutos.

A estrutura e morfologia das raízes são fatores que influenciam na taxa de absorção de P, sendo que plantas que apresentam sistema radicular com proporções mais altas de área superficial conseguem maximizar a porcentagem de absorção P (LYNCH, 1995). Essa informação confirma os resultados encontrados neste trabalho, uma vez que as plantas de pitáia apresentam sistema radicular superficial, característica morfológica que contribui para facilitar a absorção de P e explicar os teores observados nos cladódios.

A absorção de P disponível no solo é influenciada pela atividade de microrganismos no solo. De acordo com Smith; Read (1997), as micorrizas podem favorecer a absorção de P, pois essa associação resulta em um incremento no sistema radicular das plantas, aumentando a área de exploração pelas raízes. Esse tipo de comportamento foi observado neste estudo, já que a decomposição do composto orgânico usado na adubação auxiliou na microbiologia do solo, gerando aumento das atividades dos microrganismos, favorecendo a aquisição de P pelas plantas de pitáia. Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2015), que obtiveram maiores teores de P nos cladódios que foram adubados com fonte de matéria orgânica ($4,6 \text{ g kg}^{-1}$) em comparação ao tratamento controle (Sem adubação) ($2,7 \text{ g kg}^{-1}$).

Os teores de potássio (K) na poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) apresentaram diferença estatística apenas nas plantas irrigadas com água de abastecimento (C0%) e adubadas com composto orgânico ($22,9 \text{ g/kg}$), resultando no aumento de 19,0% quando comparadas tanto com água C50% quanto com água C100% ($p < 0,05$) (Figura 28).

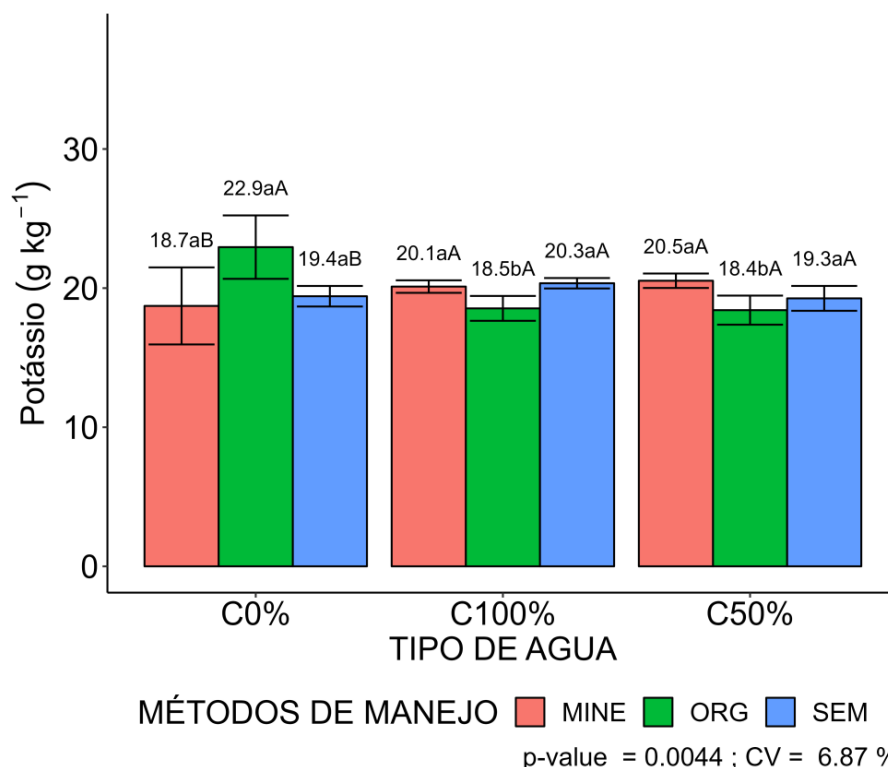


Figura 28. Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), os fatores tipo de água e manejo de adubação apresentaram efeito significativo isolado para os teores de K. Dessa forma, observou-se que os maiores teores de K foram obtidos nas plantas irrigadas com água na concentração de 100% (C100%) (39,10 g/kg) ($p < 0,05$), resultando em incrementos de 9,2 e 32,2% quando comparadas com plantas irrigadas com água de C50% e C0% ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 29).

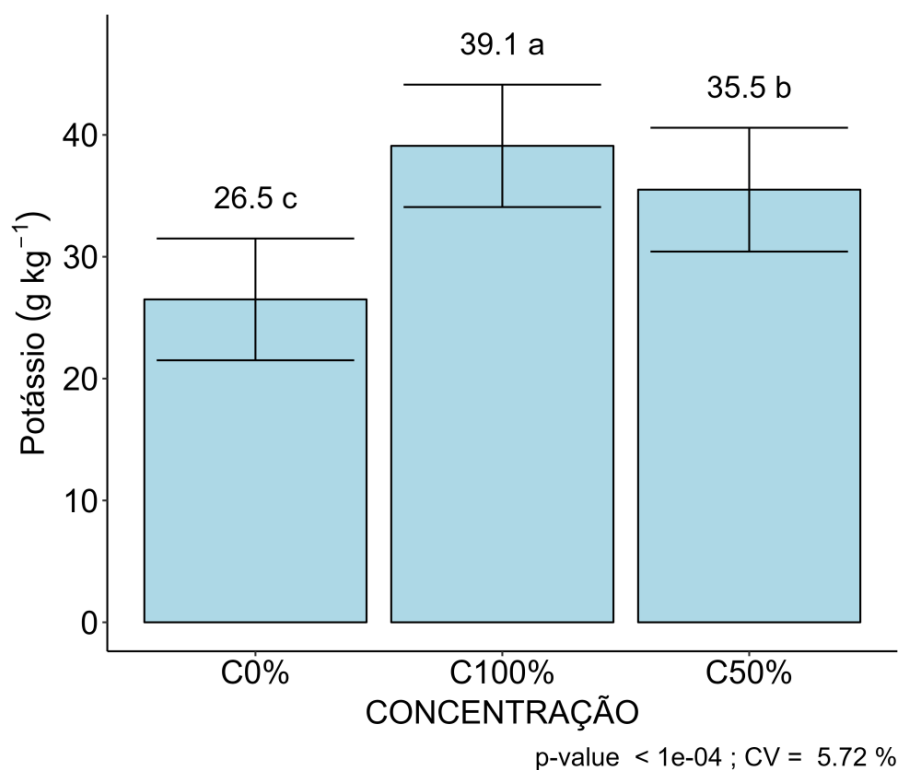


Figura 29. Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

As plantas adubadas tanto com adubo mineral quanto com composto orgânico apresentaram os maiores teores de K (37,38 e 36,24 g/kg, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$) e promovendo aumentos de 26,4 e 24,1%, respectivamente, nos teores de K em comparação com plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$) (Figura 30).

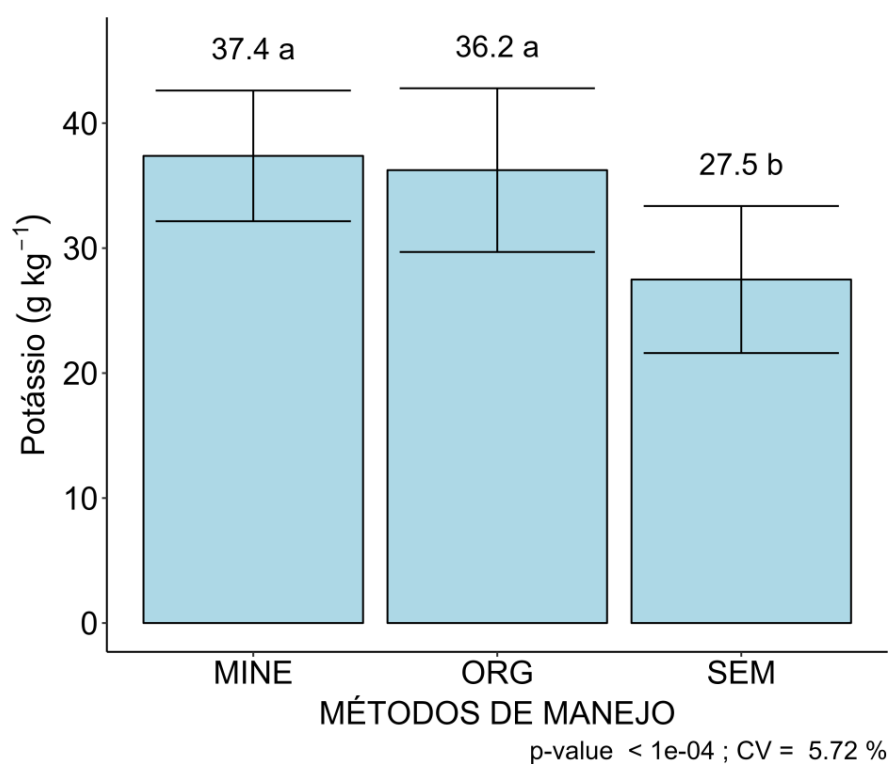


Figura 30. Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando métodos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

Para os teores de potássio (K) no momento da colheita no primeiro ano de cultivo (2022), foi observado efeito significativo isolado para o fator tipo de água. As plantas irrigadas com água na concentração 100% da piscicultura (C100%) apresentaram maiores teores de potássio (K) nos cladódios (36,87 k/kg), diferindo estatisticamente das águas nas concentrações C50% e C0% ($p < 0,05$) (Figura 31).

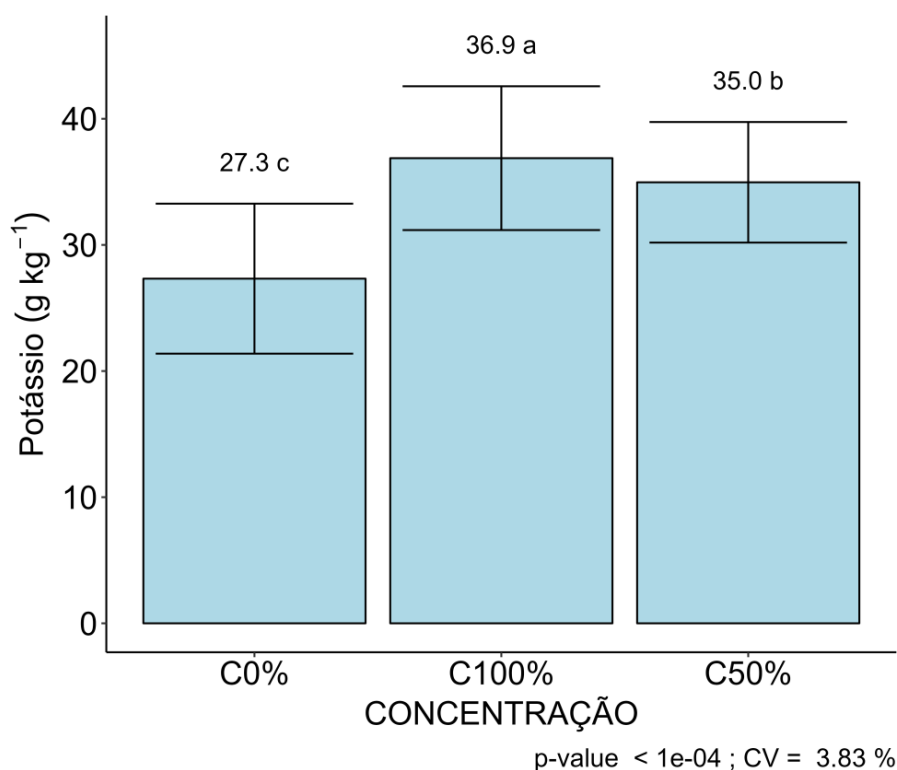


Figura 31. Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

No segundo ano de cultivo (2023), as plantas irrigadas com as águas nas concentrações C100% e C50% apresentaram os maiores teores de potássio (K) quando receberam adubação mineral (39,1 e 50,1 g/kg, respectivamente) ($p > 0,05$), diferindo estatisticamente tanto das plantas adubadas com composto orgânico quanto das não adubadas ($p < 0,05$).

Adotando-se os métodos nutricionais (mineral e orgânico) ou sem adubação, observou-se que as plantas irrigadas com água C100% apresentaram os maiores teores de (K), promovendo incrementos de 34,9%, 28,4% e 40,5%, respectivamente, em comparação às irrigadas com água C0% ($p < 0,05$) (Figura 32).

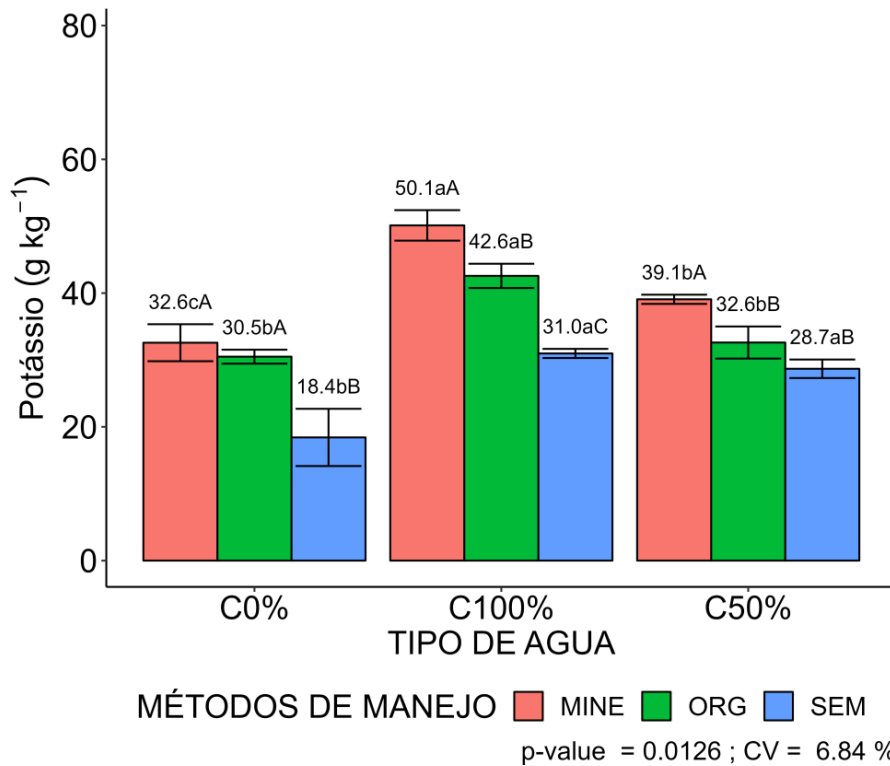


Figura 32. Teores de potássio (K) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de potássio (K) encontrados nos cladódios do presente estudo foram influenciados pelo estágio fenológico em que a planta se encontrava (poda de produção e colheita), sendo observado aumento dos teores de K entre o primeiro e segundo ano de cultivo. Observou-se que tanto a água utilizada na irrigação (C50% e C100%) quanto o método de adubação (mineral e orgânica) favoreceram a absorção e o acúmulo de K pelas plantas de pitaia. O potássio é o segundo macronutriente mais requerido pelos vegetais, pois influencia diretamente nos processos fisiológicos das plantas (BRITO; KRONZUCKER, 2008), sendo considerado um nutriente sinalizador dos estresses abióticos aos quais as plantas estão submetidas, apresentando diversas funções metabólicas, como controle no processo de abertura e fechamento dos estômatos, respiração celular, sendo também ativador enzimático dos processos nos quais ocorrem a síntese e degradação de compostos orgânicos (AMTMANN et al., 2008).

No processo fotossintético, K é considerado um nutriente indispensável, pois auxilia

na translocação dos carboidratos gerados na fotossíntese, se refletindo diretamente no desenvolvimento das plantas (GERARDEAUX et al., 2010). De acordo com resultados observados no presente estudo, tanto o desenvolvimento das plantas de pitaiá quanto a qualidade dos frutos foram beneficiados pela disponibilidade de K, como observado no comprimento, diâmetro dos frutos e sólidos solúveis (Figura 14 e Figura 32), respectivamente.

Na cultura da pitaiá, K é considerado o macronutriente com maiores demandas dentro das espécies (RABELO et al., 2020). Plantas cultivadas em solos deficientes em K apresentam redução da taxa fotossintética, pois ocorre desequilíbrio da regulação estomática, interferindo na concentração de CO₂ e, conseqüentemente, alterando o transporte de açúcares e carboidratos produzidos pela fotossíntese para os frutos (MALAVOLTA, 2006), gerando frutos com características físico-químicas indesejáveis.

No presente estudo, foi observado que os frutos das plantas não adubadas apresentaram qualidade inferior ao serem comparados com os frutos das plantas adubadas.

De acordo com Rabelo et al. (2020), o potássio é o nutriente que mais que apresenta influência positiva na qualidade dos frutos de pitaiá, por isso a importância de um manejo de adubação equilíbrio com fontes de K, principalmente ao fim de cada ciclo de produção, já que com a colheita dos frutos altas quantidades de K são removidas.

Os adubos utilizados no presente estudo (16-16-16 e composto orgânico) foram eficientes fontes de K para as plantas de pitaias, tendo melhorado a qualidade físico-química dos frutos e bioquímica das plantas. Almeida et al. (2014) encontraram resultados semelhantes quando testaram doses de nitrogênio e potássio no crescimento inicial de *Hylocereus undatus*. De acordo com Fernandes et al. (2018), a adubação potássica aumentou a produção e proporcionou melhor qualidade dos frutos da pitaiá.

Na poda de produção, para os teores de sódio (Na), no primeiro ano de cultivo (2022) observou-se que as plantas irrigadas com os tipos de água nas concentrações de 50% (C50%), 100% (C100%) e abastecimento (C0%), ao serem adubadas com adubo mineral, composto orgânico ou sem adubação não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Quando não se utilizou método da adubação, os maiores teores de Na foram observados nas plantas irrigadas com as águas C100% e C100% (5,34 e 4,86 g/kg, respectivamente) ($p>0,05$) (Figura 33).

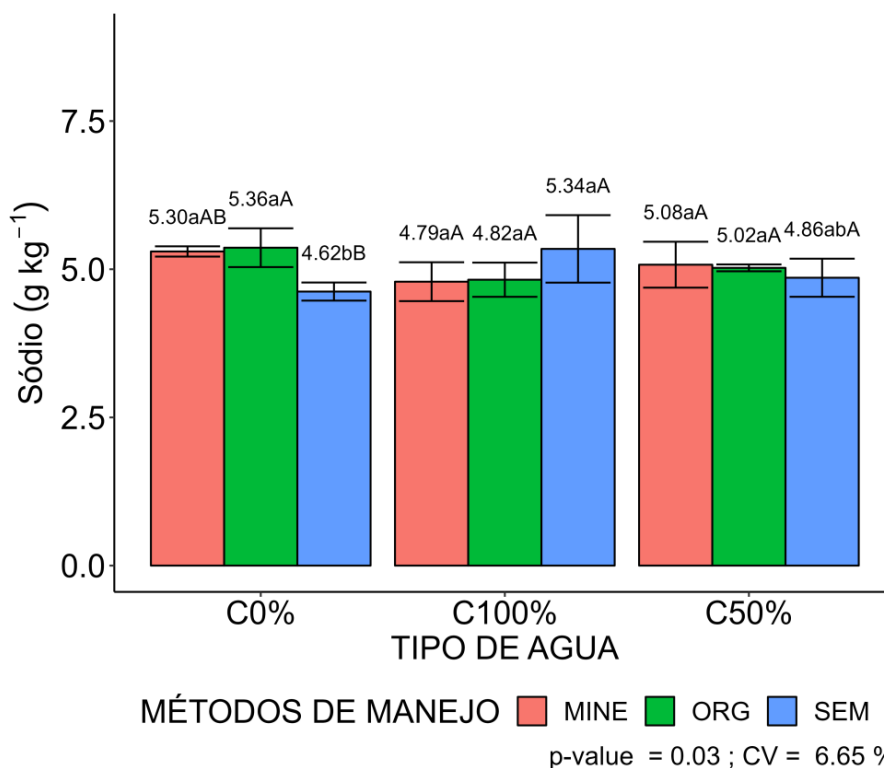


Figura 33. Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaiia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Para os teores de Na no segundo ano de cultivo (2023), os fatores analisados apresentaram efeito significativo isolado. Para o tipo de água, foram observados maiores teores de Na nas plantas irrigadas tanto com água na concentração C50% quanto na concentração C100% (6,51 e 6,14 g/kg), respectivamente ($p>0,05$) (Figura 34).

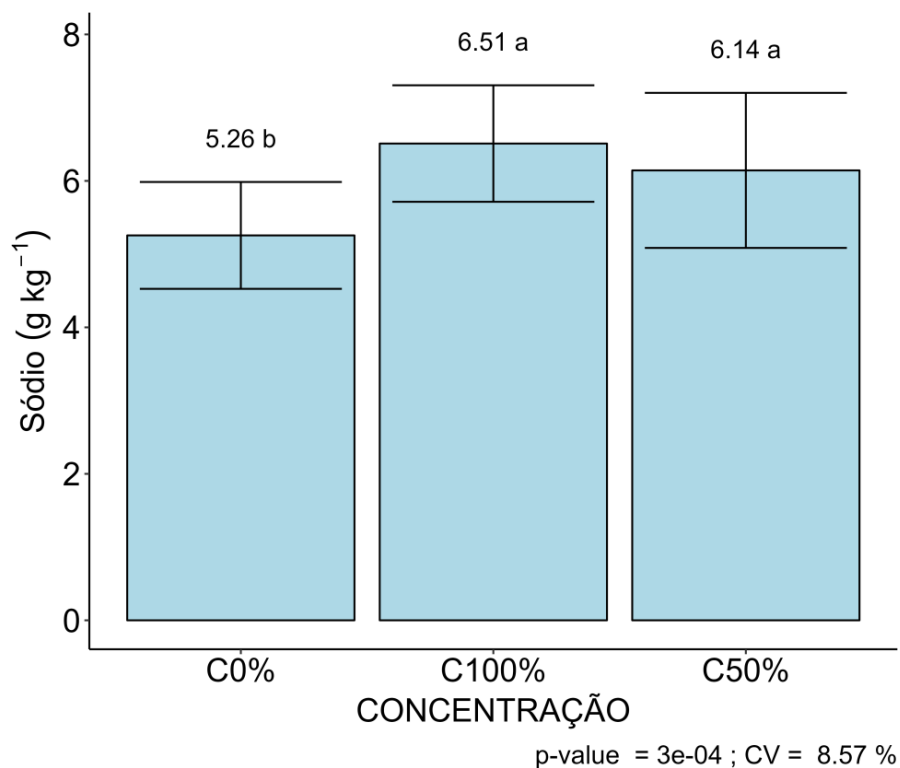


Figura 34. Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

As plantas adubadas tanto com adubação mineral quanto com adubação orgânica apresentaram os maiores teores de Na (6,56 e 6,29 g/kg, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$) (Figura 35).

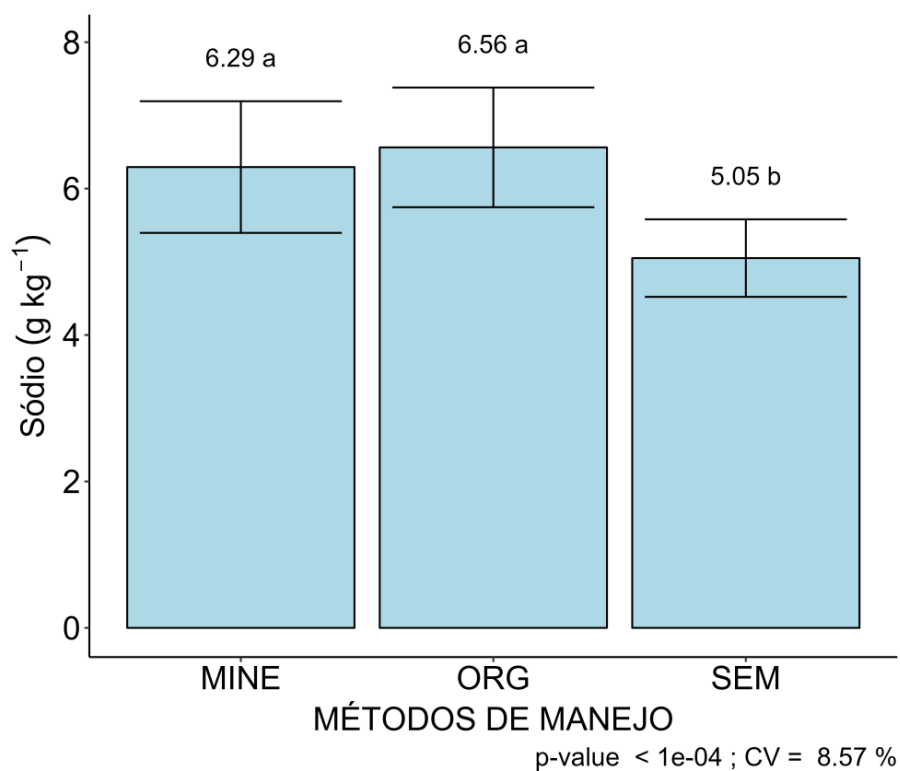


Figura 35. Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaiá vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando manejos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

No primeiro ciclo de cultivo (2022), foram observados maiores teores de sódio (Na) no momento da colheita dos frutos nas plantas irrigadas com a água C50% e adubadas com composto orgânico (8,53 g/kg), havendo diferença estatística do manejo de adubação mineral e sem adubação ($p < 0,05$). Por sua vez, as plantas irrigadas com água C100% apresentaram aumentos de 31 e 29,6%, respectivamente, nos teores de Na ao receberem adubação mineral e orgânica ($p > 0,05$), quando comparadas com as plantas sem adubação ($p < 0,05$).

Aplicando-se adubo mineral, observou-se que o tipo de água C100% apresentou maiores teores de Na (8,70 g/kg), diferindo estatisticamente dos tipos de água C50% e C0% ($p < 0,05$). Todavia, o manejo nutricional orgânico apresentou os maiores teores de Na quando as plantas foram irrigadas tanto com água de C50% quanto com água de C100%, (8,53 g/kg) não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$) (Figura 36).

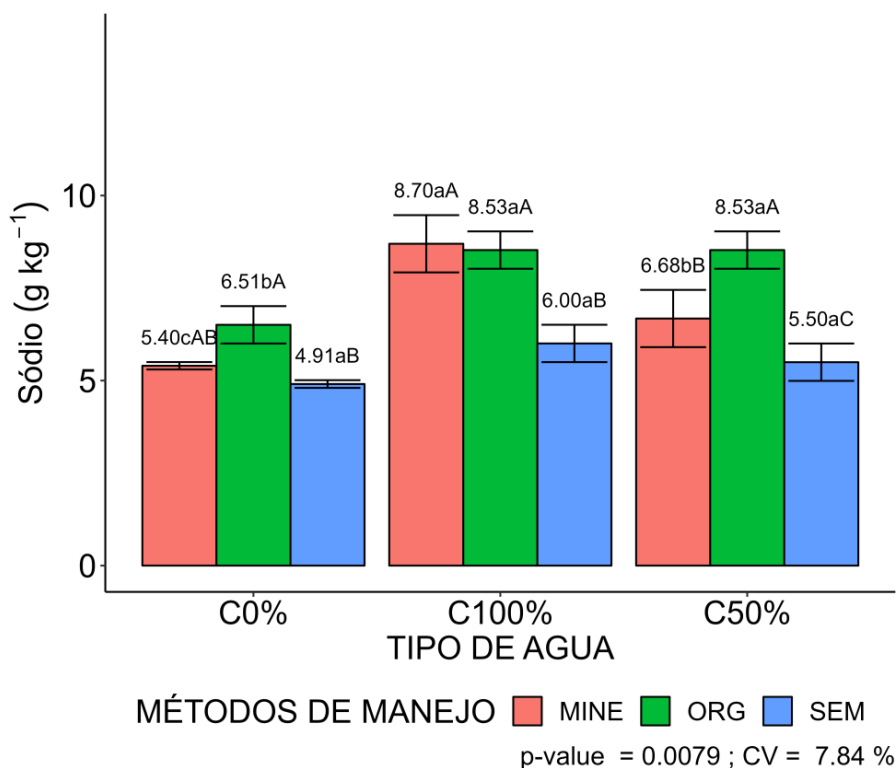


Figura 36. Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaiá vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de (Na) no segundo ciclo de cultivo (2023) foram maiores nas plantas irrigadas com água C50% quando adubadas com composto orgânico, apresentando aumentos de 11,2 e 37,5% em comparação com adubação mineral e sem adubação ($p < 0,05$), respectivamente. Por outro lado, as plantas irrigadas com água C100% apresentaram maiores teores de Na, 8,76 e 9,62 g/kg, ao receberem adubação mineral e orgânica, respectivamente, diferindo estatisticamente das plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$).

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que o tipo de água C100%, apresentou os maiores teores de (Na), resultando em incrementos de 35,0 e 14,8%, respectivamente, em comparação com a água de abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 37).

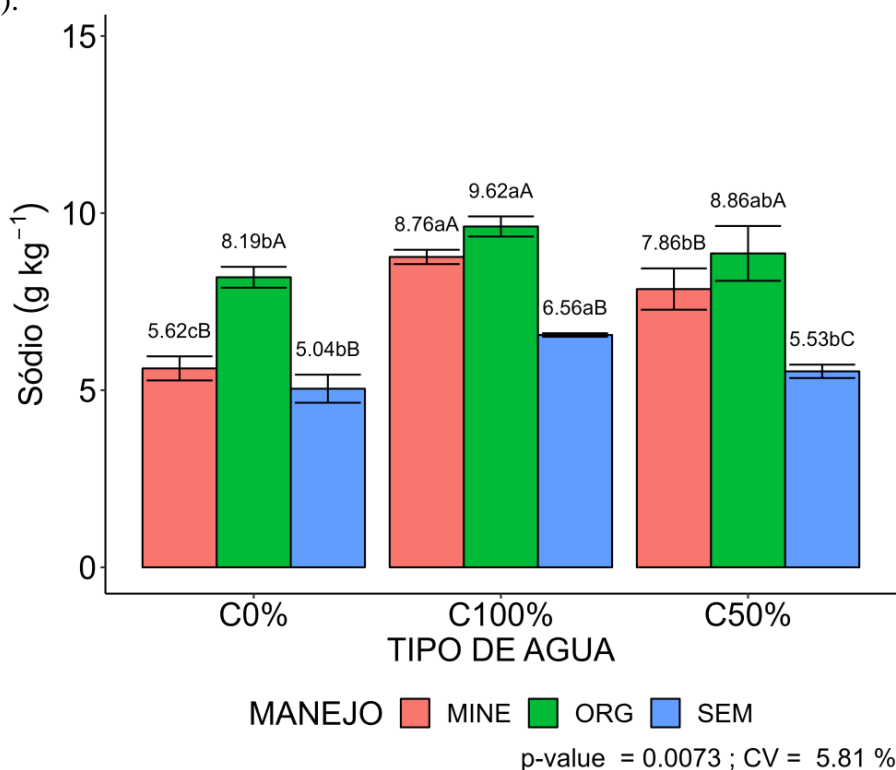


Figura 37. Teores de sódio (Na) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de sódio nos cladódios de pitaia sofreram influência entre os anos de cultivo (2022 e 2023) tanto pela qualidade da água usada na irrigação das plantas (C50% e C100%) quanto pelas fontes de nutrientes (16-16-16 e composto orgânico).

O sódio para a maioria dos vegetais não é visto como um nutriente essencial, porém, quando presente em baixas concentrações, Na^+ complementa a nutrição em solos que apresentam baixos teores de K^+ , o que é possível porque tanto o Na^+ quanto K^+ apresentam estruturas químicas semelhantes. Nesse sentido, Na^+ apresenta papel importante em algumas funções metabólicas nas células (AMTMANN; SANDERS, 1998). Esse comportamento resulta em uma estratégia adotada por muitos produtores no intuito de minimizar a dependência de fertilizantes à base de K^+ , uma vez que os custos de produção são mais elevados devido aos altos valores desses adubos (LINDHAUER; DE FEKETE, 1990).

A absorção de Na^+ presente no solo pelas raízes das plantas beneficia o processo de fitorremediação dos solos considerados moderadamente salinos (SUBBARAO et al., 2003). Essa afirmação corrobora os resultados da análise de solo realizada no presente estudo antes e depois da aplicação dos tratamentos; pelos resultados, é possível observar uma diminuição dos teores de Na^+ no solo entre primeiro e segundo ano de cultivo (Tabela 1).

Esse comportamento pode ser explicado de duas maneiras, a primeira está relacionada com a fonte de matéria orgânica disponibilizada para as plantas, no caso deste trabalho, o composto orgânico. A matéria orgânica que é fornecida pelo composto orgânico beneficia as características físicas do solo, melhorando a textura e aumentando o espaço poroso, além de liberar substâncias húmicas que mantêm o pH do solo na faixa ideal, facilitando a absorção de nutriente, o que favorece o crescimento e rendimento produtivo das plantas em ambientes com elevados teores de Na^+ (BARROS; LIBERALINO, 2008).

A segunda hipótese é de que as plantas de pitaiá vermelha deste trabalho absorveram o Na^+ presente no solo e o converteram em elemento benéfico na qualidade dos frutos, como podemos observar nos teores de acidez titulável (CAP II, Figura 35).

O sódio, quando absorvido pelas plantas em quantidades adequadas, favorece as características organolépticas dos frutos, principalmente no sabor (FURUMOTO et al., 2011). As plantas de pitaiá vermelha do presente estudo apresentaram aumentos dos teores de SS e relação SS/AT quando irrigadas com as águas C50% e C100%, as quais apresentam na sua composição concentrações de Na^+ que favoreceram as características químicas dos frutos, o que corrobora a afirmação anterior de Furumoto et al. (2011).

Segundo Taiz et al. (2017), espécies que usam rotas C4 e CAM para fixação de carbono precisam de íons de sódio, que auxiliam no crescimento mediante expansão celular. Oliveira et al. (2020) constataram que a pitaiá vermelha é moderadamente tolerante à salinidade. Avaliando o crescimento inicial e acúmulo de nutrientes em plantas de pitaiá, Lima et al. (2021) observaram que o acúmulo máximo de Na^+ pelas plantas foi de $0,064 \text{ g planta}^{-1}$ aos 360 após o plantio, inferior aos teores encontrados no presente estudo. Porém, as concentrações de Na^+ podem apresentar variações na matéria seca da parte aérea, com valores

mínimos de 0,013 até valores máximos de 35,1 g kg⁻¹ (INOCÊNCIO et al., 2014).

Para os teores de cálcio (Ca) no primeiro ano de cultivo (2022) na poda de produção, observou-se que as plantas irrigadas com água na concentração 50% (C50%) apresentaram incrementos de 11,5 e 13,0%, respectivamente, quando receberam adubação mineral e orgânica ($p > 0,05$) em comparação com as plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$).

Aplicando-se adubação mineral, observou-se que os tipos de água nas concentrações C50% e C0% não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os maiores teores de Ca (17,3 e 16,5 g/kg, respectivamente), diferindo estatisticamente da água C100% ($p < 0,05$). A adubação com composto orgânico proporcionou maiores teores de Ca nas plantas irrigadas com água de C50% (17,6 g/kg) ($p < 0,05$) (Figura 38).

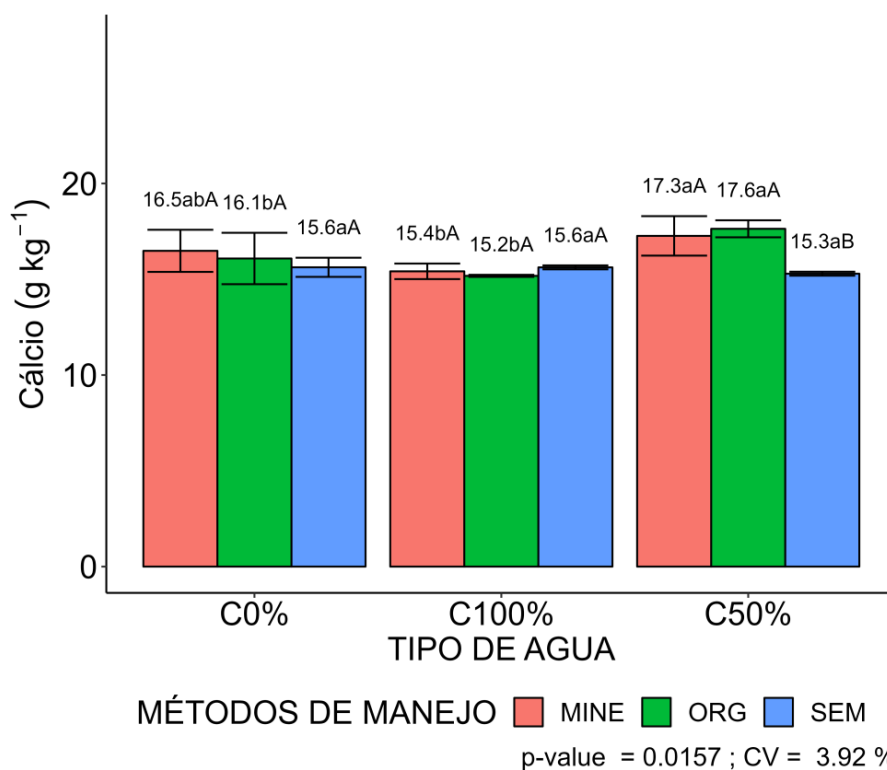


Figura 38. Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), observou-se efeito significativo isolado para os tipos de água e método de adubação. Os teores de Ca foram maiores nas plantas irrigadas com água C100% (22,90 g/kg) ($p < 0,05$), resultando em incrementos de 8,1 e 17,6% em comparação às plantas irrigadas com água C50% e C0% ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 39).

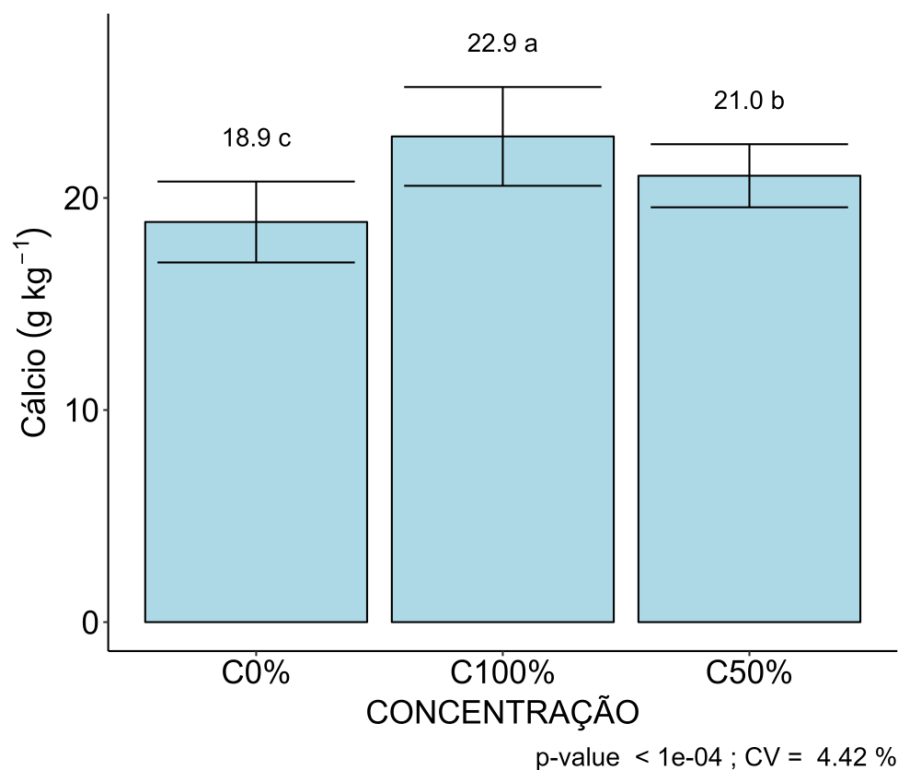


Figura 39. Teores de cálcio (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)).

Os teores de (Ca) foram maiores tanto nas plantas adubadas com adubo mineral quanto nas plantas adubadas com composto orgânico (22,21 e 21,94 g/kg), respectivamente, ($p > 0,05$), proporcionando aumentos de 15,9 e 14,9%, respectivamente, quando comparadas com plantas que não foram adubadas ($p < 0,05$) (Figura 40).

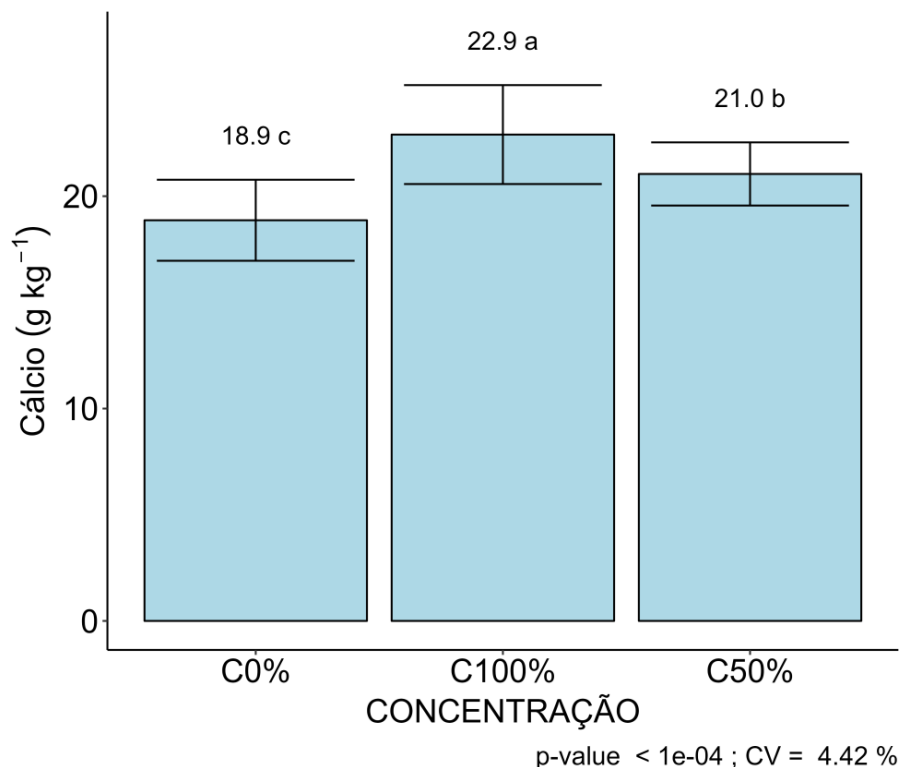


Figura 40. Teores de cálcio (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) utilizando métodos de adubação (orgânica e adubação mineral) e sem adubação.

Os teores de cálcio (Ca) encontrados nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) foram maiores nas plantas irrigadas tanto com água na concentração de C50% quanto com água na concentração de C100% que receberam adubação orgânica (25,6 g/kg e 24,5 g/kg, respectivamente) ($p > 0,05$), diferindo estatisticamente tanto das plantas adubadas com adubo mineral quanto das que não foram adubadas ($p < 0,05$).

Adotando-se o manejo orgânico, foram observados incrementos de 4,2 e 13,2% nos teores de (Ca) nas plantas irrigadas com água de C50%, quando comparadas com as plantas irrigadas com água 100% e de abastecimento ($p < 0,05$), respectivamente. Por sua vez, as plantas adubadas com adubo mineral e sem adubação apresentaram maiores teores de Ca quando irrigadas com água de C100% da piscicultura (23,6 g/kg e 20,2 g/kg, respectivamente), diferindo estatisticamente dos tipos de água de C50% e C0% ($p < 0,05$) (Figura 41).

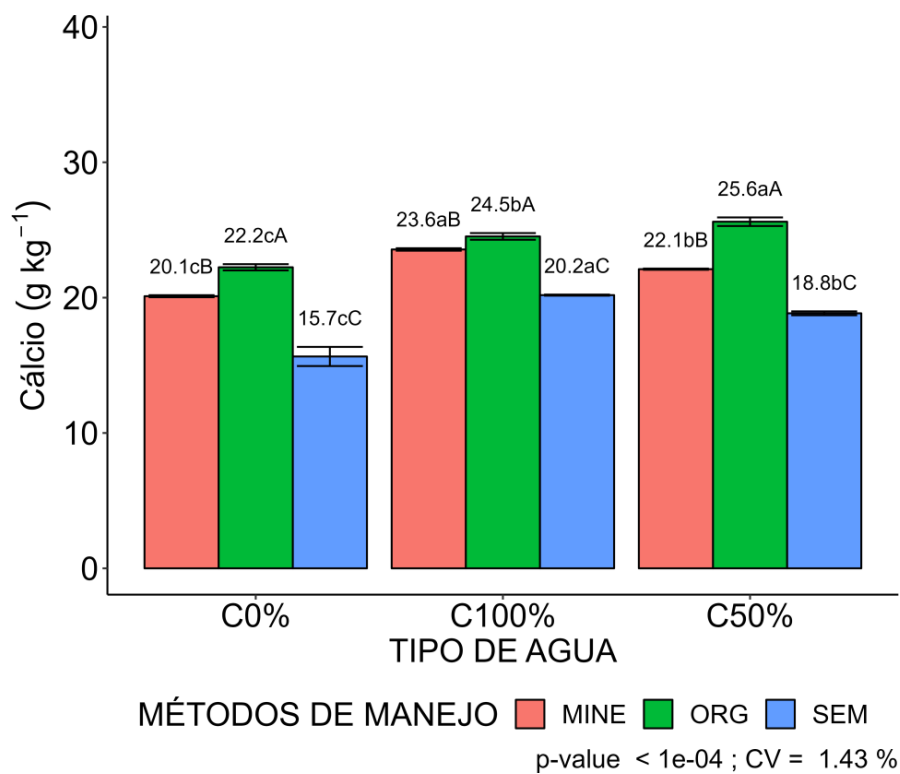


Figura 41. Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), foram observados maiores teores de Ca nos tratamentos irrigados com água da piscicultura tanto na concentração C50% quanto C100% ao serem adubadas com composto orgânico (26,5 e 27,8 g/kg), respectivamente ($p > 0,05$), resultando em incrementos de 3,3% e 11,8%, respectivamente, nos teores de Ca no segundo ano de cultivo (2023) em comparação com o primeiro ano de cultivo (2022).

Adotando-se tanto o método de adubação mineral quanto o orgânico, observou-se que o tipo de água C100% apresentou maiores teores de Ca, diferindo estatisticamente dos tipos de água de C50% e C0% ($p < 0,05$) (Figura 42).

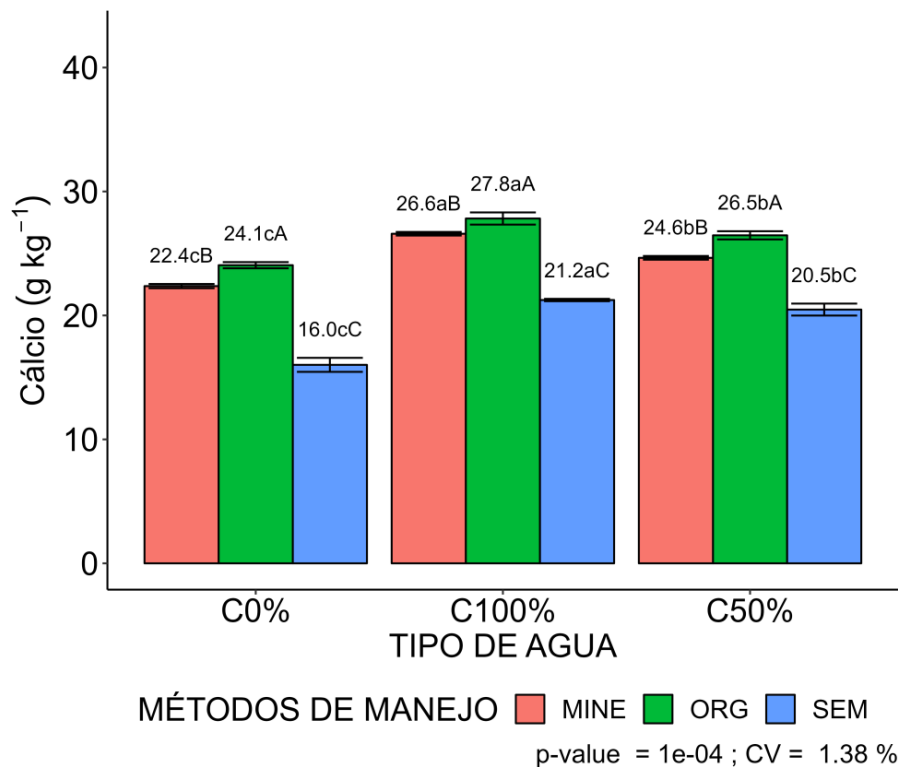


Figura 42. Teores de cálcio (Ca) (g/kg) nas plantas de pitaia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de cálcio, assim como os demais nutrientes, foram influenciados pelo método de adubação e tipo de água utilizada na irrigação nos dois estádios fenológicos, tendo sido observados maiores teores no momento da colheita do segundo ano de cultivo.

Para a maioria dos vegetais, o cálcio é considerado um nutriente essencial que apresenta influência direta na estabilidade da membrana e integridade celular (MARSCHNER, 1995). O cálcio também apresenta papel fundamental para a proliferação do sistema radicular, motivo pelo qual Ca auxilia diretamente na porcentagem de eficiência de absorção de outros nutrientes que estão presentes no solo, resultando, assim, em maiores rendimentos produtivos para as plantas (DEMIDCHIK; MAATHUIS, 2007).

De acordo com White (2001), baixos teores de Ca no solo se refletem em perdas na qualidade pós-colheita dos frutos, pois ocorre aumento das perdas devido às maiores taxas de senescência dos frutos. Ca é considerado um nutriente tão importante que, mesmo sendo disponibilizado em pequenas quantidades, melhora a resistência dos frutos e minimiza as perdas econômicas provocadas por distúrbios durante o armazenamento.

O fornecimento de Ca para as plantas se torna necessário, uma vez que as perdas econômicas causadas pela deficiência Ca se tornou um problema pontual que afeta grande parte das plantas frutíferas, sendo os principais danos as desordens fisiológicas e podridões (RICARDO, 1983).

É de extrema importância frisar que no processo de maturação dos frutos os cátions de cálcio são transferidos para as áreas de crescimento das plantas. Esse processo está diretamente relacionado à solubilização do material péctico da lamela média pela enzima pologalacturonase, que posteriormente causa o amolecimento dos frutos pela liberação do cálcio promovida pela acidificação da parede celular. Diante disso, os frutos podem apresentar maiores taxas de senescência (GALLON, 2010).

Na pitaia vermelha, o cálcio, potássio e o fósforo são considerados os nutrientes mais requeridos pelas plantas, observando-se as maiores exigências e acúmulo na fase de reprodução (LIMA et al., 2019). Essa observação corrobora o comportamento observado no presente estudo, pois os teores de cálcio nas plantas de pitaia vermelha apresentaram diferença quando se compara os estádios fisiológicos em que as plantas se encontravam, ou seja, entre a poda de produção e a momento da colheita dos frutos foram observados os maiores teores de Ca nos cladódios no momento da colheita (fase reprodutiva) (Figura 40 e Figura 41).

Outro comportamento observado neste trabalho está relacionado aos teores de Ca presente no solo no início (sem aplicação dos tratamentos) e no fim do experimento, observou-se que as plantas de pitaia vermelha absorveram o Ca presente no solo (Tabela 1), resultando em ganhos na qualidade dos frutos, sendo possível observar maior firmeza tanto da casca quanto da polpa dos frutos nas plantas irrigadas com água da piscicultura nas concentrações C50% e C100% e adubação orgânica, o que comprova que são fontes eficientes de cálcio (Figura 18 e Figura 19), reafirmando a observação feita por Lima et al. (2019), citada anteriormente quando descreve a exigência do Ca pelas plantas de pitaia.

Na poda de produção das plantas, os teores de magnésio (Mg) apresentaram efeito significativo entre os fatores analisados apenas no segundo ano de cultivo (2023). As plantas irrigadas com água na concentração C50% apresentaram maiores proporções de Mg nos cladódios quando foram adubadas com adubo mineral (1,44 g/kg) ($p < 0,05$). Entretanto, ao serem irrigadas com água C100% os teores de (Mg) foram influenciados positivamente quando as plantas receberam tanto adubação mineral quanto a orgânica (1,53 e 1,48 g/kg, respectivamente), iguais estatisticamente ($p > 0,05$).

Aplicando-se adubação mineral, observou-se que os tipos de água C50% e C100% não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$), tendo apresentado maiores teores de Mg nos cladódios das plantas, diferindo estatisticamente da água de abastecimento (C0%) ($p<0,05$). Todavia, adotando-se o método de adubação orgânica observou-se incrementos de 15,2 e 26,2% nos teores de (Mg) nas plantas irrigadas com água C100%, em comparação com as plantas irrigadas com água C50% e C0%, respectivamente ($p<0,05$) (Figura 43).

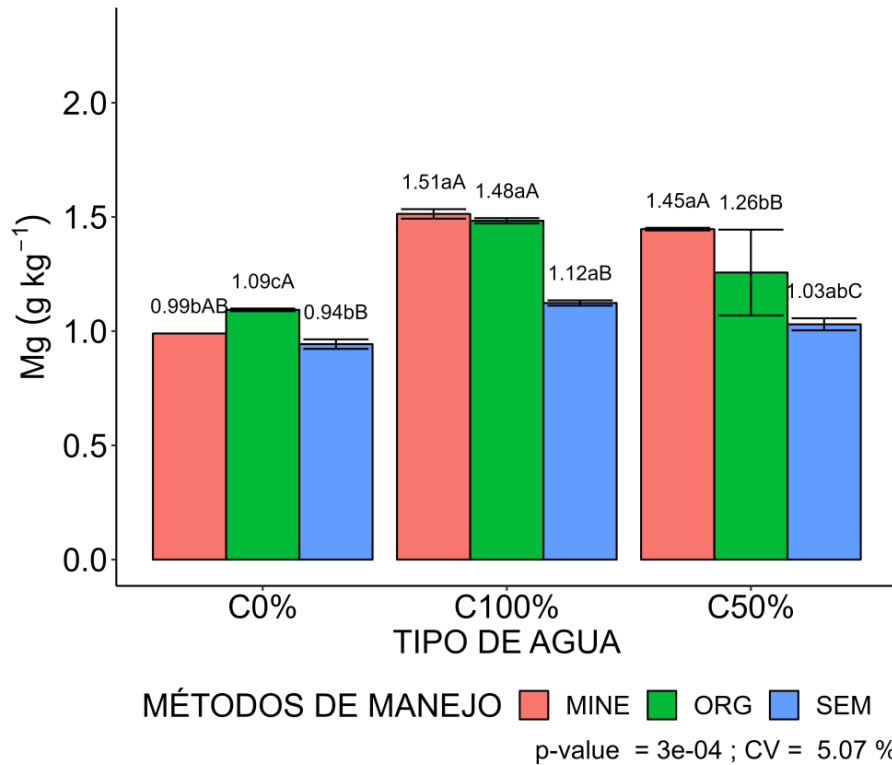


Figura 43. Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da poda de produção no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Entretanto, na colheita dos frutos, para os teores de magnésio (Mg) no primeiro ano de cultivo (2022), observou-se que a água na concentração C50% apresentou incrementos de 34,0 e 32,8% nos teores de Mg quando as plantas foram adubadas com adubo mineral e composto orgânico ($p>0,05$), em comparação com as plantas sem adubação ($p<0,05$), respectivamente.

Aplicando-se tanto a adubação mineral quanto orgânica, observou-se que o tipo de água C100% apresentou maiores teores de Mg (2,12 g/kg e 2,09 g/kg), respectivamente, diferindo estatisticamente dos tipos de água C50% e C0% ($p<0,05$) (Figura 44).

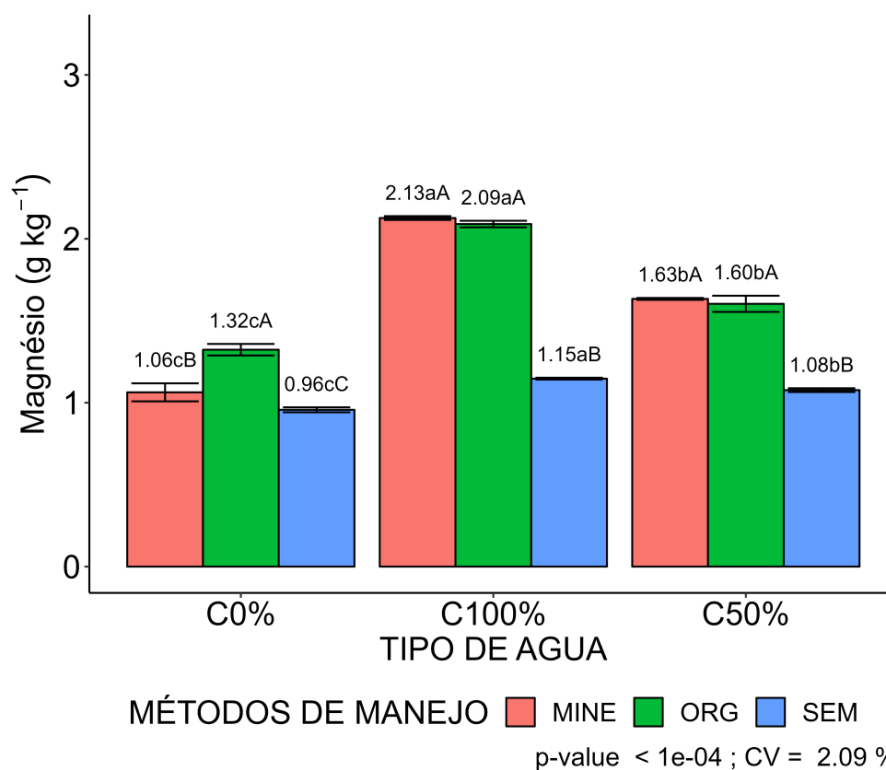


Figura 44. Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitaya vermelha no momento da colheita dos frutos no primeiro ano de cultivo (2022) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e manejos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

No segundo ano de cultivo (2023), as plantas irrigadas tanto com água C50% quanto com água C100% apresentaram maiores teores de Mg ao receberem adubação mineral e orgânica ($p > 0,05$) (1,58 g/kg), respectivamente, e 2,22 e 2,35 g/kg, respectivamente, diferindo estatisticamente das plantas não adubadas ($p < 0,05$).

As plantas adubadas tanto com adubo mineral quanto com composto orgânico ao serem irrigadas com água C100% apresentaram maiores teores de (Mg), resultando em aumentos de 51,9 e 36,2% quando comparadas às plantas irrigadas com água de abastecimento (C0%) ($p < 0,05$) (Figura 45).

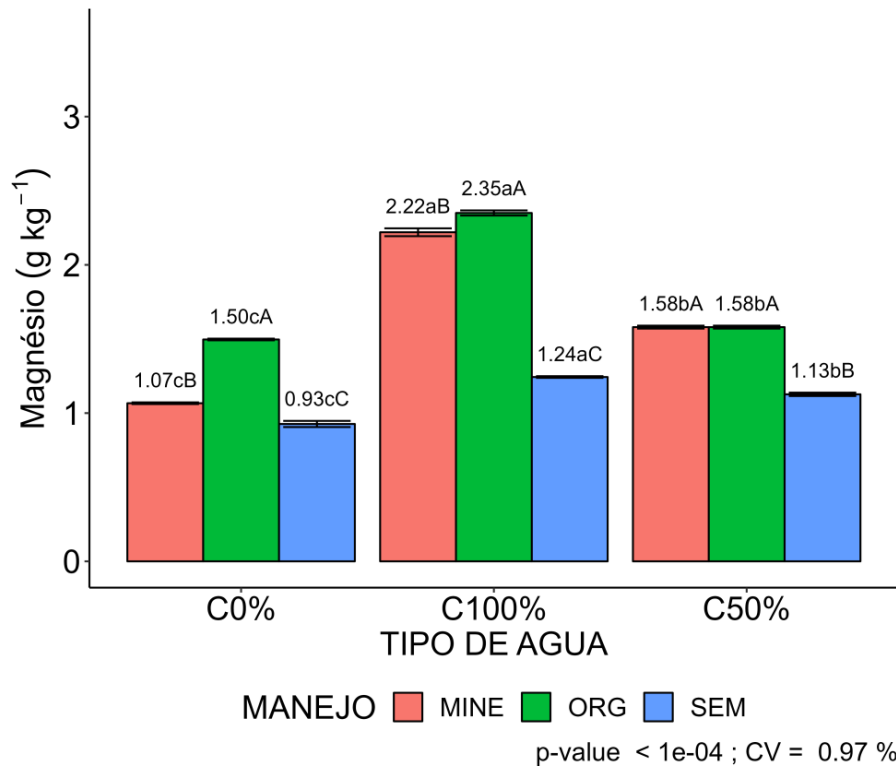


Figura 45. Teores de magnésio (Mg) (g/kg) nas plantas de pitáia vermelha no momento da colheita dos frutos no segundo ano de cultivo (2023) irrigada com tipos de água (abastecimento (C0%); concentrações de água da piscicultura com 50% (C50%) e 100% (C100%)) e métodos de adubação (sem adubo, adubação orgânica e adubação mineral).

Os teores de magnésio observados nas plantas de pitáia vermelha do presente estudo foram maiores nas plantas irrigadas da piscicultura na concentração C100% (Figura 43 e 44), sendo possível observar que a água utilizada irrigação apresenta quantidades satisfatórias de Mg na sua composição, o que se reflete diretamente nos teores encontrados nos cladódios. Outro fator importante está relacionado ao composto orgânico utilizado na adubação das plantas, se refletindo no mesmo comportamento observado na irrigação.

O magnésio apresenta ligação direta com a formação da molécula de clorofila: quando os teores de magnésio estão adequados no solo, as plantas apresentam boas taxas fotossintéticas, uma vez que a molécula de clorofila não é comprometida (AXELSSON et al., 2006). Por outro lado, plantas que apresentam deficiência de Mg comprometem seu desenvolvimento e rendimento produtivo, uma vez que a captura da energia luminosa e a produção de fotoassimilados são interrompidas (ANKELE et al., 2007).

Esse tipo de comportamento é observado principalmente quando ocorre o declínio dos pigmentos fotossintéticos localizados nos cloroplastos, em resposta, ocorre o acúmulo de amido nessas estruturas, acarretando o aumento da matéria seca das folhas com deficiência de

Mg (SIRIJOVSKI et al., 2008). Na cultura da pitaia, o fornecimento de Mg é importante na medida em que as plantas não apresentam folhas e todo o amido acumulado fica armazenado nos cladódios,

prejudicando a produção de carboidratos que seriam importante na produção dos frutos. Outro ponto importante está relacionado à molécula de clorofila: se ocorrerem alterações na estrutura dessa molécula, conseqüentemente, as plantas de pitaia reduzem suas taxas fotossintéticas e ficam mais suscetíveis ao estresse oxidativo.

Na cultura da pitaia, segundo Moreira et al. (2016) e Lima et al. (2019), o Mg se encontra entre um dos últimos macronutrientes na ordem de acúmulo. Os teores de magnésio observados no presente estudo foram superiores quando comparados aos teores encontrados por Lima et al. (2021) ($0,45 \text{ g planta}^{-1}$). Por outro lado, as concentrações de Mg nos cladódios de pitaia vermelha observados por Costa et al. (2015) foram superiores ($5,2 \text{ g planta}^{-1}$) em comparação com o presente trabalho.

4 CONCLUSÃO

As variáveis bioquímicas clorofila A, clorofila total, carotenoides, açúcares solúveis totais e aminoácidos livres totais apresentaram aumentos dos teores nas plantas irrigadas com água da piscicultura e adubadas tanto com fertilizante mineral quanto com o composto orgânico.

Os anos de cultivo influenciaram nos teores nutricionais das plantas, os maiores teores foram observados a partir da poda de produção do segundo ano de cultivo nas plantas adubadas com adubo mineral e orgânico e irrigadas com água da piscicultura nas concentrações C50% e C100%.

As plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) apresentaram a capacidade de absorver o sódio (Na) e o cálcio (Ca) presentes no solo e convertê-los em elementos benéficos para as características organolépticas dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ABD EL-HAFEZ, A.A.Y. Use of amino acids in improving the Quality and performance of horticultural Crops under Egyptian Conditions. **Academy of Sci. Res. J. of Sci.**, v. 413, 2011.
- ABED, A. K. M. Study of amino acids and fatty acids in date plant fruit Phoenix dactylifera L. Cultivars ALdehin and brain of three male date plant pollinators. **J. of Basrah Res. Sci.**, v. 31, n. 3, p. 31-37, 2007.
- ALMEIDA, E. I. B. et al. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaiá [Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, 2014.
- ALVES, D. A. et al. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. e01882, p.1-10, 2021.
- ALVES, D. A.; et al. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. e01882, p.1-10, 2021.
- AMTMANN, A. et al. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. **Physiol Plant**, v. 133, p. 682-691, 2008
- AMTMANN, A.; SANDERS, D. Mechanisms of Na⁺ uptake by plant cells. In: Advances in botanical research. **Academic Press**, p. 75-112, 1998.
- ANKELE, E. et al. In vivo visualization of Mg-ProtoporphyrinIX, a coordinator of photosynthetic gene expression in the nucleus and the chloroplast. **Plant Cell**, v. 19, p. 1964-1979, 2007.
- ASHMEAD, H. D. The Absorption Mechanism of Amino Acid Chelates by Plant Cells. In: Foliar Feeding of Plants With Amino Acid Chelates (Ashmead, H.D.; H.H. Ashmead ; G.W. Miller and H.H. Hsu, Noyes Publications, **Park Ridge**, New Jersey, USA, p. 219-235, 1986.
- ASHRAF, M. P. J. C.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.

AXELSSON, E. ET AL. Recessiveness and dominance in barley mutants deficient in Mg-chelatase subunit D, an AAA protein involved in chlorophyll biosynthesis. **Plant Cell**, v. 18, p. 3606-3616, 2006.

BARROS, L. E. O.; LIBERALINO FILHO, L. Composto orgânico sólido e em suspensão na cultura do feijão Mungo verde (*Vigna radiata* L. Wilzeck). Rio Grande do Norte: **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 3, n. 1, p. 114-122, 2008.

BOLOURI MOGHADDAM, M. R.; VAN DEN ENDE, E. Sugars and plant innate immunity. **Journal of experimental botany**, v. 63, n. 11, p. 3989-3998, 2012.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER H. J. Cellular mechanisms of potassium transport in plants. **Physiol. Plant**, v. 133:p. 637-650, 2008

CARLESSO, L. C. et al. Qualitative and Quantitative aspects of Pitaya with the use of low doses of a Compound based on Remineralizer and Organic Fertilizer. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, p. 7-11, 2020.

CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter - an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 68, n. 4, p. 406-410, 2011.

CORDEIRO, MHM; PINHEIRO, JMS; MIZOBUTSI, GP; MIZOBUTSI, EH; MOTA, WF Caracterização física, química e nutricional da pitaiá-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

COSTA, A. C. et al. Adubação orgânica e Lithothamnium no cultivo da pitaiá-vermelha. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 77-87, 2015.

DA SILVA, F. C. et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009., 2009.

DEMIDCHIK, V.; MAATHUIS F. J. M. Physiological roles of nonselective cation channels in plants: from salt stress to signalling and development. **New Phytol.**, v. 175, p. 387-404, 2007.

DUARTE, M. H. et al. Qualidade de pitaia (*Hylocereus undatus*) submetida à adubação orgânica e armazenada sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari - ES, 2011.

FALEIRO, F. Pitaia: a fruta que está conquistando o Brasil. **Anuário Campo & Negócios Hortifruti**, v. 11, p. 97-99, 2022.

FERNANDES, et al. Improve-ment of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. *Acta Scientiarum Agro-nomy*, Maringá, v. 40, e35290, 2018.

FRANCO-SALAZAR, V. A.; VÉLIZ, J. A. Respuestas de la tuna [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] al NaCl. **Interciencia**, v. 32, n. 2, p. 125-130, 2007.

FURUMOTO, T. et al. A plastidial sodium-dependent pyruvate transporter. **Nature**, v. 476, n. 7361, p. 472-475, 2011.

GALLON, C. Z. **A degradação do ácido poligalacturônico pela ação enzimática da poligalacturonase é drasticamente inibida pela alta concentração de cálcio**. 2010. 118f. Piracicaba: ESALQ, 2010. Tese Doutorado.

GERARDEAUX, E. et al. Changes in plant morphology and dry matter partitioning caused by potassium deficiency in *Gossypium hirsutum* (L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 451-459, 2010.

GOMES F. P. **Curso de estatística experimental**. 14^a ed. Piracicaba, Degaspari, 2000.

GOULART JUNIOR, R. et al. **Relatório de projeto LF 2017/18 - Fruticultura catarinense: indicadores regionais**. Florianópolis: Epagri, (Relatório). Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/publicacoes/fruticultura/estudo-e-levantamento-da-fruticultura-catarinense/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

INOCÊNCIO, M. F. et al. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, v. 38, p. 113-123, 2014.

KAMAR, M. E.; OMAR, A. Effect of nitrogen levels and spraying with amination-forte (amino acids salivation) on yield of and potatoes. **J. Agric. Sci. Mansoura Univ.**, v. 12 n. 4, p. 900-907, 1987.

KHAN, M.I.R.; KHAN, N.A. O etileno reverte a inibição fotossintética por níquel e zinco na mostarda através de mudanças na atividade do PS II, eficiência de uso de nitrogênio fotossintético e metabolismo antioxidante. **Protoplasma**, v. 251, p. 1007–1019, 2014.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.53, n.370, p.773-787, 2002.

LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. **Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.** **Biochemical Society Transactions**, London, v. 11, n. 5, p. 591–592, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.1042/bst0110591>. Acesso em: 7 ago. 2023.

LIMA, D. C. et al. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. 1-11, 2019.

LIMA, D. D. C, et al. Crescimento inicial e acúmulo de nutrientes em plantas de pitaya em diferentes estádios fenológicos. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 720-727, 2021

LINDHAUER, M. G.; DE FEKETE, M. A. R. Starch synthesis in potato (*Solanum tuberosum*) tubers: activity of selected enzymes in dependence of potassium content in storage tissue. **Plant and Soil**, v. 124, p. 291-295, 1990.

LOQUE, D. A cytosolic trans-activation domain essential for ammonium uptake. Sensing of nutrients and regulation of the systems that take up and distribute nutrients in the plant are still very little understood processes in plants. The work by Loque et al., elegantly shows that phosphorylation of a specific C-terminal threonine leads to allosteric regulation of AMT1;1 activity. **Nature**, v. 446, p. 195-198, 2007.

LUDERS, L.; Mc-MAHON, G. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*).** **Northern Territory Government**, 2006. Disponível em: https://dpir.nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/232933/778.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

LYNCH, J. Root architecture and plant productivity. **Plant physiology**, v. 109, n. 1, p. 7, 1995.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MESQUITA, F. O.; NUNES, J. C.; LIMA NETO, A. J.; SOUTO, A. G. L.; BATISTA, R. O.; CAVALCANTE, L. F. C. Formação de mudas de nim sob salinidade da água, biofertilizante e drenagem do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 193-203, 2015.

MILLER, A. J.; CRAMER M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation.. Excellent review that summarises latest insights on plant nitrogen uptake, distribution and biochemistry. **Plant Soil**, v. 274, p. 1-36, 2008.

MIZRAHI, Y. et al. Cacti as crops. **Hort. Rev.**, v. 18, p. 292–320, 1997.

MOREIRA, R. A. et al. Adubação fosfatada no crescimento e nos teores de nutrientes em cladódios de pitaya vermelha. **Agrarian**, v. 13, n. 49, p. 377-384, 2020.

MOREIRA, R. A. et al. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46, p. 230-237, 2016.

NAIJI, M.; SOURI, M. K. Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 17, n. 2, p. 167–175, 2018.

NANGARE, D. D. et al. Dragon Fruit: A potential crop for abiotic stressed areas. **Technical Bulletin**, v. 46, p. 24, 2020.

NASARUDIN, N. A. et al. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) and bacterial bio-fertilizer on the antioxidant activity and chlorophyll content of aerobic rice. **Molecules**, v. 23, p. 55, 2018.

OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M.L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.

OLIVEIRA, L. M. et al. Estresse salino e fertilização orgânica sobre o crescimento e metabolismo bioquímico de mudas de *Hylocereus costaricensis* (pitaia vermelha). **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e258476, 2022.

PERSSON, J.; NÄSHOLM, T. Regulation of amino acid uptake in conifers by exogenous and endogenous nitrogen. **Planta**, v. 215, p. 639–644, 2002.

POIRIER, Y. et al. Mutant of *Arabidopsis* deficient in xylem loading of phosphate. **Plant physiology**, v. 97, n. 3, p. 1087-1093, 1991.

PORTES, T. A. **Translocação de solutos orgânicos**. Goiânia, 2018.

PURBAJANTI, E. D. et al, “Effects of organic and inorganic fertilizers on growth, activity of nitrate reductase and chlorophyll contents of peanuts (*Arachis hypogaea* L.),” IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, v. 250, Article ID 012048, 2019.

RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SENA, C. G.; PANTOJA, L.; SANTOS, A. S.; REIS, L. A. C.; GUIMARÃES, A. G. Potassium fertilization in the quality improvement and centesimal composition of pitaya. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 9, p. 658-665, 2020.

RIBEIRO, M. V. et al. Betacyanin and antioxidant system in tolerance to salt stress in *Alternanthera philoxeroides*. **Agrociencia**, Montecillo, v. 48, n. 199-210, 2014. Disponível em: <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2014/feb-mar/art-6.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

RICARDO, C. P. P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta-Série de Estudos Agronômicos**, Lisboa, v. 10, n. 1-2, 1983.

ROLLAND, F. et al. Sugar sensing and signaling in plants. **The Plant cell.**, v. 14, p. 85-205, 2002.

ROSA, M. et al. Soluble sugars- metabolism, **sensing and abiotic stress.**, v. 4, p. 388-393, 2009.

SCOPEL, W.; BARBOSA, J. Z.; VIEIRA, M. L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc & Ciência-ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87–94, 2011. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/137>. Acesso em: 7 ago. 2023.

SHARMA-NATU, P.; GHILDIYAL, M. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. **Current Sci**, v. 88, n. 12, p. 1918–1928, 2005.

SIRIJOVSKI, N. et al. Substrate-binding model of the chlorophyll biosynthetic magnesium chelatase BchH subunit. The report describes a structural model and a putative mechanism for the enzyme that is responsible of transferring Mg into the porphyrin ring, the major constituent of chlorophyll. **J. Biol. Chem.**, v. 283, p. 11652-11660, 2008.

SMITH, F. W. et al. The cloning of two Arabidopsis genes belonging to a phosphate transporter family. **The Plant Journal**, v. 11, n. 1, p. 83-92, 1997.

SOUSA, W. L. et al. Aplicação do composto orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 2, p. 252-270, 2016.

SUBBARAO, G. V. et al. Sodium – a functional plant nutrient. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 5, p. 391-416, 2003.

TAIBI, K.; et al. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, [s.l.], v. 105, p. 306-312, 2016.

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

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2a ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

Tischner R: Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant Cell Environ.**, v. 23, p. 1005-1024, 2000.

ULLRICH-EBERIUS, C. I. et al. Phosphate uptake in *Lemna gibba* G1: energetics and kinetics. **Planta**, v. 161, p. 46-52, 1984.

VERNIERI, P. et al. Application of biostimulants in flating system for improving rocket quality. **J. of Food, Agric. and Environ.**, v. 3, p. 86–88, 2005.

VIEIRA, I. G. **Calagem para o cultivo da pitaia vermelha em região tropical**. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Química, fertilidade e biologia do solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

WHITE, P. J. The pathways of calcium movement to the xylem. **J. Exp. Bot.**, v. 52, p. 891-899, 2001.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, London, v. 120, n. 3, p. 850-857, 2010.

WITHAM, F. H. et al. **Experiments in plant physiology**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1971.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **The Analyst**, Cambridge, v. 80, n. 948, p. 209–213, 1955. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>. Acesso em: 7 ago. 2023.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal, Rockville**, v. 57, n. 3, p. 508–514, 1954. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1042%2Fbj0570508>. Acesso em: 7 ago. 2023.

YODER, B. J.; PETTIGREW-CROSBY, B. E. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500nm) at leaf and canopy scales. **Remote Sensing of Environment**, USA, v. 53, p. 199-211, 1995.

ZAHID, N. et al. Influence of organic and inorganic fertilizer regimes on growth patterns and antioxidants capacity of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) cv. Chandler. **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022.

APÊNDICES

Apêndice 1. Parâmetros físico-químicos das concentrações das águas usadas na irrigação da pitiaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) – Mossoró-RN, UFERSA, 2022/2023

Identificação	NO3-	NH3	CO2	Si	pH	CE	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	CL-	HCO3-	PO43-	P total dissolvido	RAS	Dureza	Cátions	Ânions	Salinidade
	_____mg/L_____				(água)	dS/m	_____mmolc/L_____					_____mg/L_____	mg/L	_____mmolc/L_____		g/L			
Água de abastecimento (C0%)	-	-	-	-	7,2	0,55	0,26	3,97	0,6	1,1	3	4,57	-	0	4,3	85	5,9	5,4	-
Água de mistura (C50%)	-	-	-	-	7,6	3,16	0,75	14,58	10,2	13,8	25	4,41	-	0	4,2	1200	39,3	27,4	-
Água pura (C100%)	2,05	0,1	9,68	6,08	7,45	4,61	0,75	44,9	16,01	16,02	81,5	9,26	1,07	0,35	-	1909,4	-	-	2,91

Fonte: Laboratório: UFERSA; Laboratório: AQUACULTURA CICERORODRIGUES

Análise conjunta das características físicas

Apêndice 2. Quadro de análise de variância da análise conjunta para a Massa fresca dos frutos (g), Comprimento e Diâmetro dos frutos (mm) de pitaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023

F.V	GL	Qmédio		
		Massa dos frutos (g)	Comprimento dos frutos (mm)	Diâmetro dos frutos (mm)
Fator 1 (água)	2	153923.951***	1203.525363***	1241.66268***
Fator 2 (adubação)	2	35885.511**	14.840035 ^{ns}	111.57485 ^{ns}
F1:F2	4	9622.545*	228.196752**	187.21221*
Ano: bloco	5	5631.556*	47.919949*	20.74355 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	1797.180 ^{ns}	8.584488 ^{ns}	61.663665***
Resíduo	32	1664.483	8.622025	15.24337

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Apêndice 3. Quadro de análise de variância da análise conjunta para o Número de frutos por parcela e Produtividade da área (t/ha^{-1}) de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023

F.V	GL	Qmédio	
		Número de frutos por parcela	Produtividade (t/ha^{-1})
Fator 1 (água)	2	69.57407*	0,384627746**
Fator 2 (adubação)	2	6187.57407***	2.3533351384***
F1:F2	4	38.46296*	0,102508205*
Ano: bloco	5	93371852*	0,00014766*
F1:F2:Ano	8	1624074 ^{ns}	0,008990549 ^{ns}
Resíduo	32	1.083.796	0,018506973

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Apêndice 4. Quadro de análise de variância da análise conjunta para Firmeza da casca (N) e da polpa dos frutos (N) de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio	
		Firmeza da casca dos frutos	Firmeza da polpa dos frutos
Fator 1 (água)	2	29492017 ns	0.457057407***
Fator 2 (adubação)	2	61995172*	0.189957407*
F1:F2	4	3311489 ^{ns}	0.0062051852 ^{ns}
Ano: bloco	5	16426670 ^{ns}	0.0068555185 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	11767596***	0.017033333*
Resíduo	32	3.688.326	0.006037731

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Apêndice 5. Quadro de análise de variância da análise conjunta para a Coloração da casca dos frutos de pitaita vermelha (*Hylocereus costaricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023

F.V	GL	Qmédio		
		Coloração da casca		
		Luminosidade (L*)	Saturação (C)	Ângulo de tonalidade (hue)
Fator 1 (água)	2	0.11167722 ^{ns}	42.209030*	13503141 ^{ns}
Fator 2 (adubação)	2	39.8451500***	96.168535**	15.065957 ^{ns}
F1:F2	4	5.9383722*	45.889141*	2.475699 ^{ns}
Ano: bloco	5	1.2920533 ^{ns}	16.957896 ^{ns}	4.092514 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	1.2613417 ^{ns}	4.837979 ^{ns}	6.955980 ^{ns}
Resíduo	32	22.059.062	10.541.768	6.499.664

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 6. Quadro de análise de variância da análise conjunta para a Coloração da polpa dos frutos de pitaita vermelha (*Hylocereus costaricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023

F.V	GL	Qmédio		
		Coloração da polpa		
		Luminosidade (L*)	Saturação (C)	Ângulo de tonalidade (hue)
Fator 1 (água)	2	4.5911185*	11.422535 ^{ns}	0.2150241 ^{ns}
Fator 2 (adubação)	2	0.4668352 ^{ns}	33.410746 ^{ns}	5.4562296 ^{ns}
F1:F2	4	0.5674213 ^{ns}	1.6957896 ^{ns}	1.4345463 ^{ns}
Ano: bloco	5	30.8854252***	39.382887*	1.0024430 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	0.5765880 ^{ns}	3.635221 ^{ns}	1.3970708*
Resíduo	32	0.4234907	3.313.276	0.5255245

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Análise conjunta das características físico-químicas

Apêndice 7. Quadro de análise de variância da análise conjunta para os teores de Vitamina C (mg/100 g), Acidez Titulável (AT) (mg de ác. málico/100 g), Sólidos Solúveis (°Brix) e Relação SS/AT dos frutos de pitiaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023.

FV	GL	Qmédio			
		Vitamina C	Acidez Titulável (AT)	Sólidos Solúveis (SS)	Relação SS/AT
Fator 1 (água)	2	32443.3928***	0.022479630ns	253509722**	317723476**
Fator 2 (adubação)	2	13479.6835***	0.043179630ns	38105556ns	8777830 ^{ns}
F1:F2	4	4896.1871 ^{ns}	0.0072774074ns	0.8869444 ^{ns}	25279238 ^{ns}
Ano: bloco	5	1229.1161 ^{ns}	0.0359339630ns	58070833 ^{ns}	7667790 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	1582.7692***	0.016901852*	15762616*	179.82004**
Resíduo	32	2.003.661	0.006744907	0.5567419	6.587.039

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Apêndice 8. Quadro de análise de variância da análise conjunta para os teores de Flavonoides (mg/100 g) e Antocianinas dos frutos de pitiaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró-RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio	
		Flavonoides (mg/100 g)	Antocianinas (mg/100 g)
Fator 1 (água)	2	166.133732***	28.735639**
Fator 2 (adubação)	2	71.81.5661**	29.366059**
F1:F2	4	9.645989 ^{ns}	3.214582 ^{ns}
Ano: bloco	5	13.320581 ^{ns}	6.534519 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	4.682457***	1.967737 ^{ns}
Resíduo	32	1.344.612	1.173.579

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise de variância das características físicas

Apêndice 9. Quadro de análise de variância para Massa dos frutos (g), Comprimento dos frutos (mm), Número de fruto por parcela e Produtividade da área (t/ha⁻¹) de pitiaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio			
		Massa dos frutos (g)	Comprimento dos frutos (mm)	Número de frutos/parcela	Produtividade (t/ha-1)
Fator 1 (água)	2	153923.951***	1203.52536***	69.57407***	0.38462775***
Fator 2 (adubação)	2	35885.511**	14.84004 ^{ns}	6187.57407***	2.35335138***
Bloco	2	5705.665*	9.30628**	230.35185***	0.18890631***
Fator 1: Fator2	4	9622.545**	17.34974779***	3.412724*	0.10250821***
Resíduo	43	1.960.264	1.315.274	0,01689932	0.01689323
-		CV(%) 12.97	CV (%) 4.04	CV(%) 9.2	CV(%) 27.84

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p < (0,01). ***Significativo a p < (0,001).

Apêndice 10. Quadro de análise de variância para Coloração da casca (L*), (C) e Coloração da polpa (C) dos frutos de pitiaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio		
		Coloração da casca (L*)	Coloração da casca (C)	Coloração da polpa (C)
Fator 1 (água)	2	0.11166722 ^{ns}	42.209030*	11.422535 ^{ns}
Fator 2 (adubação)	2	39.8451500***	96.168535***	33.410746*
Bloco	2	1.7959500 ^{ns}	7.3939020 ^{ns}	22.812480*
Fator 1: Fator2	4	5.9383722*	45.889141**	1.623466*
Resíduo	43	19.429.791	10.373.072	6.660.374
-		CV(%) 3.22	CV(%) 9.2	CV(%) 8.3

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p < (0,01). ***Significativo a p < (0,001).

Apêndice 11. Quadro de análise de variância para Diâmetro dos frutos (mm), Firmeza da casca (N), Firmeza dos frutos (N) e Coloração da polpa (°hue) de pitaita vermelha (*Hylocereus costarrienses*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no primeiro ano de cultivo (2022) – Mossoró, RN.

F.V	GL	Qmédio			
		Diâmetro dos frutos (mm)	Firmeza da casca (N)	Firmeza da polpa (N)	Coloração da polpa (°hue)
Fator 1 (água)	2	457.76248***	0.7220037 ns	0.137525926***	0.1605481ns
Fator 2 (adubação)	2	67.86028*	31.6717481**	0.109559259***	63276037**
Bloco	2	29.45298 ^{ns}	40.310259 ns	0.002548148 ^{ns}	0.4810815 ^{ns}
Fator 1: Fator2	4	10.554235***	12.1067148*	0.008392593 ^{ns}	0.1165093 ^{ns}
Resíduo	16	1.659.269	36.391.884	0.002977315	0.5969773
-		CV(%) 5.09	CV (%) 6.21	CV(%) 3.28	CV(%) 12.57

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 12. Quadro de análise de variância para Diâmetro dos frutos (mm), Firmeza da casca (N), Firmeza dos frutos (N) e Coloração da polpa (°hue) de pitaita vermelha (*Hylocereus costarrienses*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no segundo ano de cultivo (2023) – Mossoró, RN.

F.V	GL	Qmédio			
		Diâmetro dos frutos (mm)	Firmeza da casca (N)	Firmeza da polpa (N)	Coloração da polpa (°hue)
Fator 1 (água)	2	900.675293***	52.700159***	0.3432481481***	0.089869259 ^{ns}
Fator 2 (adubação)	2	61.505526*	30.465115*	0.1024148148***	1.76358148 ^{ns}
Bloco	2	7.338159 ^{ns}	1.2356400 ns	0.0005814815 ^{ns}	0.44089259 ^{ns}
Fator 1: Fator2	4	68.133376**	2.704048 ns	0.0088592593 ^{ns}	2.77259259*
Resíduo	16	13.894.063	3.737.463	0.00909881481	0.45407176
-		CV (%) 4.57	CV (%) 6.78	CV(%) 5.58	CV(%) 11.9

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Análise de variância das características físico-químicas

Apêndice 13. Quadro de análise de variância para os teores de Vitamina C (mg/100 g), Acidez Titulável (AT) (mg de ác. málico/100 g), Sólidos Solúveis (°Brix), Relação SS/AT e Flavonoides (mg/100 g) de frutos de pitaiá vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no primeiro ano de cultivo (2022) – Mossoró, RN.

FV	GL	Qmédio				
		Vitamina C	Acidez Titulável (AT)	Sólidos Solúveis (SS)	Relação SS/AT	Flavonoides
Fator 1 (água)	2	17828.414116***	0.0055444444ns	19.8084259***	1196.60266***	124620751***
Fator 2 (adubação)	2	12501.64300***	0.280333333ns	2.8900926*	102.30878 ^{ns}	49926125***
Bloco	2	260.27398 ^{ns}	0.001477778 ^{ns}	0.1625926 ^{ns}	29.27503 ^{ns}	4008837 ^{ns}
F1:F2:Ano	4	3875.45170***	0.008177778 ^{ns}	0.2192593 ^{ns}	296.04453*	10293346*
Resíduo	16	9622113	0.008136111	0.5667593	7444717	2383567
CV%	–	CV(%) 5.26	CV(%) 20.5	CV(%) 5.4	CV(%) 19.88	CV(%) 11.69

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 14. Quadro de análise de variância para os teores de Vitamina C (mg/100 g), Acidez Titulável (AT) (mg de ác. málico/100 g), Sólidos Solúveis (°Brix), Relação SS/AT e Flavonoides (mg/100 g) de frutos de pitaita vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no segundo ano de cultivo (2023) – Mossoró, RN,

FV	GL	Qmédio				
		Vitamina C	Acidez Titulável (AT)	Sólidos Solúveis (SS)	Relação SS/AT	Flavonoides
Fator 1 (água)	2	14725.6506***	0.0743381481**	8.2803704**	2343.6721173***	50.767078***
Fator 2 (adubação)	2	4549.6067**	0.016114815 ^{ns}	1.1484259 ^{ns}	105.5848020 ^{ns}	24.7677334***
Bloco	2	210.5107 ^{ns}	0.012103704 ^{ns}	0.3078704 ^{ns}	0.4045632 ^{ns}	0.6864113 ^{ns}
F1:F2:Ano	4	2345.1548**	0.00692593 ^{ns}	2.3373148*	74.8102693 ^{ns}	2.9965950***
Resíduo	16	3045111	0.005353704	0.5467245	57293	0.3056569
CV%	–	CV(%) 10.46	CV(%) 13.39	CV(%) 4.8	CV(%) 15.67	CV(%) 3.62

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 15. Quadro de análise de variância para os teores de antocianinas (mg/100 g) dos frutos de pitaita vermelha (*Hylocereus costaricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio	
		Antocianinas (mg/100 g)	
		Ano de cultivo 2022	
Fator 1 (água)	2	28.7356362***	
Fator 2 (adubação)	2	29.3660591***	
Bloco	2	0.7322055 ^{ns}	
Fator 1: Fator2	4	3.21458224 ^{ns}	
Resíduo	43	19.652.237	
CV%	–	CV(%) 23.92	

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise conjunta das características bioquímicas das plantas

Apêndice 16. Quadro de análise de variância da análise conjunta para os teores de Clorofila A (mg g planta⁻¹), Clorofila Total (mg g planta⁻¹), Carotenoides (mg g planta⁻¹), açúcares totais (mg/g tecido) e Aminoácidos livres (ug/tecido) das plantas de pitaita vermelha (*Hylocereus costaricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

FV	GL	Qmédio				
		Clorofila A (mg g planta-1)	Clorofila Total (mg g planta-1)	Carotenoides (mg g planta-1)	Açúcares Totais (mg/g tecido)	Aminoácidos livres (ug/tecido)
Fator 1 (água)	2	0.94553891***	1.6010374***	26.1596519***	43.0277903***	866.807322***
Fator 2 (adubação)	2	0.26848280 ^{ns}	0.77707557***	6.4454019**	17.2655841**	89.170645*
F1:F2	4	0.75550774***	1.26881682***	15.3114657***	4.1715837 ^{ns}	6.424429 ^{ns}
Ano: bloco	5	0.77076990***	1.73492776***	14.7200119***	0.2713401 ^{ns}	5.853807 ^{ns}
F1:F2:Ano	8	0.03828599 ^{ns}	0.03548264***	0.3738074***	1.0968433***	10.444133*
Resíduo	32	0.19761237	0.36391680	35.924.692	0.3411438	4.935.716

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise de variância das características bioquímicas das plantas

Apêndice 17. Quadro de análise de variância para os teores de Clorofila A (mg g planta⁻¹), Clorofila Total (mg g planta⁻¹) e Carotenoides (mg g planta⁻¹) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

F.V	GL	Qmédio		
		Clorofila A (mg g planta-1)	Clorofila Total (mg g planta-1)	Carotenoides (mg g planta-1)
Fator 1 (água)	2	0.94553891***	1.6010374 ^{ns}	26.159652**
Fator 2 (adubação)	2	0.26848280 ^{ns}	0.7770756 ^{ns}	6.445402 ^{ns}
Bloco	2	1.2419085**	2.7862859**	24.038807**
Fator 1: Fator2	4	0.7555077**	1.2688168*	15.314166**
Resíduo	43	0.1860446	0.3495643	3.336.556
CV%	–	CV(%) 23.29	CV(%) 19.12	CV(%) 19.61

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 18. Quadro de análise de variância para os teores de açúcares totais (mg/g tecido) e Aminoácidos livres (ug/tecido) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no primeiro ano de cultivo (2022) – Mossoró, RN.

F.V	GL	Qmédio	
		Açúcares Totais (mg/g tecido)	Aminiácidos Aminoácidos livres (ug/tecido)
Fator 1 (água)	2	29.5999503***	469.419284***
Fator 2 (adubação)	2	6.7109458***	81.381207***
Bloco	2	0.1019581 ^{ns}	10.777525 ^{ns}
Fator 1: Fator2	4	2.9946188***	7.124147 ^{ns}
Resíduo	16	0.1712155	5.222.097
CV%	–	CV% 6.57	CV% 11.69

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Apêndice 19. Quadro de análise de variância para os teores de açúcares totais (mg/g tecido) e Aminoácidos livres (ug/tecido) das plantas de pitaiia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no segundo ano de cultivo (2023) – Mossoró, RN.

F.V	GL	Qmédio	
		Açúcares Totais (mg/g tecido)	Aminoácidos livres (ug/tecido)
Fator 1 (água)	2	16.9382580***	408.869221***
Fator 2 (adubação)	2	10.7963074***	23.022142*
Bloco	2	0.5006551ns	3.136366ns
Fator 1: Fator2	4	1.4946079ns	6.831604ns
Resíduo	16	0.5110721	4.649.335
CV%	–	CV% 11.55	CV% 10.85

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise conjunta dos teores nutricionais das plantas no momento da poda

Apêndice 20. Quadro de análise de variância da análise conjunta para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) no momento da poda de produção irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

FV	GL	Qmédio					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	23.985735ns	1.246346296ns	166.069846ns	14.8228389ns	1.5368519ns	0.15587963ns
Fator 2 (adubação)	2	73.944780ns	1.943835185ns	137.136319ns	27.1112389ns	3.4628130ns	0.11247963ns
F1:F2	4	3.255949ns	0.056226852ns	4.048505ns	0.1533944ns	0.4098019ns	0.02206574ns
Ano: bloco	5	107.761771*	1.766441852ns	522.421717*	64.8453465ns	2.4664607ns	0.12387296ns
F1:F2:Ano	8	26.287364***	0.818786574***	91.156308***	10.456535***	1.4385616***	0.07145880***
Resíduo	32	10.249.800	0.009425463	2.782.005	0.6271856	0.1864803	0.00249838

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise de variância dos teores nutricionais das plantas no momento da poda

Apêndice 21. Quadro de análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaiá vermelha (*Hylocereus costaricensis*) no momento da poda de produção irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no primeiro ano de cultivo (2022) – Mossoró, RN.

FV	GL	Qmédio					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	596173333*	0.01913704ns	2.2019704ns	3.9534926**	0.03630000ns	0.0000259ns
Fator 2 (adubação)	2	31213777ns	0.01649259ns	0.1960481ns	2.0900148*	0.04487778ns	0.000459ns
Bloco	2	0.02084444ns	0.04191481*	1.9004481ns	1.5289370*	0.01747778ns	0.000714ns
Fator 1: Fator2	4	3.24087778ns	0.05992593**	10.7456037**	1.6871481*	0.39411111*	0.000470ns
Resíduo	16	110.262.778	0.01026481	1,8515148	0.3971745	0.11149444	0.00123ns
CV%	–	CV% 9.28	CV% 5.1	CV% 6.87	CV% 3.92	CV% 6.65	CV% 3.53

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p < (0,01). ***Significativo a p < (0,001).

Apêndice 22. Quadro de análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) no momento da poda de produção irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no segundo ano de cultivo (2023) – Mossoró, RN.

FV	GL	Qmédio					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	82.1590259***	2.718044444***	379.170093***	36.7021593***	3.7443370***	0.307377778***
Fator 2 (adubação)	2	108.2546037***	3.402144444***	263.759893***	35.2016926***	5.8574926***	0.214077778***
Bloco	2	1.4445815ns	0.02614444ns	1.445437ns	0.3004926ns	0.0900037ns	0.007077778ns
Fator 1: Fator2	4	1.8066870ns	0.151055556***	4.554598ns	1.3726926ns	0.5511426ns	0.037722222***
Resíduo	16	0.9473315	0.008586111	3.712.495	0.8571968	0.2614662	0.0037556944
CV%	–	CV% 5.53	CV% 3.32	CV% 5.72	CV% 4.42	CV% 8.57	CV% 5.07

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Análise conjunta dos teores nutricionais das plantas no momento da colheita

Apêndice 23. Quadro de análise de variância da análise conjunta para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarricensis*) no momento da colheita irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação – Mossoró, RN, 2022/2023.

FV	GL	Q _{médio}					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	76.3854741**	16.00903889***	633.995524***	78.87320556***	19.7410500***	2.38840555556***
Fator 2 (adubação)	2	10.2056019ns	4.00847222*	813.776985***	193.52726667***	35.0424889***	2.2189555556***
F1:F2	4	0.4593769ns	1.13221111ns	15.884877ns	2.20057222ns	1.6986056ns	0.3199527778***
Ano: bloco	5	14.6518296ns	2.20695444*	2.678309ns	9.54407111*	1.0425767ns	0.0110211111ns
F1:F2:Ano	8	6.0296380***	0.51290833**	20.8330742***	1.500428750***	0.5232042*	0.01622000***
Resíduo	32	0.1621567	0.01866806	3.496.977	0.09836398	0.2308833	0.0005659722

ns = não significativo (p>0,05). *Significativo a p < (0,05). **Significativo a p (< 0,01). ***Significativo a p (< 0,001).

Análise de variância dos teores nutricionais das plantas no momento da colheita

Apêndice 24. Quadro de análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaiá vermelha (*Hylocereus costaricensis*) no momento da colheita irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no primeiro ano de cultivo (2022) – Mossoró, RN.

FV	GL	Qmédio					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	10.938558148***	6.32027778***	229.8876259***	30.249911111***	10.4368444***	1.0206333333***
Fator 2 (adubação)	2	0.84649259ns	0.37631111***	346.5303593***	79.936044444***	13.0005778***	1.0185444444***
Bloco	2	0.01738148ns	0.04141111ns	0.3025148ns	0.001744444ns	0.2534333ns	0.0003444444ns
Fator 1: Fator2	4	0.28840370ns	0.32388889***	1.5479704ns	1.944922222***	1.4182222**	0.1540277778***
Resíduo	16	0.25861481	0.03318194	16.015.856	0.094048611	0.2799292	0.0009152778
CV%	–	CV% 3.42	CV% 5.04	CV% 3.83	CV% 1.43	CV% 7.84	CV% 2.09

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.

Apêndice 25. Quadro de análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Magnésio (Mg) das plantas de pitaia vermelha (*Hylocereus costarrienses*) no momento da colheita irrigadas com diferentes concentrações de água e tipos de adubação no segundo ano de cultivo (2023) – Mossoró, RN.

FV	GL	Qmédio					
		Nitrogênio (N) g/kg	Fósforo (P) g/kg	Potássio (K) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Sódio (Na) g/kg	Magnésio (Mg) g/kg
Fator 1 (água)	2	84.49090000***	10.155633333***	446.425970***	45.8426333***	9.334344444***	1.39387777***
Fator 2 (adubação)	2	13.63223333***	5.046477778***	488.364115***	116.5003111***	22.789200000***	1.21923333***
Bloco	2	0.65124444**	0.048900000***	1.019848ns	0.2263000ns	0.00333333ns	0.000133ns
Fator 1: Fator2	4	0.57168333***	0.893544444***	24.280609*	1.2000111***	0.938077778**	0.17436611111***
Resíduo	16	0.06569961	0.004154167	5.392.369	0.1026792	0.181837500	0.0002166667
CV%	–	CV% 1.49	CV% 1.43	CV% 6.84	CV% 1.38	CV% 5.81	CV% 0.97

ns = não significativo ($p > 0,05$). *Significativo a $p < (0,05)$. **Significativo a $p < (0,01)$. ***Significativo a $p < (0,001)$.