



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

JÉSSICA PALOMA PINHEIRO DA SILVA

**INDICADORES AGROECONÔMICOS E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO
RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO**

MOSSORÓ

2023

JÉSSICA PALOMA PINHEIRO DA SILVA

**INDICADORES AGROECONÔMICOS E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO
RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Francisco Bezerra Neto, Prof. Ph.D.

Coorientadora: Jailma Suerda Silva de Lima, Prof.^a D.Sc.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, 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 tornar-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 sua respectiva autora sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P586i Pinheiro da Silva, Jéssica Paloma.

Indicadores agroeconômicos e qualidade pós-colheita do rabanete sob adubação orgânica em duas estações de cultivo / Jéssica Paloma Pinheiro da Silva. - 2023.

89 f.: il.

Orientador: Francisco Bezerra Neto.
Coorientadora: Jailma Suerda Silva de Lima.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2023.

1. Calotropis procera (Ait.) R.Br.. 2. espécie espontânea. 3. hortalica tuberosa. 4. índices agroeconômicos. 5. caracterização físico-química. I. Bezerra Neto, Francisco, orient. II. Suerda Silva de Lima, Jailma, 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.

JÉSSICA PALOMA PINHEIRO DA SILVA

**INDICADORES AGROECONÔMICOS E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO
RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 16/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Francisco Bezerra Neto, Ph.D. (UFERSA)
Orientador (Presidente da banca)

Jailma Suerda Silva de Lima, D.Sc. (UFERSA)
Coorientadora

Elizangela Cabral dos Santos, D.Sc. (UFERSA)
Membro examinador externo ao Programa

Vania Christina Nascimento Porto, D.Sc. (UFERSA)
Membro examinador externo ao Programa

Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga, D.Sc. (UFCG)
Membro examinador externo à Universidade

*À minha tia Inalda da Silva e aos agricultores
que se tornaram família, Zulmira de Souza
Silva e Vicente Antônio da Silva.*

(In Memoriam).

Dedico

*Ao meu companheiro, Douglas Pereira Ferreira,
por ter vencido o câncer.*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder o dom da vida e por me acompanhar, dando-me força e sabedoria a cada passo dado;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e, a todos os docentes e funcionários que a constitui, pelo compromisso com a excelência acadêmica, que foi imprescindível para meu processo de aprendizagem e formação profissional;

À Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Horta do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF), Centro de Pesquisas em Ciências Vegetais do Semiárido (CPVSA) da UFERSA e seus funcionários, pela disponibilidade de infraestrutura e colaboração para o processo de construção e conclusão desta pesquisa;

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

Ao meu orientador, Prof. Francisco Bezerra Neto, pela disponibilidade em ouvir minhas dúvidas com atenção, ajudando-me a saná-las. Pelas conversas “de preocupação fora da curva”, compreensão, orientações, conselhos e ensinamentos repassados, mostrando-me o caminho e “otimização” para a excelência profissional.

À minha coorientadora, Prof.^a Jailma Suerda Silva de Lima, pelos “cafés com ciência, desabafos e alegria”, disponibilidade e, indescritível paciência e sabedoria. Pela compreensão, conselhos (de vida e acadêmicos), acalento nos momentos difíceis e, calma singular, capaz de aliviar quaisquer inquietações.

À Prof.^a Elizangela Cabral dos Santos, por todas as orientações, paciência, confiança e colaboração, principalmente nas análises laboratoriais. Por sempre se preocupar, conversar sobre as voltas no mundo e me alegrar com sua leveza ímpar de enxergar o mundo.

Aos professores da banca examinadora, por aceitarem o convite em participar desta defesa, contribuindo para o aperfeiçoamento deste trabalho;

À minha base de vida, meus avós (*in memoriam*), minha mãe Sandra Maria Pinheiro e meu pai Josevi Pedro da Silva, por apoiarem minhas escolhas e, por absolutamente tudo que me proporcionaram ao longo da vida. Vocês são a causa principal de tudo que conquistei. Nunca estive tão longe de casa, mas cada ensinamento repassado foi fundamental para ser forte e enfrentar todos os obstáculos da vida. Meus irmãos, tias (os), madrinha e padrinho, por todo incentivo e apoio.

Ao meu companheiro e amigo Douglas Pereira Ferreira, por sempre acreditar no meu melhor e, me apoiar em toda minha trajetória de estudos, se dedicando em zelar pelo meu bem-estar (físico e psicológico). Por ser minha força motora e, vencer de forma leve o que nem esperávamos enfrentar. Apesar do seu diagnóstico de câncer, quatro meses após meu ingresso neste mestrado, mesmo diante da dor e da incerteza, se manteve sorridente, paciente (literalmente rsrsrs) e compreensível. Viver esses dois desafios simultaneamente, longe das nossas famílias não foi fácil, mas vencemos e agora juntos, podemos comemorar a vitória da cura e da conclusão desta etapa da minha vida acadêmica.

Às amigas nordestinas Rayanna Campos (cabrita) e Michely Lima (mimi) & família, por em meses de convivência, serem muito mais que família, o apoio de vocês foi fundamental para com calma, atravessar qualquer tempestade. Juntamente com Isaac Alves (Z), Maria Aparecida (Cidinha) e Valécia, pelo apoio incondicional nos momentos angustiantes e pelas alegrias, “falsos” açaís e vitórias compartilhadas.

Ao grupo “vamos escapar” (cabrita, mimi, Z), por serem minha presença no momento de ausência. Pela dedicada e inabalável parceria, convivência e, por todos os momentos inesquecíveis que ela trouxe. Ninguém disse que seria fácil vivenciar a pós-graduação, mas no fim, tudo valeu a pena. “Escapamos”!

Aos meus colegas de pós-graduação, pelo companheirismo, respeito, troca de experiência, apoio e constante incentivo, durante todo o curso;

À Equipe Ciência & Ação e, Rose Paula, Gerlani Alves, Karla Kelly e Erivan Alves, especialmente Iron Dhones, Marianne Azevedo, pela contribuição no processo de coleta de adubo verde, instalação e condução dos experimentos. E Pablo A., Sidney Alves e Gerson Bruno pela disponibilidade de sempre;

Ao “Capitão” Cosmildo, por toda experiência repassada e orientações em campo, que foram fundamentais para a condução dos experimentos e sucesso desse trabalho. Pelos inestimáveis conselhos e palavras de alento, me incentivando a jamais desistir perante a dificuldade, “pois Deus jamais lhe dará um fardo do qual não possa carregar, aguenta firme” (COSMILDO, 2021 e 2022).

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso e integridade deste trabalho.

Meu muito obrigada!

Não é sobre o valor ou o tempo do
alcance da vitória, mas sobre a
intensidade e os ensinamentos do
processo.

J.P.

BIOGRAFIA

Jéssica Paloma Pinheiro da Silva, filha de Sandra Maria Pinheiro e Josevi Pedro da Silva, nascida em 16 de setembro de 1995, no município de Altamira-Pará. Aos 5 anos de idade iniciou sua vida de estudante, na Escola Mirtes de Oliveira Santos – SESI, onde estudou da alfabetização até a 4ª série do Ensino Fundamental. Em 2005 ingressou na 5ª série no Instituto Educacional Batista Independente – IEBI, onde permaneceu até a 7ª série. Concluindo o ensino fundamental (8ª série), no Centro Educacional Gildete Dutra. No ano de 2010, ingressou no ensino médio na Escola Estadual Polivalente, onde cursou o 1º ano. De 2011 a 2012 estudou no Instituto Maria de Mattias, onde concluiu o ensino médio. Aos 17 anos, ingressou na Faculdade de Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Altamira, concluindo em dezembro de 2017. Contudo, no último ano de sua graduação (março de 2017), ingressou no curso Técnico em Administração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) – Campus Altamira, concluindo em 2019. Simultaneamente ao curso técnico, em novembro de 2018, ingressou no Curso de Especialização *Lato Sensu* em Agroextrativismo Sustentável e Desenvolvimento Rural, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) – Campus Breves, concluindo em outubro de 2020. Em março de 2021, iniciou o mestrado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Mossoró, RN, obtendo seu título em fevereiro de 2023. Ano que também foi aprovada no doutorado.

RESUMO

SILVA, J. P. P. da. **Indicadores agroeconômicos e qualidade pós-colheita do rabanete sob adubação orgânica em duas estações de cultivo.** 2023. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2023.

Na região semiárida nordestina, a prática da adubação verde utilizando espécies espontâneas da Caatinga, torna-se uma ferramenta estratégica no incremento da produtividade e qualidade de hortaliças, proporcionando especialmente aos agricultores familiares, o alcance de mercados de produtos diferenciados e redução nos custos de produção. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores agroeconômicos e a qualidade pós-colheita do rabanete em função da aplicação de biomassa seca da flor-de-seda, em duas estações de cultivo. Os experimentos foram realizados em duas estações de cultivo, sendo no período de agosto a novembro de 2021 (E1 - Estação 1) e, de junho a setembro de 2022 (E2 - Estação 2), na fazenda experimental Rafael Fernandes do Departamento de Ciências Agrônomicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de quantidades de flor-de-seda de 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ de matéria seca, e dois tratamentos adicionais, sendo um sem adubo (testemunha absoluta) e outro com adubação mineral, para efeito de comparação com o tratamento de máxima eficiência física ou econômica. A cultivar do rabanete utilizada foi a *Crimson Gigante*. Foram avaliadas as características agrônomicas: altura de plantas, número de folhas por planta, diâmetro da raiz, massa seca da parte aérea e raízes, produtividade total, produtividade comercial e de refugo; indicadores econômicos: rendas bruta e líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade e; qualidade pós-colheita: sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT, teor de vitamina C, teor de açúcares solúveis, teor de antocianinas totais e parâmetros de cor. Com a aplicação dos tratamentos e por meio da metodologia adotada, verificou-se que a máxima eficiência produtiva otimizada (9,56 t ha⁻¹) e econômica (baseada na renda líquida de R\$ 37.641,08 ha⁻¹) foi possível com a incorporação de 50,86 t ha⁻¹ e 44,39 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda ao solo, respectivamente. A taxa de retorno e o índice de lucratividade obtido foram de R\$ 2,94 para cada real investido, com índice de lucratividade de 62,55%. A máxima eficiência de sabor (44,29 °Brix/% de ácido málico) e teor de açúcares solúveis (1,57 mg 100 g⁻¹), foi alcançada com a incorporação de 47,24 e 25,28 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, respectivamente. Adicionalmente a maior concentração de compostos bioativos, foram obtidos ao incorporar entre 35,79 e 45,95 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Os parâmetros de cor (L*, C* e h°) das raízes de rabanete vermelho, foram alcançados entre as quantidades de 35,10 e 47,50 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda. A utilização da biomassa seca da flor-de-seda como adubo verde é uma alternativa agroeconomicamente viável para produtores de rabanete do semiárido, garantindo uma boa qualidade pós-colheita, segurança alimentar e sustentabilidade.

Palavras-chave: *Calotropis procera* (Ait.) R.Br.; espécie espontânea; hortaliça tuberosa; índices agroeconômicos; caracterização físico-química.

ABSTRACT

SILVA, J. P. P. da. **Agroeconomic indicators and post-harvest quality of radish under organic fertilization in two growing seasons**. 2023. 89 f. Thesis (Master of Science in Agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2023.

In the Semi-arid Northeast Region, the green fertilization practice using spontaneous Caatinga species becomes a strategic tool in increasing the productivity and quality of vegetables, affording especially to family farmers, the reach of differentiated product markets, and reduction in production costs. In this context, this work aimed to evaluate the agroeconomic indicators and the post-harvest quality of radish as function of roostertree (*Calotropis procera*) dry biomass application in two growing seasons. The experiments were carried out in two growing seasons, from August to November 2021 (E1 - Season 1) and from June to September 2022 (E2 - Season 2), at the Rafael Fernandes experimental farm of Agronomic and Forestry Sciences Department (AFSD) of Federal Rural University of the Semi-arid Region (UFERSA), Mossoró-RN. The experimental design was randomized blocks with five treatments and five replications. The treatments consisted of roostertree quantities of 16, 29, 42, 55 and 68 t ha⁻¹ of dry feedstock and two additional treatments, one without fertilizer (absolute control) and another with mineral fertilization, in comparison with the treatment of maximum physical or economic efficiency. The radish cultivated variety was the Giant Crimson. The agronomic traits evaluated were: plant height, number of leaves per plant, root diameter, dry mass of leaves and roots, total productivity, commercial and waste productivity; economic indicators: gross and net income, return rate, productivity index and; post-harvest quality: soluble solids, titratable acidity, SS/AT ratio, vitamin C content, total soluble sugars content, anthocyanins content and color parameters. With the methodology and treatments adopted, the maximum optimized productive efficiency was checked (9.56 t ha⁻¹), and economic (based on net income of 37,641.08 R\$ ha⁻¹) was possible with the incorporation of 50.86 t ha⁻¹ and 44.39 t ha⁻¹ dry biomass to the soil, respectively. The rate of return and the profitability index obtained was R\$ 2.94 for each real investment, with 62.55% of the profitability index. The maximum flavor efficiency (44.29 °Brix/% malic acids) and total soluble sugar content (1.57 mg 100 g⁻¹) with the embed 47.24 and 25.28 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass incorporated into the soil, respectively. Farther, the highest bioactive concentration compounds with embedding between 35.79 and 45.95 t ha⁻¹ of the roostertree. With quantities between 35.10 and 47.50 t ha⁻¹ roostertree dry biomass checked red radish root color parameters (L*, C* e h°). The roostertree dry biomass used as green fertilizer is an agro-economically viable alternative for radish producers of semi-arid region, ensuring good post-harvest quality, food security, and sustainability.

Keywords: *Calotropis procera* (Ait.) R. Br.; spontaneous species; tuberous vegetable; agroeconomic index; physical-chemical characterization.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - OTIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA DO RABANETE ADUBADO COM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

- Figura 1** - Mapa de localização das áreas experimentais do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.28
- Figura 2** - Dados das médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, no período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.29
- Figura 3** - Representação de uma parcela experimental de rabanete plantada no espaçamento de 0,20m × 0,10m. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.31
- Figura 4** - Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), diâmetro longitudinal (C) e transversal de raízes (D) em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.36
- Figura 5** - Produtividade total (A), produtividade comercial (B), massa seca parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.38
- Figura 6** - Renda bruta (A), renda líquida (B), taxa de retorno (C) e índice de lucratividade (D) do rabanete, em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.41

CAPÍTULO II - QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COLORAÇÃO DE RAÍZES DE RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

- Figura 1** - Mapa de localização das áreas experimentais do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.52
- Figura 2** - Dados das médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.53
- Figura 3** - Representação de uma parcela experimental de rabanete semeada no espaçamento de 0,20m × 0,10m. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.55

Figura 4 - pH (A), acidez titulável (B), sólidos solúveis (C), relação SS/AT (D) e teor de vitamina C total (E) do rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.....61

Figura 5 - Teor de açúcares solúveis (A) e teor de antocianina total (B) do rabanete, em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.....64

Figura 6 - Parâmetros de cor L^* , C^* e h° do rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo. Mossoró – RN, UFERSA, 2022.66

Figura 7 - Representação da seção do espaço de cor de raízes de rabanete, sob adubação com biomassa seca de flor-seda a partir das médias das coordenadas L^* , a^* , b^* e dos parâmetros C^* e h° . Mossoró – RN, UFERSA, 2022.67

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - OTIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA DO RABANETE ADUBADO COM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

Tabela 1 - Dados meteorológicos médios, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.29

Tabela 2 - Análise química do solo antes da incorporação do adubo verde nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.30

Tabela 3 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência física (MEF), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}) para altura de plantas, número de folhas por planta, diâmetro longitudinal e transversal de raízes de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.34

Tabela 4 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência física (MEF), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}) para produtividade total e comercial de raízes, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.37

Tabela 5 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência econômica (MEE), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}), para renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.40

CAPÍTULO II - QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COLORAÇÃO DE RAÍZES DE RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

Tabela 1 - Dados meteorológicos médios, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.52

Tabela 2 - Análise química do solo antes da incorporação dos adubos verdes nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.54

Tabela 3 – Valores médios de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT e teor de vitamina C de rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2), para o tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}). Mossoró – RN, UFERSA, 2022..... 60

Tabela 4 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}), para teor de açúcares solúveis e teor de antocianina de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022. 63

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros de cor luminosidade (L^*), Croma (C^*) e ângulo Hue (h°) do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2), para o tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}). Mossoró – RN, UFERSA, 2022. 65

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1 - Valores de “F” para as características agroeconômicas: altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), produtividade total de raízes (PTR), produtividade comercial de raízes (PCR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) do rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo nas estações de cultivo de 2021 e 2022. Mossoró – RN, UFERSA, 2022	77
Tabela 2 - Valores de “F” para as características de qualidade pós-colheita pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, teor de vitamina C (VIT.C), teor de açúcares solúveis totais (AST), teor de antocianina total (ANTOC.), e parâmetros de cor L*, croma (C*) e ângulo Hue (h°) do rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo nas estações de cultivo de 2021 e 2022. Mossoró – RN, UFERSA, 2022	78
Tabela 3 - Médias das variáveis agronômicas do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.	79
Tabela 4 - Médias das variáveis econômicas do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.	80
Tabela 5 - Médias das variáveis de qualidade pós-colheita do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.	81
Tabela 6 - Médias dos parâmetros de cor das coordenadas L*, croma (C*) e ângulo Hue (h°) do rabanete nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.	82
Tabela 7 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	83
Tabela 8 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	84
Tabela 9 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	85
Tabela 10 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	86
Tabela 11 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	87
Tabela 12 - Custos de produção por hectare de rabanete sem adubação (testemunha absoluta), nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	88

Tabela 13 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com fertilizante mineral, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....	89
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	20
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO I - OTIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA DO RABANETE ADUBADO COM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT	26
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	28
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	30
2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	31
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	32
2.4.1 Características agronômicas	32
2.4.2 Indicadores econômicos	33
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO RABANETE	34
3.3 INDICADORES ECONÔMICOS DO RABANETE.....	40
4 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO II - QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COLORAÇÃO DE RAÍZES DE RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT	49
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	51
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	54
2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	55

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	56
2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS	70
CONCLUSÕES GERAIS	75
APÊNDICE	76

1 INTRODUÇÃO GERAL

As recentes mudanças na dieta populacional em busca de uma alimentação mais saudável, têm contribuído para o aumento do consumo de hortaliças (RICCI et al., 2018). Dentre as hortaliças que tem apresentado aumento de consumo, está o rabanete (*Raphanus sativus* L.), cuja parte comestível é sua raiz que apresenta coloração escarlate-brilhante, polpa branca e sabor picante (FILGUEIRA, 2013). No Brasil a produção dessa hortaliça é estimada em oito mil toneladas, concentrando sua produção na região sul e sudeste. No Nordeste brasileiro, seu cultivo está presente em 281 estabelecimentos de produção agrícola (IBGE, 2017), em sua maioria em cultivo solteiro.

Explorada nos cinturões verdes das grandes cidades por agricultores familiares, a cultura se destaca pelo seu alto valor nutritivo e metabólitos secundários com propriedades antioxidantes e, pelo seu ciclo rápido, em torno de 35 dias, permitindo dessa forma, a diversificação do seu cultivo e viabilidade econômica à unidade produtiva (MANIVANNAN et al., 2019; ALMEIDA et al., 2020; SILVA et al., 2020). Normalmente, cultivada em sistema convencional é uma cultura exigente em nutrientes, requerendo alto custo com adubação química (KRAMER, 2018). Assim, se faz necessária a modificação dos sistemas de cultivos e adoção de práticas culturais, que aumente a eficiência e a capacidade de produção e garanta a sustentabilidade dos agroecossistemas (FAO, 2018; MELO et al., 2020).

Nesse contexto, a disponibilização de nutrientes através do uso de adubação verde, torna-se alternativa com eficiência produtiva e economicamente viável aos produtores da cultura (RAMALHO et al., 2016). A prática da adubação verde contribui para incorporação e aumento da disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica ao solo (CASTRO; DEVIDE, 2018), favorecendo as condições físicas, químicas e bióticas do sistema, assegurando níveis satisfatórios no desenvolvimento e produtividade das raízes (SILVA et al., 2015). Na produção hortícola do Semiárido nordestino, a utilização de espécies espontâneas do bioma Caatinga como adubo verde tem se apresentado promissora para o aumento da produtividade dos sistemas agrícolas e exploração sustentável do ambiente (BATISTA et al., 2016; VIEIRA et al., 2018).

Dentre estas espécies de ocorrência natural está a *Calotropis procera* (Ait) R. Br, popularmente conhecida no Nordeste brasileiro como flor-de-seda (SILVA et al., 2013). Pertencente à família *Apocynaceae*, adaptada às condições edafoclimáticas das regiões semiáridas (RANGEL; NASCIMENTO, 2011), destaca-se pelo seu potencial de germinação e produção de fitomassa durante todo ano, mesmo em condições críticas de seca e salinidade

(CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2017;). Apresenta ótima composição nutricional, com concentração média de N de 22,9 g Kg⁻¹ e K de 12,2 g Kg⁻¹, com teor de matéria seca de 16% e relação C:N de 24:1 (LINHARES *et al.*, 2013), chegando a produzir em torno de 3 t ha⁻¹ de fitomassa seca por corte, a cada 120 dias (EMPARN, 2004).

Estudos têm evidenciado a eficácia da flor-de-seda como adubo verde, juntamente com outras espécies espontâneas, na viabilidade, rentabilidade e qualidade de algumas hortaliças folhosas em consórcio com tuberosas como cenoura (BEZERRA NETO *et al.*, 2006; BEZERRA NETO *et al.*, 2019) e beterraba (OLIVEIRA *et al.*, 2015; GUERRA *et al.*, 2021; GUERRA *et al.*, 2022) e rabanete (LINO *et al.*, 2022; SÁ *et al.*, 2022). A utilização da flor-de-seda como única fonte de adubo verde, também tem demonstrado eficiência agroeconômica no monocultivo da cultura da cenoura (SILVA *et al.*, 2021) e melhor qualidade pós-colheita na cultura do coentro, em sistema cultivo solteiro (BARROS JÚNIOR *et al.*, 2010).

Apesar dos benefícios resultantes da prática de adubação verde com espécies espontâneas, ainda são necessários estudos que permitam melhor entendimento do uso eficiente desta prática no cultivo do rabanete em ambiente semiárido. Diante disto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os indicadores agroeconômicos e a qualidade pós-colheita do rabanete em função da aplicação de biomassa seca da flor-de-seda, em duas estações de cultivo em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A. C. et al. Características fisiológica, vegetativas e produtivas do rabanete em diferentes espaçamentos de plantio. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-6, 2020.
- ALMEIDA, I. V. B. de et al. Characterization and early selection of roostertree (*Calotropis procera*) genotypes with forage potential. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3 p. 794-801, 2017.
- BARROS JÚNIOR A. P. et al. Qualidade de coentro em função do uso de espécies espontâneas como adubos verdes em diferentes quantidades. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p.S1358-S1362, 2010.
- BATISTA, M. A. V. et al. Atributos de solo-planta e de produção de beterraba influenciados pela adubação com espécies da Caatinga. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 31-38, 2016.
- BEZERRA NETO, F. et al. Productive viability and profitability of carrot-cowpea intercropping using different amounts of *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 62-71, 2019.
- BEZERRA NETO, F. et al. Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 476-480, 2006.
- CARVALHO JÚNIOR, S. B. de et al. Produção e avaliação bromatológica de espécies forrageiras irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 10, p. 1045-1051, 2010.
- CASTRO, C. M.; DEVIDE, A. C. P. Plantas de cobertura e manejo de aleias no plantio direto de brócolis. **Revista de Ciências Agronômicas**. v. 27, n. 4, p. 471-481, 2018.
- EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Armazenamento de Forragens para a agricultura familiar**. Natal: 2004. 38p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050**. Rome, 2018. 202 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.
- GUERRA, N. M. et al. Post-harvest indices and color parameters in beet roots intercropped with lettuce under organic fertilization and population densities. **Food Science and Technology**, v. 42, n. e05822, p. 1-9, 2022.
- GUERRA, N. M. et al. Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10510413883, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017: Produção da horticultura cultura do rabanete**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954#resultado>> Acesso em: 12 set. 2022.

KRAMER, M. et al. **Produção de cultivares de rabanete em função de plantas de cobertura em antecedência à semeadura**. 2018. 47p. Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Morrinhos, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/965>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

LINHARES, P. C. F. et al. Composição nutricional de espécies espontâneas da caatinga utilizadas como adubo verde em áreas de solos arenosos. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. **Anais Eletrônicos...** Florianópolis: SBCS, 2013. Disponível em: <<https://www.sbc.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2795.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

LINO, F. K. K. S. et al. Agro-economic benefits in radish-lettuce intercropping under optimized green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 302-310, 2022.

MANIVANNAN, A. et al. Deciphering the nutraceutical potential of *Raphanus sativus* - a comprehensive overview. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 1-15, 2019.

MELO, L. M. R. et al. Os impactos ambientais em decorrência da interferência negativa humana arraçoada pelo progresso econômico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 74935-74952, 2020.

OLIVEIRA, L. A. de A. et al. Viabilidade agrônômica de policultivos de rúcula/cenoura/alface sob quantidades de flor-de-seda e densidades populacionais. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 116-126, 2015.

RAMALHO, W. B. et al. Adubação verde com espécies espontâneas da caatinga no cultivo do rabanete em sucessão a rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 66-70, 2016.

RANGEL, E. de S.; NASCIMENTO, M. T. Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (*Apocynaceae*) como espécie invasora de restinga. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 657-663, 2011.

RICCI, E. C.; BANTERLE, A.; STRANIERI, S. Trust to go green: an exploration of consumer intentions for eco-friendly convenience food. **Ecological economics**, v. 148, p. 54-65, 2018.

SÁ, J. M. de et al. Yield performance and agro-economic efficiency of radish-arugula intercropping under green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 168-180, 2022.

SILVA, J. N. et al. Agro-economic indicators for carrot under green manure in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 2021.

SILVA, J. C. et al. Desempenho agrônômico o rabanete em função de lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 7-11, 2020.

SILVA, A. F. A. et al. Rentabilidade do rabanete adubado com flor-de-seda em duas estações de cultivo no semiárido de Pernambuco. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 2, p. 198-207, 2015.

SILVA, M. L. et al. Produção de cenoura fertilizada com flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R. Br.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 732-740, 2013.

VIEIRA, F. de A. et al. Technical-economic efficiency of the yield of green grains of cowpea fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 504-510, 2018.

CAPÍTULO I - OTIMIZAÇÃO AGROECONÔMICA DO RABANETE ADUBADO COM DIFERENTES QUANTIDADES DE FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

RESUMO

O uso de espécies espontâneas do bioma Caatinga como adubo verde é uma prática promissora no aumento da produtividade dos sistemas agrícolas e na exploração sustentável do meio ambiente. Este trabalho teve como objetivo avaliar os indicadores agroeconômicos do rabanete com a utilização de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda, em duas estações de cultivo em ambiente semiárido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram das quantidades de biomassa de flor-de-seda: 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ em base seca, incorporadas ao solo. Em cada bloco dos experimentos foram adicionados dois tratamentos adicionais, um sem adubação (tratamento testemunha) e outro com adubo mineral, para fins de comparação com o tratamento de máxima eficiência física ou econômica. A cultivar de rabanete plantada foi *Crimson Gigante*. A adubação do rabanete para obtenção da máxima eficiência produtiva otimizada (9,56 t ha⁻¹) foi possível com a incorporação de 50,86 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda ao solo. Já a máxima eficiência agroeconômica otimizada (baseada na renda líquida de R\$ 37.641,08 ha⁻¹) do cultivo do rabanete, foi obtida com a quantidade de 44,39 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda adicionada ao solo. Em relação aos indicadores econômicos a taxa de retorno e o índice de lucratividade obtido foram de R\$ 2,94 para cada real investido, com margem de lucro de 62,55%. Portanto, a utilização da biomassa da flor-de-seda é uma tecnologia viável para produtores que praticam o monocultivo do rabanete em ambiente semiárido.

Palavras-chave: *Raphanus sativus*; *Calotropis procera* (Ait.) R. Br.; adubação verde; indicadores econômicos; rendimento produtivo.

CHAPTER I - AGROECONOMIC OPTIMIZATION OF RADISH FERTILIZED WITH DIFFERENT QUANTITIES OF ROOSTERTREE IN TWO CULTIVATION SEASONS

ABSTRACT

The use of spontaneous species from Caatinga biome as green manure is a promising practice in increasing the productivity of agricultural systems and the environment sustainable exploitation. This work aimed to evaluate the agroeconomic indicators of radish using different amounts of roostertree dry biomass in two growing seasons in a semiarid ecosystem. The experimental design was in randomized blocks with five treatments and five replications. The treatments consisted of roostertree quantities 16, 29, 42, 55 and 68 t ha⁻¹ of dry feedstock and two additional treatments, one without fertilizer (absolute control) and the other with mineral fertilization, for effect compared with the treatment of maximum physical or economic efficiency. The radish cultivated variety was Crimson Giant. The radish fertilization to obtain the maximum optimized productive efficiency (9.56 t ha⁻¹) was possible by embedding 50.86 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass into the soil. The radish cultivation achieved the maximum optimized agroeconomic efficiency (based on a net income of 37,641.08 R\$ ha⁻¹) with quantities 44.39 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass added to the soil. Regarding the economic indicators, the rate of return and the profitability index was obtained at 2.94 BRL for each real invested, with a profit margin of 62.55%. Therefore, the use of roostertree biomass is a viable technology for producers who practice radish monoculture in a semiarid environment.

Keywords: *Raphanus sativus*; *Calotropis procera* (Ait.) R. Br.; green fertilization; economic indicators; productive income.

1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma hortaliça tuberosa pertencente à família das Brassicaceae, de ciclo rápido (ao redor de 35 dias), tem como parte comestível sua raiz de cor vermelha e sabor picante, com propriedades medicinais, expectorante natural e estimulante do sistema digestivo, rica em fósforo, cálcio, potássio enxofre, tiamina e riboflavina e vitaminas A, B1 e B2 (FILGUEIRA, 2013; NUNES et al., 2020). O cultivo do rabanete está crescendo na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde existem 281 unidades de produção que plantam essa cultura (IBGE, 2017), sendo a maioria delas em sistema solteiro. Uma das estratégias para aumentar a sua produção e produtividade por área, seria através do uso da adubação mineral ou adubação verde.

As hortaliças tuberosas demandam elevada concentração de nutrientes e, pelo alto custo com a adubação química, abrem espaço para novas formas de adubação, como a adubação verde, com espécies espontâneas do bioma Caatinga, possibilitando assim reduzir custos com fertilizantes (LINO et al., 2021). A adubação verde, consiste na prática de preservar e restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, através da incorporação ao solo de massa vegetal não decomposta, oriunda de plantas cultivadas no local ou fora dele, favorecendo as condições físicas, químicas e bióticas do sistema, assegurando níveis satisfatórios no desenvolvimento e produtividade das culturas (ABRANCHES et al., 2021).

Dentre as espécies espontâneas disseminadas no bioma Caatinga, que podem ser usadas como adubos verdes para promover rendimentos satisfatórios das lavouras, estão a flor-de-seda e a jitirana (VIEIRA et al., 2018; SILVA et al., 2020; GUERRA et al., 2021). A flor-de-seda têm alto potencial de produção de biomassa por hectare, podendo alcançar 9 t de massa seca por hectare ano (COSTA et al., 2009). Esta apresenta excelente relação C: N, em torno de 25:1 e possui uma composição química rica em macronutrientes importantes, incluindo os teores de N (18,40 g kg⁻¹), P (3,10 g kg⁻¹), K (25,60 g kg⁻¹), Ca (8,60 g kg⁻¹) e Mg (4,32 g kg⁻¹) (NUNES et al., 2018).

Trabalhos científicos com essa espécie espontânea, têm sido realizados com algumas hortaliças, apresentando resultados satisfatórios em termos de produção e eficiência do sistema. Silva et al. (2018), estudando o desempenho da alface adubada com diferentes quantidades de flor-de-seda observaram produtividade máxima da alface de 18,16 t ha⁻¹, quando adicionado ao solo 40,29 t ha⁻¹ de biomassa desse adubo verde. Silva et al. (2021) avaliando o desempenho da cenoura em diferentes quantidades de flor-de-seda na mesma região dessa pesquisa, observaram melhor eficiência agroeconômica da cenoura quando foi incorporado ao solo 42,81 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda.

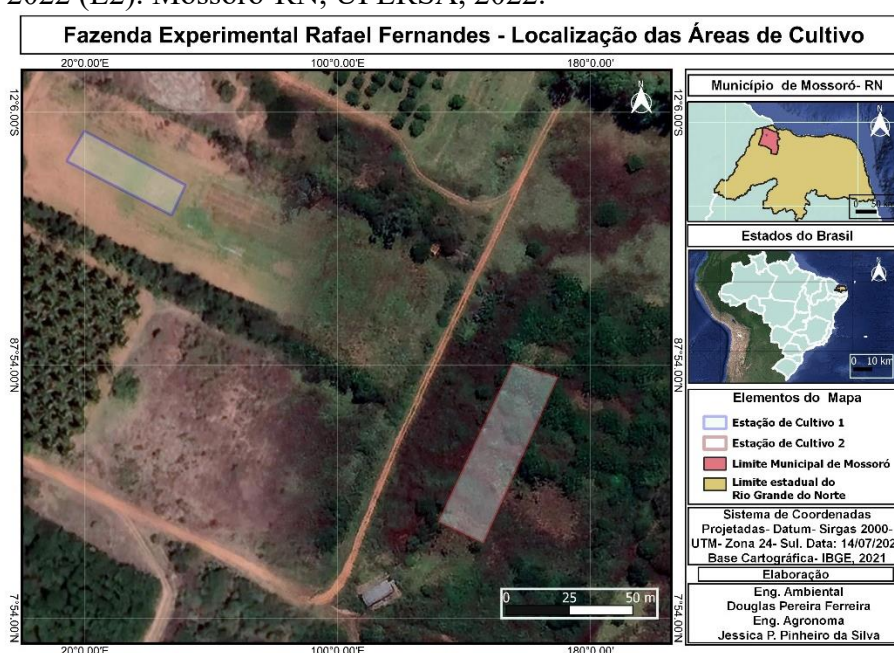
Atualmente, a adubação verde com espécies espontâneas do bioma Caatinga, tem-se constituído numa estratégia de importância capital na produção de hortaliças. Um dos grandes desafios na produção de hortaliças tuberosas é definir uma quantidade otimizada que proporcione um alto rendimento produtivo, com eficiência econômica do sistema produtivo. Assim, diante da carência de informações sobre o cultivo do rabanete adubado com flor-de-seda em ambiente semiárido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os indicadores agroeconômicos do rabanete com a utilização de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda, em duas estações de cultivo em ambiente semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram realizados no período de agosto a novembro de 2021 (E1 - Estação de cultivo 1) e de junho a setembro de 2022 (E2 - Estação de cultivo 2), na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, distante 20 km da sede do município de Mossoró, RN (5° 03 '37 "S, 37 ° 23 '50 "W, altitude de 18 m) (Figura 1). O solo das áreas experimentais é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (SANTOS et al., 2018).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas experimentais do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.



O clima da região onde foram realizados os experimentos, segundo a classificação de Köppen Geiger é BSw^h seco e muito quente, com duas estações: uma seca que geralmente ocorre de junho a janeiro e outra chuvosa de fevereiro a maio (BECK et al., 2018). Os dados meteorológicos médios para o período em que os experimentos foram realizados, estão apresentados na Tabela 1 (LABIMC, 2022).

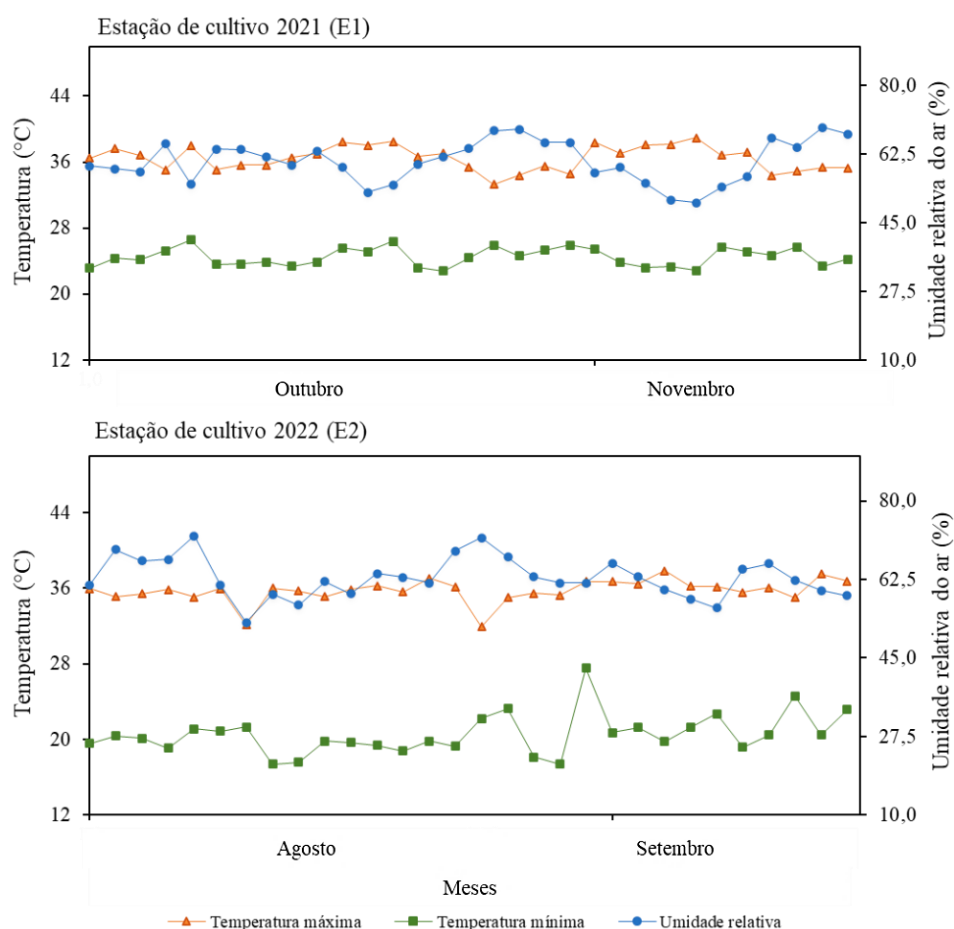
Tabela 1 - Dados meteorológicos médios, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Estações de cultivo	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Radiação solar (MJ m ⁻²)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
	Mínima	Média	Máxima			
2021 (E1)	24,47	29,51	36,45	60,70	274,80	2,80
2022 (E2)	20,54	27,78	35,73	62,87	256,41	1,71

Fonte: Elaboração própria (2022).

A temperatura média e a umidade relativa do ar diária, após a semeadura do rabanete, durante as estações de cultivo (2021 e 2022), estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Dados das médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, no período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, que foram homogeneizadas a fim de obter uma amostra composta. Posteriormente, estas foram secas ao ar, e peneiradas em peneira de 2 mm, e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água, Solo e Tecido Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte, para determinação de seus atributos químicos. Os resultados dessas análises, estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise química do solo antes da incorporação do adubo verde nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Estações de cultivo	C*	MO	pH	CE	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- g kg ⁻¹ -----		(H ₂ O)	dS m ⁻¹	mg dm ⁻³					mmolc dm ⁻³				
2021 (E1)	7,92	12,97	6,60	0,56	32,00	2,59	23,70	6,50	2,30	0,30	4,80	6,10	2,70	0,50
2022 (E2)	7,20	12,41	7,10	0,19	7,00	1,16	20,10	6,10	0,43	0,20	6,80	12,70	1,70	0,48

Fonte: Elaboração própria (2022). *C: carbono; pH: potencial Hidrogeniônico; MO: Matéria orgânica; CE: condutividade elétrica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Na: sódio; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; B: boro.

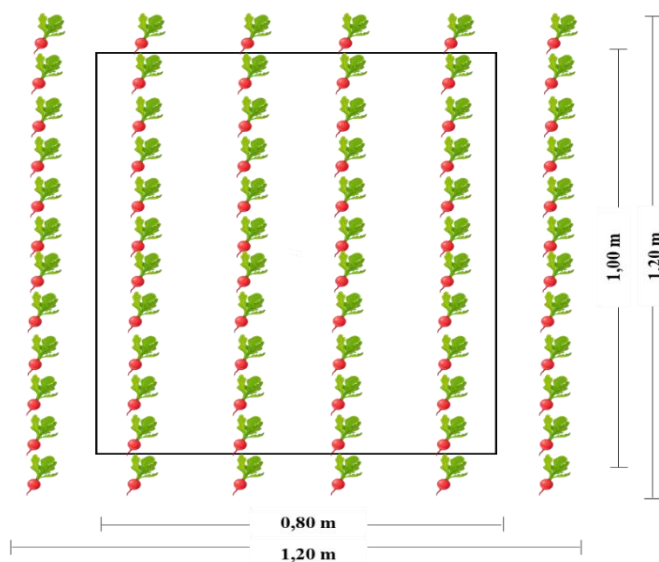
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de quantidades de biomassa de flor-de-seda (16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ em base seca). Em cada experimento, foi adicionado um tratamento com rabanete sem adubação (controle absoluto) e outro tratamento com adubação mineral (testemunha), para comparação com o tratamento de máxima eficiência agroeconômica.

O tratamento com adubação mineral foi realizado conforme recomendação de Raij et al. (1997) para a cultura do rabanete, com aplicação de N, P₂O₅, K₂O em fundação nas quantidades de 20, 240 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente, e em cobertura 60 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicado aos 7, 14 e 21 dias após a germinação, sendo aplicado entre fileiras em pequenos sulcos e cobertos com solo, para evitar perdas de nitrogênio por volatilização. Como fonte de NPK foram utilizados os seguintes adubos simples comerciais: Ureia: 45 % de N, Superfosfato simples (SFS): 18 % de P₂O₅ e Cloreto de potássio (KCl): 60 % de K₂O.

A área total de cada parcela dos experimentos foi de 1,44 m² contendo 6 fileiras, com área útil de 0,80 m², com o rabanete plantado no espaçamento de 0,20 m x 0,10 m (NUNES et al., 2020), perfazendo uma população estimada de 500.000 plantas por hectare. A área útil consistiu das quatro fileiras centrais de plantas com 10 plantas cada fileira, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Representação de uma parcela experimental de rabanete plantada no espaçamento de $0,20\text{m} \times 0,10\text{m}$. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A flor-de-seda utilizada como adubo verde, foi coletada da vegetação nativa nas proximidades da zona urbana e rural do município de Mossoró-RN, antes do início da sua floração, período que coincide com o maior acúmulo da matéria fresca. Posteriormente, foram levadas para a área da horta didática do Departamento do Centro de Ciências Agrárias (CCA), onde foram trituradas em máquina forrageira convencional em fragmentos de dois a três centímetros e, posteriormente foram desidratadas sob a luz do sol, por um período de 5 a 7 dias, até atingirem um teor de umidade em torno de 10%. Desse material, foram retiradas amostras e encaminhadas para análise laboratorial, cujas composições químicas obtidas foram: N= 14,09 g kg⁻¹; P= 1,54 g kg⁻¹; K= 22,72 g kg⁻¹; Ca= 0,98 g kg⁻¹; Mg= 1,98 g kg⁻¹ e relação C:N= 27:1.

Antes da instalação dos experimentos, foi realizado preparo do solo que consistiu em limpeza mecânica da área com uma aração e gradagem, seguida do levantamento dos canteiros, com auxílio de um retroencanteirador. Realizou-se uma solarização em pré-plantio durante 30 dias, com plástico transparente de 30 µm (Vulca Brilho Bril Fles), com a finalidade de combater nematoides, fitoparasitas e plantas daninhas na camada de 0-10 cm do solo, que poderiam prejudicar o desenvolvimento da cultura (AMARAL; ARAUJO, 2021). Após o período de solarização, aos vinte dias antes da semeadura do rabanete, as quantidades de biomassa seca de

flor-de-seda foram incorporadas ao solo na camada de 0-20 cm, de forma manual com auxílio de enxadas, em cada parcela, seguindo as quantidades especificadas nos tratamentos testados.

A cultivar do rabanete plantada foi a *Crimson Gigante*, recomendada para as condições climáticas do Nordeste brasileiro. Esta apresenta plantas com folhas de tamanho grande, raízes arredondadas, com coloração vermelha intensa, polpa muito branca e firme, com diâmetro variando de 4-5 cm. O plantio da primeira estação de cultivo foi realizado dia 05/10/2021 e o da segunda estação dia 08/08/2022. Em ambas as estações, o plantio foi realizado por semeadura direta, em covas de três centímetros de profundidade, colocando-se de duas a três sementes por cova e cobertas com substrato comercial. Aos sete dias após a semeadura (DAS) foi realizado desbaste, permanecendo uma planta por cova.

Os tratos culturais realizados ao longo de cada cultivo consistiram em capinas manuais para controle de plantas daninhas (a cada 7 dias) e amontoa do rabanete (realizado após o 15º DAS, a cada 7 dias). Foram realizadas irrigações diárias por microaspersão, em dois turnos de rega (manhã e tarde), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm dia⁻¹ (ALVES et al., 2017), a fim de manter a capacidade de campo do solo, favorecer a atividade dos microrganismos do solo e mineralização da matéria orgânica.

A colheita da primeira estação de cultivo foi realizada aos 30 DAS em 04/11/2021, enquanto o da segunda estação foi realizada aos 29 DAS em 06/09/2022.

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

2.4.1 Características agronômicas

As características agronômicas determinadas no rabanete, foram realizadas em uma amostra de 16 plantas, colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela. Foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, determinada através de uma régua graduada, considerando a distância entre a superfície do solo e o ápice da folha mais alta e, estimando-se a média expressa em centímetros; número de folhas por planta, determinado pela contagem direta do número de folhas em cada planta, maiores que três centímetros de comprimento, partindo-se das folhas basais até a última folha aberta, e expressa o número médio de folhas por planta; diâmetro de raízes, medido com auxílio de um paquímetro no sentido longitudinal e transversal, estimando-se a média expressa em centímetros e, rendimentos de massa seca da parte aérea e de raízes, determinados a partir da secagem da massa fresca, em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, obtendo-se assim as massas secas, expressas em t ha⁻¹ (SÁ et al., 2022).

Além dessas características, avaliou-se também a produtividade total, determinada a partir da massa fresca de raízes de todas as plantas da área útil, expressa em $t\ ha^{-1}$ e, a produtividade comercial de raízes, obtida da produtividade de raízes consideradas comerciais de todas as plantas da área útil, livres de rachaduras, bifurcações, nematoides e danos mecânicos, com diâmetro $\geq 20\ mm$ e expressa em $t\ ha^{-1}$ (SOUZA et al., 2020).

2.4.2 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos quantificados em cada tratamento estudado foram: renda bruta (RB) expressa em $R\$ ha^{-1}$, obtida multiplicando-se a produtividade de raízes comerciais de cada tratamento, pelo valor médio do produto pago ao produtor na região $R\$ 6,15\ kg^{-1}$ (valor utilizado para as duas estações de cultivo); renda líquida (RL) expressa também em $R\$ ha^{-1}$, calculada da subtração da renda bruta e custos de produção (CP) de cada tratamento, provenientes do uso insumos e de serviços envolvidos; a taxa de retorno (TR), obtida por meio da relação entre a RB e os custos de produção (CP) de cada tratamento, correspondendo a quantos reais seriam obtidos, para cada real investido em função do fator estudado e; índice de lucratividade (IL), determinado pela relação entre a RL e RB, expresso em percentagem (FERREIRA et al., 2022).

Os custos de produção calculados em cada tratamento, foram obtidos baseados nos coeficientes de custos e serviços utilizados em um hectare de rabanete, considerando os dispêndios totais realizados pelo produtor durante o processo produtivo por hectare de área cultivada, englobando os serviços prestados pelo capital estável e circulante, como depreciação, custos de aquisição e manutenção e reparos de máquinas, implementos e benfeitorias; mão de obra; operações de máquinas e implementos; e insumos, que varia em função da quantidade de adubo verde testado.

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Análise univariada de variância para o delineamento de blocos completos casualizados foi realizada em cada característica ou indicador, através do *software* SAS (SAS, 2015). Realizou-se também uma análise conjunta de cada característica ou indicador, para saber se havia ou não interação entre os tratamentos testados e as estações de cultivo. Para isso, a pré-suposição de homogeneidade foi verificada através da relação entre o maior e o menor quadrado médio residual dos experimentos, sendo este menor que 7 (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Posteriormente, foi realizado um procedimento de ajustamento de curva de regressão em

cada variável, utilizando-se o *software* Table Curve (SYSTAT SOFTWARE, 2022), para estimar o comportamento de cada característica ou indicador, em função de quantidades de biomassa seca da flor-de-seda.

Os modelos selecionados foram realizados baseados nos seguintes critérios: lógica biológica da variável, ou seja, quando se constata que após determinada quantidade máxima de fertilizante não há aumento da variável; na significância do quadrado médio do resíduo da regressão; no alto valor do coeficiente de determinação; e na significância dos parâmetros da equação de regressão (FERREIRA et al., 2022). O teste F foi utilizado para comparar os valores médios entre as estações de cultivo, entre o valor médio de máxima eficiência agrônômica ou econômica, entre o valor médio dos tratamentos fertilizados com biomassa seca de flor-de-seda e entre o tratamento fertilizado com adubo mineral com o tratamento testemunha (não adubado).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO RABANETE

Os resultados da análise de variância das características agrônômicas do rabanete: altura de plantas, número de folhas por planta, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal de raízes estão apresentados na Tabela 3. Foram observadas interações significativas entre os fatores, quantidades de biomassa seca de flor-de-seda e estações de cultivo para todas as características avaliadas na cultura do rabanete.

Tabela 3 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência física (MEF), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}) para altura de plantas, número de folhas por planta, diâmetro longitudinal e transversal de raízes de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

Comparação de tratamento	Altura de plantas (cm)			Número de folhas por planta		
	2021	2022	2021/2022	2021	2022	2021/2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	11,66cA*	11,93cA	11,80	6,08bA	5,59bB	5,93
Tratamento de MEF	14,32bB	18,83bA	16,54 ⁺	7,07aA	6,42aB	6,72 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	13,71bB	17,48bA	17,48 ⁺	6,78aA	6,41aB	6,59 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	22,56aB	29,21aA	25,89 ⁺	6,55aA	6,94aA	6,74 ⁺
CV (%)	6,14	12,21	10,34	7,87	9,44	8,45
	Diâmetro longitudinal (cm)			Diâmetro transversal (cm)		
	2021	2022	2021/2022	2021	2022	2021/2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	3,16cB	3,92cA	3,53	2,62cA	2,82cA	2,72
Tratamento de MEF	5,03bA	5,03bA	5,01 ⁺	4,64aA	3,97bB	4,25 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	4,91bA	4,84bA	4,88 ⁺	4,51aA	3,79bB	4,15 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	5,22aB	6,20aA	5,71 ⁺	4,21bA	4,22aA	4,22 ⁺
CV (%)	4,31	7,06	5,91	3,69	6,00	4,85

Fonte: Elaboração própria (2022). * Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F na probabilidade de 5%. ⁺A média dos tratamentos com adubo verde, tratamento com adubo mineral ou do tratamento de MEF são significativamente diferentes da média do tratamento controle pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios de máxima eficiência física (MEF) dos tratamentos que receberam o adubo verde (T_{av}) e do tratamento mineral (T_m) diferiram da testemunha (T_{nf}) nas características altura de plantas, número de folhas por planta e diâmetro longitudinal e transversal nas duas estações de cultivo. Nessas características, os valores de MEF foram de 1,4, 1,1, 1,4 e 1,6 vezes os valores de T_{nf} . As estações de cultivo dentro dos tratamentos adubados com biomassa de flor-de-seda diferiram, com E1 superando E2 no número de folhas por planta e no diâmetro transversal, enquanto na altura de plantas se observou comportamento inverso. Para o diâmetro longitudinal, não se observou diferença significativa entre as estações de cultivo (Tabela 3).

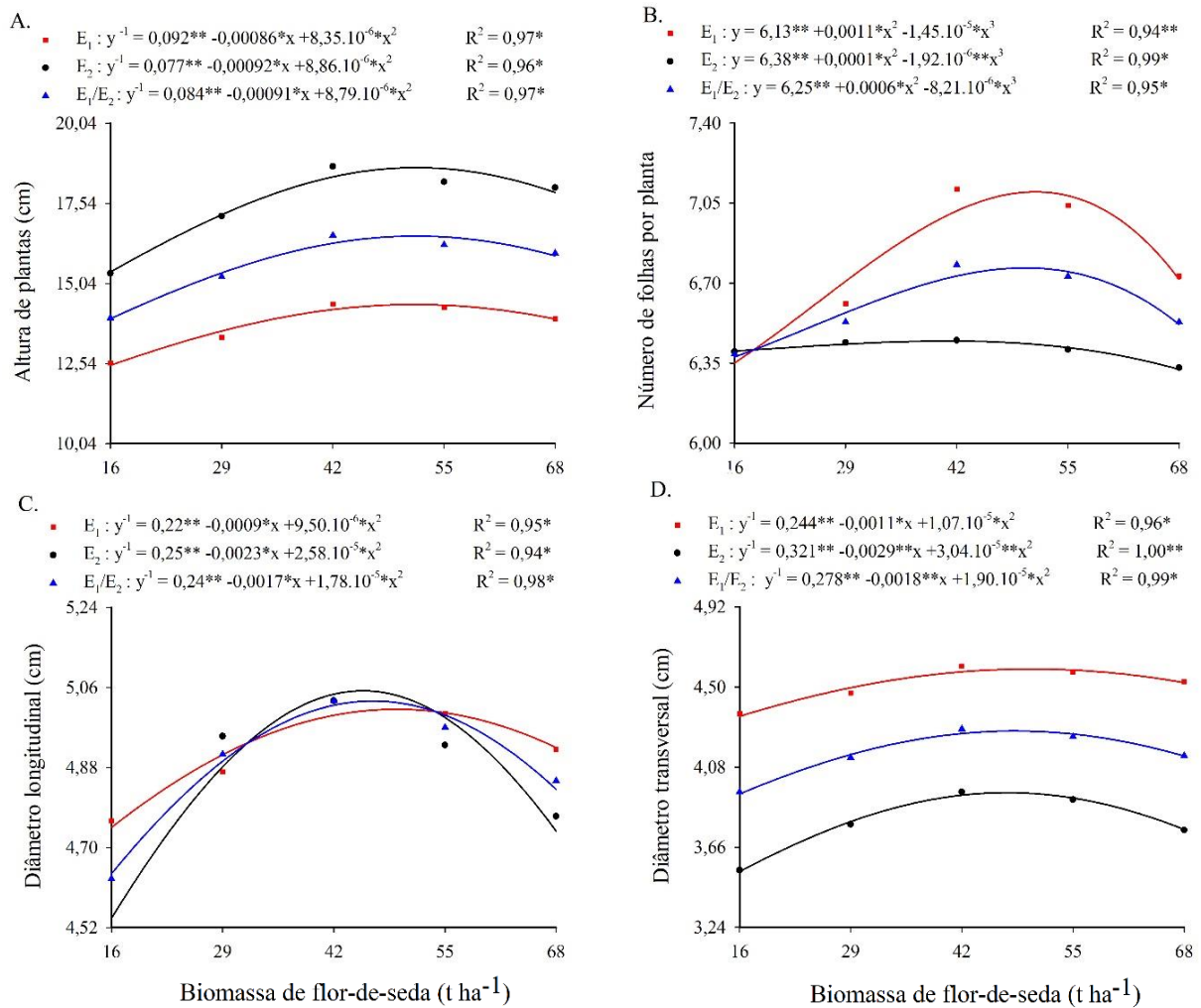
No tratamento controle, não houve diferença significativa entre as estações de cultivo na altura de plantas e no diâmetro transversal. Na característica número de folhas por planta, E1 superou E2, enquanto no diâmetro longitudinal registrou-se comportamento inverso. No tratamento mineral, não se observou diferença significativa entre as estações de cultivo nas características número de folhas por planta e diâmetro transversal. No entanto, na altura de plantas e no diâmetro longitudinal, observou-se diferença significativa entre as estações de cultivo, com E2 superando E1 (Tabela 3).

Estudando as quantidades do adubo verde dentro de cada estação (E), nas características altura de plantas, número de folhas por planta e diâmetro longitudinal e transversal, observou-se um comportamento crescente, em função do aumento das quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, em um modelo polinomial para cada característica, tanto na primeira (E1) quanto na segunda estação de cultivo (E2) (Figura 4).

Os valores de máxima eficiência física dessas características foram de 14,32 (E1) e 18,83 cm (E2) na altura de plantas; 7,07 (E1) e 6,42 (E2) no número de folhas por plantas, respectivamente, nas quantidades de biomassa de flor-de-seda de 51,54 (E1) e 51,76 (E2); 51,22 (E1) e 40,95 (E2) $t\ ha^{-1}$. A MEF de 5,03 (E1) e 5,03 cm (E2) no diâmetro longitudinal e de 4,64 (E1) e 3,97 cm (E2) no diâmetro transversal, foi alcançada ao incorporar respectivamente, 49,56 (E1) e 45,39 (E2); 50,06 (E1) e 47,27 (E2) $t\ ha^{-1}$ de biomassa seca de flor-de-seda, diminuindo então até os valores da última quantidade do adubo verde incorporada (Figuras 4A a 4D).

Estimando-se as eficiências físicas máximas dessas características, sobre as estações de cultivo, também foi observado um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades do adubo verde até os valores máximos de 16,54 cm (altura da planta); 6,72 (número de folhas por planta); 5,01 cm (diâmetro longitudinal) e 4,25 (diâmetro transversal) nas quantidades de adubo verde de 51,68; 50,01; 46,57 e 48,20 $t\ ha^{-1}$, diminuindo até a maior quantidade de fertilizante testado (Figuras 4A a 4D).

Figura 4 - Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), diâmetro longitudinal (C) e transversal de raízes (D) em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados da análise de variância das características produtivas do rabanete: produtividade total e comercial de raízes e massa da parte aérea e de raízes estão detalhadas na Tabela 4. Foram detectadas interações significativas entre os fatores-tratamentos, quantidades de biomassa de flor-de-seda e estação de cultivo para todas as características produtivas avaliadas.

Os valores médios de máxima eficiência física (MEF) dos tratamentos que receberam adubação verde (T_{av}) e do tratamento mineral (T_{am}), diferiram da testemunha (T_{nf}) em todas as características produtiva do rabanete, exceto na massa seca de raízes na primeira estação (E1), onde para essa característica, todos os tratamentos foram semelhantes à testemunha (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência física (MEF), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}) para produtividade total e comercial de raízes, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

Comparação de tratamento	Produtividade total de raízes (t ha ⁻¹)			Produtividade de raízes comerciais (t ha ⁻¹)		
	2021	2022	2021/2022	2021	2022	2021/2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	4,73cB*	6,98bA	5,86	3,31cB	5,81cbA	4,56
Tratamento de MEF	8,64aB	13,51aA	11,07 ⁺	6,94aB	12,16aA	9,56 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	7,80bB	12,28bA	9,99 ⁺	5,89bB	10,74bA	8,32 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	8,73aB	14,36aA	11,55 ⁺	6,60aB	12,00aA	9,30 ⁺
CV (%)	6,90	7,17	7,28	8,64	7,43	8,05
	Massa seca da parte aérea (t ha ⁻¹)			Massa seca de raízes (t ha ⁻¹)		
	2021	2022	2021/2022	2021	2022	2021/2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	0,34cA	0,42cA	0,38	0,58aA	0,49cA	0,53
Tratamento de MEF	0,65bB	0,87bA	0,75 ⁺	0,69aB	0,81bA	0,74 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	0,55bB	0,77bA	0,66 ⁺	0,64aB	0,77bA	0,70 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	0,99aB	1,49aA	1,24 ⁺	0,55aB	1,11aA	0,84 ⁺
CV (%)	14,26	14,17	14,40	16,81	11,11	13,68

Fonte: Elaboração própria (2022). * Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F na probabilidade de 5%. ⁺ A média dos tratamentos com adubo verde, tratamento com adubo mineral ou do tratamento de MEF são significativamente diferentes da média do tratamento controle pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

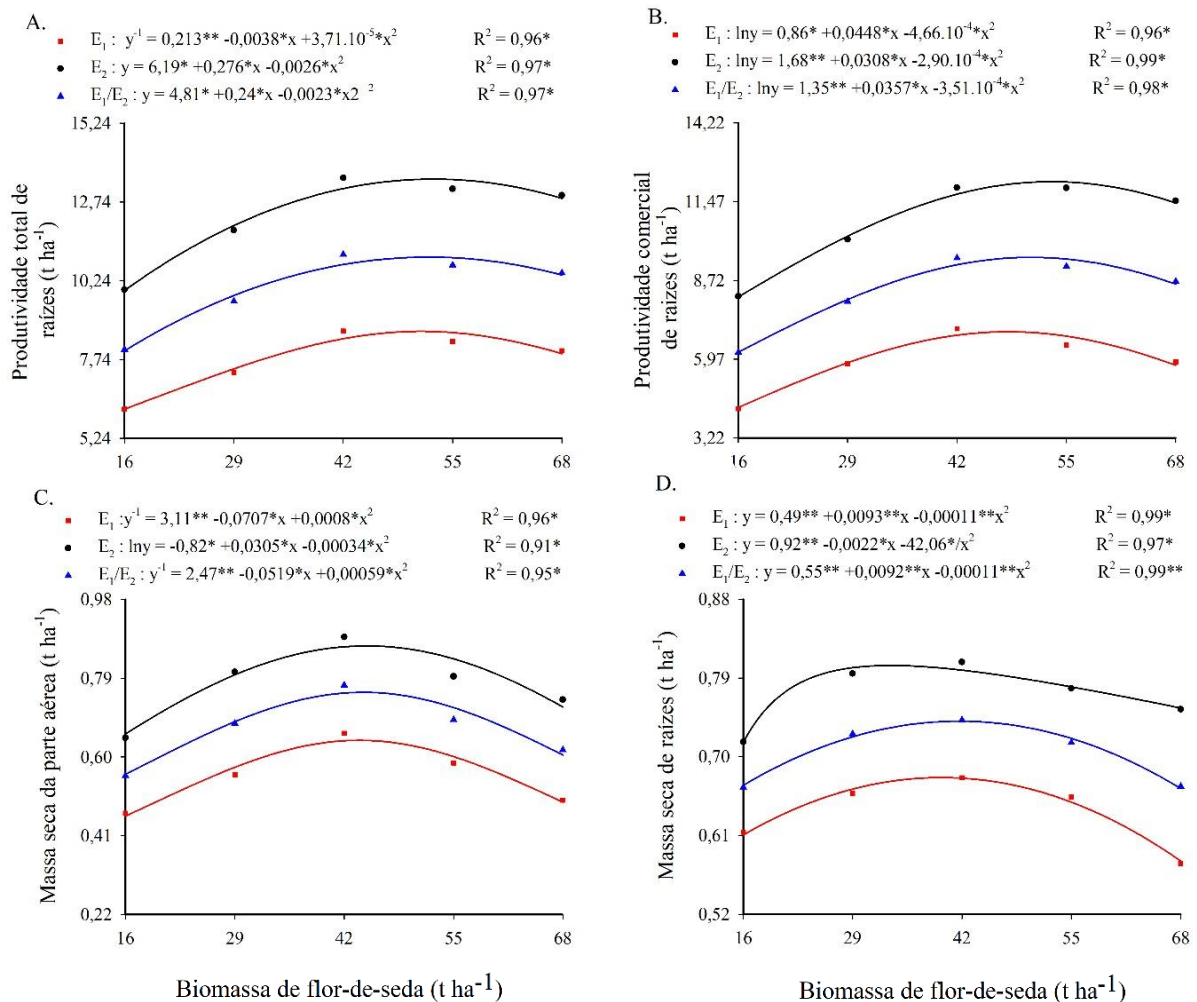
Nessas características, os valores de máxima eficiência física foram de 1,9, 2,1, 2,0 e 1,4 vezes os valores do tratamento testemunha. As estações de cultivo dentro dos tratamentos adubados com adubo verde e mineral diferiram, com E2 superando E1 em todas as características produtivas do rabanete. No tratamento controle, registrou-se diferença significativa entre as estações de cultivo nas produtividades total e comercial de raízes, com E2 superando E1, enquanto nas massas secas da parte aérea e de raízes, não se observou diferença significativa entre as estações de cultivo (Tabela 4).

Estudando as quantidades do adubo verde, dentro de cada estação de cultivo (E), observou-se um comportamento polinomial crescente na primeira (E1) e na segunda (E2) estação de cultivo até os valores máximos respectivos de 8,64 (E1) e 13,51 (E2) t ha⁻¹ na produtividade total, de 6,94 (E1) e 12,16 (E2) t ha⁻¹ na produtividade comercial, ao incorporar respectivamente, 51,31 (E1) e 52,71 (E2); 48,08 (E1) e 53,24 (E2) t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda ao solo. A MEF de 0,65 (E1) e 0,87 (E2) t ha⁻¹ de massa seca da parte aérea e de 0,69 (E1) e 0,81 (E2) t ha⁻¹ de massa seca de raízes, foi obtida nas quantidades de biomassa seca de flor-de-seda de 43,78 (E1) e 44,65 (E2); 39,57 (E1) e 33,53 (E2) t ha⁻¹, respectivamente, decrescendo esses valores até a maior quantidade da biomassa de flor-de-seda incorporado ao solo (Figuras 5A a 5D).

Estimando-se as eficiências físicas máximas dessas características produtivas sobre as

estações de cultivo, também foi observado um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades de biomassa seca de flor-de-seda até os valores máximos de 11,07 t ha⁻¹ (produtividade total de raízes); 9,56 t ha⁻¹ (produtividade comercial de raízes); 0,75 t ha⁻¹ (massa seca da parte aérea) e 0,74 (massa seca de raízes) nas quantidades da biomassa seca de flor-de-seda de 52,15, 50,86, 44,26 e 41,69 t ha⁻¹, diminuindo então até a maior quantidade do fertilizante testado (Figuras 5A a 5D).

Figura 5 - Produtividade total (A), produtividade comercial (B), massa seca parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

As respostas ascendentes e otimizações (valores de MEF) das características agrônômicas e produtivas do rabanete, em modelos polinomiais, podem ser atribuídas à Lei do

Máximo, onde o excesso de um nutriente no solo fornecido pela quantidade de flor-de-seda pode ter um efeito tóxico, e/ou diminuir a efetividade de outros elementos, resultando na redução da característica em análise após o ponto máximo (ALMEIDA et al., 2015). Outro fator que pode estar relacionado a esse comportamento das hortaliças tuberosas, é a sincronia entre a decomposição e mineralização da biomassa de flor-de-seda adicionada ao solo e a estação de maior demanda nutricional da cultura (SILVA et al., 2021).

Os modelos polinomiais testados nas características agronômicas e produtivas do rabanete, atenderam aos critérios de seleção e de ajustamento utilizados para expressar o comportamento de cada característica avaliada, onde o aumento da disponibilidade de nutrientes se deu pelo aumento da quantidade de flor-de-seda adicionada ao solo, resultando em maior altura de plantas, número de folhas por planta, maior diâmetro de raízes, massa seca da parte aérea e de raízes e na produtividade de raízes. O menor potencial produtivo de raízes total e comercial do rabanete, observado na primeira estação de cultivo, pode estar relacionado às condições climáticas da estação de cultivo, e pelas características do solo do local, uma vez que a cultura é sensível ao estresse hídrico e altas temperaturas.

O processo de decomposição do adubo verde é influenciado pela relação carbono: nitrogênio (C:N), que determina a velocidade de degradação da massa dos resíduos, o predomínio da imobilização e mineralização do nitrogênio, sendo a faixa ideal da relação C:N entre 20:1 e 30:1 (VALE et al., 2004). A relação C:N do material vegetal utilizado na pesquisa é de 27:1, conferindo desta forma decomposição acelerada e disponibilização de nutrientes.

Os efeitos significativos do tratamento mineral em comparação ao tratamento fertilizado com biomassa de flor-de-seda, possivelmente estão relacionados com a concentração de NPK que os adubos inorgânicos fornecem. Apesar disso, observa-se que a máxima eficiência física do adubo verde para produtividade total e comercial de raízes, não diferiu estatisticamente do T_{am} , apresentando na primeira estação de cultivo (E1), produtividade comercial próxima a média produtiva da região Nordeste de 8 t ha⁻¹ de raízes de rabanete (IBGE, 2017), ultrapassando essa média na segunda estação de cultivo (E2), que foi de 12,6 t ha⁻¹ de raízes de rabanete.

Esses resultados demonstram que as quantidades de macronutrientes (NPK), fornecidas pelo adubo verde testado, atenderam de maneira balanceada a demanda nutricional das plantas de rabanete ao longo do ciclo. Sabe-se que a concentração de nitrogênio favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumentando assim o peso das raízes e o número de folhas por planta. O potássio influencia na fotossíntese das plantas e o fósforo afeta a formação das raízes,

influenciando diretamente na produtividade e na qualidade das raízes de rabanete (TAIZ et al., 2017).

3.3 INDICADORES ECONÔMICOS DO RABANETE

Os resultados da análise de variância dos indicadores econômicos do rabanete: renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade estão apresentados na Tabela 5. Foram observadas interações significativas entre os fatores-tratamentos, quantidades de biomassa de flor-de-seda e estações de cultivo para todos esses indicadores econômicos avaliados.

Tabela 5 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência econômica (MEE), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}), para renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.

Comparação de tratamento	Renda bruta (R\$ ha ⁻¹)			Renda líquida (R\$ ha ⁻¹)		
	2021 (E1)	2022 (E2)	2021/2022 (E1/E2)	2021 (E1)	2022 (E2)	2021/2022 (E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	20.341,13bB*	35.709,98bA	28.025,55	9.759,68bB	25.128,53bA	17.444,10
Tratamento de MEE	42.477,85aB	74.442,90aA	58.708,70 ⁺	23.069,77aB	53.130,67aA	37.641,08 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	36.226,15aB	66.070,99aA	51.148,57 ⁺	16.068,38aB	45.913,23aA	30.990,81 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	40.574,62aB	73.852,28aA	57.213,45 ⁺	18.968,92aB	52.247,57aA	35.607,74 ⁺
CV (%)	8,64	7,43	8,05	19,18	10,65	13,20
Taxa de retorno			Índice de lucratividade (%)			
Controle (não fertilizado, T_{nf})	1,92bB	3,37bA	2,65	46,72bB	69,30bA	58,01
Tratamento de MEE	2,13aB	3,72aA	2,94 ⁺	52,61aB	72,76aA	62,55 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	1,83bB	3,33bA	2,58	43,83bB	69,51bA	56,67
Tratamento adubo mineral (T_{am})	1,88bB	3,42bA	2,65	46,51bB	70,71bA	58,61
CV (%)	10,14	8,74	9,46	12,18	4,64	7,82

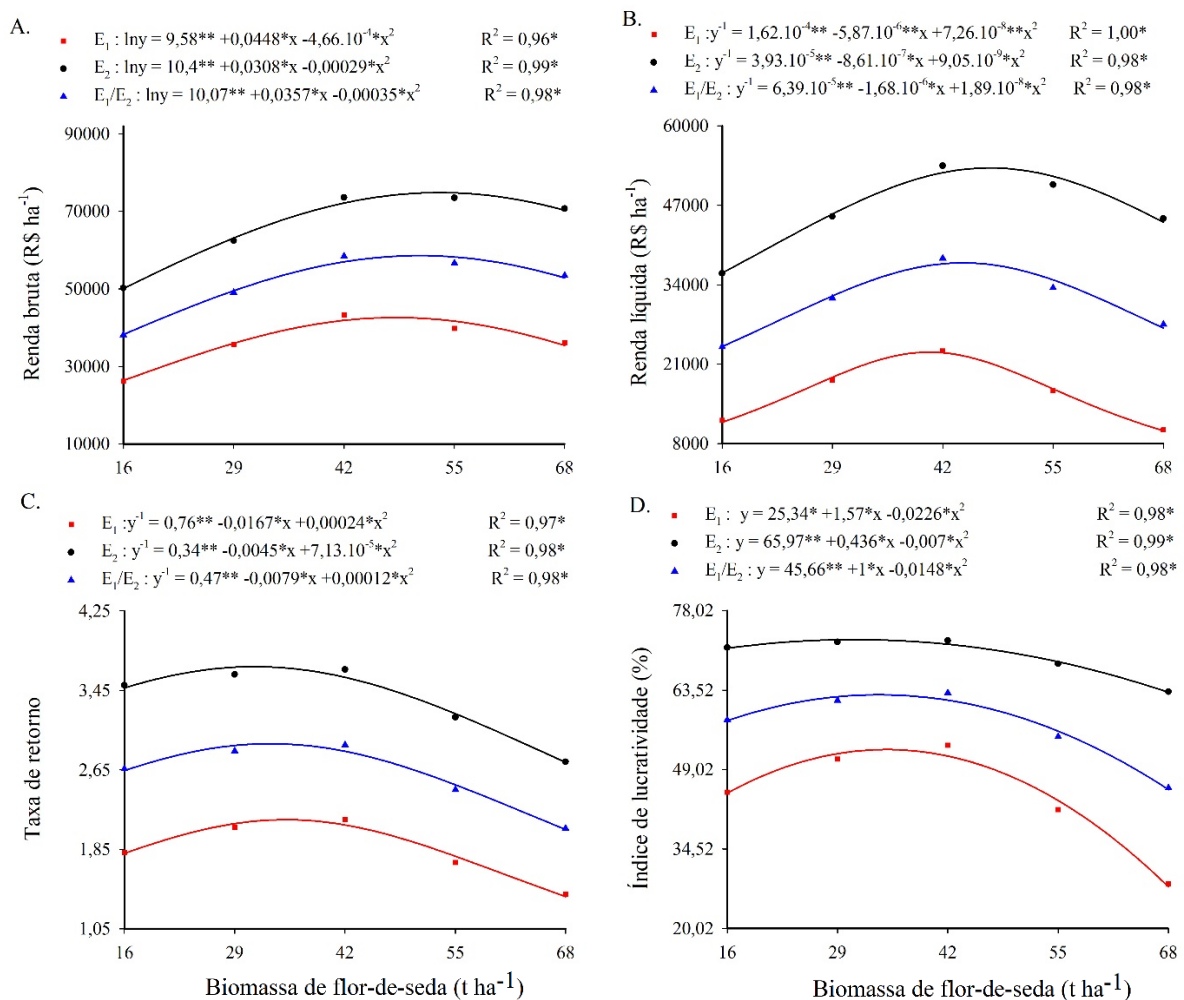
Fonte: Elaboração própria (2022). * Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F na probabilidade de 5%. ⁺A média dos tratamentos com adubo verde, tratamento com adubo mineral ou do tratamento de MEF são significativamente diferentes da média do tratamento controle pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

O custo total para produção de 1 ha de rabanete foi estimado para cada tratamento, sendo observados os seguintes valores: R\$14.340,52; R\$17.295,98; R\$20.120,15; R\$23.075,61; R\$25.899,78 para as quantidades, respectivas, de 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda; R\$10.581,45 para o tratamento controle; e R\$21.605,70 para o tratamento com adubação mineral, nas duas estações de cultivo. Os custos com a adubação verde envolvem despesas, tais como corte, transporte, trituração, secagem, ensacamento, distribuição,

incorporação e energia elétrica da forrageira, que variam em função da quantidade de biomassa de flor-de-seda (Apêndice).

Os valores médios de máxima eficiência econômica (MEE) dos tratamentos que receberam adubação verde (T_{av}) e do tratamento mineral (T_m) diferiram da testemunha (T_{nf}) em todos os indicadores econômicos do rabanete. Nesses indicadores, os valores de máxima eficiência econômica foram de 2,0, 2,2, 1,1 e 1,1 vezes os valores do tratamento testemunha. As estações de cultivo, dentro dos tratamentos adubados com biomassa de flor-de-seda e adubo mineral e, dentro do tratamento controle também diferiram, com E2 superando E1 em todos os indicadores econômicos do rabanete (Tabela 5).

Figura 6 - Renda bruta (A), renda líquida (B), taxa de retorno (C) e índice de lucratividade (D) do rabanete, em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Estudando as quantidades do adubo verde dentro de cada estação de cultivo (E), observou-se um comportamento polinomial crescente na primeira (E1) e na segunda (E2) estação de cultivo até os valores máximos, respectivos de R\$ 42.477,85 (E1) e R\$ 74.442,90 ha^{-1} (E2) na renda bruta; de R\$ 23.069,77 (E1) e R\$ 53.130,67 ha^{-1} (E2) na renda líquida, nas quantidades de biomassa de flor-de-seda de 48,08 (E1) e 53,24 (E2); 40,43 (E1) e 47,55 (E2) t ha^{-1} , respectivamente. A máxima eficiência econômica de 2,13 (E1) e 3,72 (E2) reais para cada real investido na taxa de retorno e de 52,61 (E1) e 72,76% (E2) no índice de lucratividade 35,02 (E1) e 31,33 (E2), foram obtidas ao incorporar no solo, respectivamente, 34,74 (E1) e 31,01 (E2) t ha^{-1} de biomassa de flor-de-seda, decrescendo esses valores até a maior quantidade da biomassa de flor-de-seda incorporado ao solo (Figuras 6A a 6D).

Estimando-se as eficiências econômicas máximas desses indicadores econômicos sobre as estações de cultivo, também foi observado um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades do adubo verde até os valores máximos de R\$ 58.708,70 e R\$ 37.641,08 ha^{-1} para renda bruta e renda líquida, respectivamente, e de 2,94 e 62,55% para a taxa de retorno e índice de lucratividade nas quantidades de 50,86; 44,39; 33,18 e 33,86 t ha^{-1} de biomassa seca de flor-de-seda, diminuindo até a maior quantidade do fertilizante testado (Figuras 6A a 6D).

As respostas crescentes dos indicadores econômicos avaliados na cultura do rabanete e, as otimizações econômicas alcançadas, com decréscimo após o ponto máximo na forma de modelo polinomial, em função das quantidades de biomassa de flor-de-seda, resultam da disponibilidade gradativa dos nutrientes da biomassa de flor-de-seda, ao longo do ciclo do rabanete, e da melhoria biológica e físico-química do solo (PAIVA et al., 2017), promovendo, condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. No entanto, sabe-se que a adubação verde é conhecida por melhorar a fertilidade do solo e aumentar o seu teor de matéria orgânica, por diminuir as taxas de erosão, por aumentar a retenção de água no solo, a atividade microbiana e a disponibilidade de nutrientes, além de reduzir a quantidade de plantas invasoras (GRAHAM; HAYNES, 2006).

Diante do comportamento registrado nesses índices econômicos, torna-se evidente que a eficiência agrônômica obtida nas características produtivas do rabanete foi traduzida em eficiência econômica, evidenciando assim que o uso dessa prática de adubação proporciona um retorno financeiro compatível com o capital investido. Baseado nos resultados obtidos, podemos afirmar com segurança que o produtor que pratica o cultivo do rabanete em monocultivo em ambiente semiárido, tem a opção de escolher estrategicamente a quantidade

ótima da biomassa de flor-de-seda que resulta no melhor custo-benefício, em vista da produtividade que pretender obter.

Outros fatores colaborativos para adoção dessa prática de adubação com plantas espontâneas do bioma Caatinga envolvem a disponibilidade local da espécie (RANGEL; NASCIMENTO, 2011), a oferta de fitomassa durante todo o ano e, a viabilidade de armazenamento do adubo na forma de feno, conservando suas qualidades nutricionais (ALMEIDA; SOUZA; BATISTA, 2019), além da possibilidade de redução nos custos de produção no que se refere a mão-de-obra, especialmente para a agricultura familiar, que não depende estruturalmente de mão-de-obra contratada para o seu pleno funcionamento (SILVA NETO, 2014).

Diante dessa potencialidade agroeconômica evidenciada, e do aumento significativo dos custos dos insumos agrícolas no cultivo convencional, em especial dos fertilizantes minerais (NICOLOSO; MARTINS, 2021), a adoção da prática de adubação verde nas unidades de produção agrícola, torna-se ferramenta estratégica na redução do custo de produção, diminuindo assim, a dependência dos mercados químicos e, conseqüentemente os custos operacionais e produtivos das hortícolas, oportunizando o alcance de novos mercados, com a oferta de produtos sem adição de agroquímicos (SILVA et al., 2021).

Os resultados dos indicadores econômicos obtidos concordam em parte com os alcançados por Silva et al. (2021), quando adubaram a cultura da cenoura com diferentes quantidades do adubo verde, onde obtiveram indicadores de eficiência econômica da ordem de R\$ 62.704,94 e R\$ 33.744,07 ha⁻¹ para renda bruta e líquida, e de 2,27 e 56,63% para a taxa de retorno e índice de lucratividade, respectivamente, nas quantidades de 47,60; 42,81; 31,69 e 31,85 t ha⁻¹ de biomassa deste adubo verde. Esses resultados, demonstram a eficiência econômica da adubação verde, no desempenho e desenvolvimento da cultura tuberosa como a cenoura, e tem se estendido para a cultura do rabanete, como verificado neste trabalho.

4 CONCLUSÕES

A adubação do rabanete para obtenção da máxima eficiência produtiva otimizada (9,56 t ha⁻¹) foi possível com a incorporação de 50,86 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda no solo.

A máxima eficiência agroeconômica otimizada (baseada na renda líquida de R\$ 37.641,08 ha⁻¹) do cultivo do rabanete, foi obtida com a quantidade de 44,39 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda adicionada ao solo. A taxa de retorno e a margem de lucro obtida foram de R\$ 2,94 para cada real investido com margem de lucro de 62,55%.

A utilização da biomassa seca de flor-de-seda como adubo verde é uma tecnologia viável para produtores que praticam o monocultivo de rabanete em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, M. O. et al. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e7410716351, 2021.
- ALVES, E. S. et al. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- ALMEIDA, A. E. S. et al. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 79-85, 2015.
- ALMEIDA, I. V. B.; SOUZA, J. T. A.; BATISTA, M. C. Melhoramento genético de plantas forrageiras xerófilas: Revisão. **Pubvet**, v. 13, n. 8, p. 153, 2019.
- AMARAL, L. S.; ARAUJO, E. O. **Biocontrole de fitonematóides: atualidades e perspectivas**. São Paulo: Editora Dialética, 2021. 264 p.
- BECK, H. E. et al. Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.
- COSTA, R. G. et al. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2009.
- FERREIRA, R. C. et al. Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 595-605, 2022.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.
- GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J. Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microbial community in the row and inter-row of sugar cane under burning a trash retention. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 21-31, 2006.
- GUERRA, N. M. et al. Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10510413883-e-10510413883, 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017: Produção da horticultura cultura do rabanete**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954#resultado>> Acesso em: 12 set. 2022.
- LABIMC. Laboratório de Instrumentação Meteorologia e Climatologia. **Estações Meteorológica Automática (EMA)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2022. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>>. Acesso em: 10 set. 2022.

- LINO, V. A. S. et al. Beetroot and radish production under different doses of green manures. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e66101623205 – e66101623205, 2021.
- NICOLOSO, R. S.; MARTINS, F. M. Adubação orgânica: produtividade com menor custo. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 178, n. 7, p. 25-33, 2021.
- NUNES, R. L. C. et al. Effect of green manuring with *Merremia aegyptia* on agro-economic efficiency of radish production. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 964-973, 2020.
- NUNES, R. L. C. et al. Agro-economic responsiveness of radish associations with cowpea in the presence of different amounts of *Calotropis procera*, spatial arrangements and agricultural crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 350-363, 2018.
- PAIVA, L. G. et al. Atributos físicos e químicos de solo cultivado com alface e coentro em diferentes sistemas de plantio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2, 2017, Campina Grande. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: CONDIDIS 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA3_I_D1427_23102017231628.pdf >. Acesso em: 07 set 2022.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. – Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. 451p.
- RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim técnico 100. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p.
- RANGEL, E. de S.; NASCIMENTO, M. T. Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (*Apocynaceae*) como espécie invasora de restinga. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 657-663, 2011.
- SÁ, J. M. et al. Yield performance and agro-economic efficiency of radish-arugula intercropping under green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 168-180, 2022.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SAS. SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.
- SILVA, J. N. et al. Agro-economic indicators for carrot under green manure in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 2021.
- SILVA, J. N. et al. Production and benefits in carrot and vegetable cowpea associations under green manuring and spatial arrangements. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, p. 1-11, 2020.
- SILVA, I. N. et al. Agronomic performance and economic profitability of lettuce fertilized with *Calotropis procera* as a green manure in a single crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 10, p. 1573-1577, 2018.

SILVA NETO, B. Sistemas agrários e agroecologia: a dinâmica da agricultura e as condições para uma transição agroecológica no município de Porto Xavier (RS). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 15-29, 2014.

SOUZA, L. G. et al. Desempenho de cultivares de rabanete em sistema orgânico no Acre. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 536-542, 2020.

SYSTAT SOFTWARE. **Table Curve 2D - Curve fitting made fast and easy**. San Jose, CA: *Systat Software Inc*, 2022.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VALE, F. R. et al. **Fertilidade do solo**: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: UFLA/Faepe, 2004. 171 p.

VIEIRA, F. A. et al. Technical-economic efficiency of the yield of green grains of cowpea fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 504-510, 2018.

CAPÍTULO II - QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COLORAÇÃO DE RAÍZES DE RABANETE SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM DUAS ESTAÇÕES DE CULTIVO

RESUMO

A qualidade pós-colheita do rabanete, pode ser comprometida por fatores como o tipo de sistema de produção e manejo de adubação. O objetivo deste trabalho foi estimar os índices de qualidade pós-colheita de raízes de rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda em duas estações de cultivos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram das quantidades de biomassa de flor-de-seda: 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ em base seca, incorporadas ao solo. Foram adicionados em cada bloco dois tratamentos, um sem adubação e outro com adubo mineral, para fins de comparação com o tratamento de máxima eficiência. A cultivar de rabanete plantada foi *Crimson Gigante*. As características avaliadas foram pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, relação SS/AT, teor de açúcares solúveis totais, teor de vitamina C, teor de antocianina e parâmetros de cor. A máxima eficiência de sabor (SS/AT) e teor de açúcares solúveis totais, foi alcançada com 47,24 e 25,27 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, respectivamente. A maior concentração de compostos bioativos foi obtida ao incorporar entre 35,79 e 45,85 t ha⁻¹ biomassa seca de flor-de-seda. Os parâmetros de cor (L*, C*, h°) das raízes de rabanete vermelho, foram alcançados entre as quantidades de 40,39 a 53,14 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda. A utilização da flor-de-seda como adubo verde é uma alternativa para promoção da qualidade pós-colheita do rabanete e segurança alimentar.

Palavras-chave: *Raphanus sativus*; *Calotropis procera* (Ait.) R. Br.; adubação verde; características físico-química; alimento seguro.

CHAPTER II - POSTHARVEST QUALITY AND COLOR OF RADISH ROOTS UNDER ORGANIC FERTILIZATION IN TWO GROWING SEASONS

ABSTRACT

Factors such as the type of production system and fertilization management can compromise the radish post-harvest quality. This work aimed to estimate the radish roots post-harvest quality index as a function of different amounts of roostertree dry biomass in two growing seasons. The experimental design used was randomized blocks with five treatments and five replications. The treatments consisted of roostertree quantities 16, 29, 42, 55 and 68 t ha⁻¹ of dry feedstock and two additional treatments, one without fertilizer (absolute control) and the other with mineral fertilization, for effect compared with the treatment of maximum physical or economic efficiency. The radish cultivated variety was Crimson Giant. The evaluated characteristics were pH, titratable acidity, soluble solids, SS/TA ratio, total soluble sugars content, vitamin C content, anthocyanin content and color parameters. The maximum flavor efficiency (SS/AT), and total soluble sugar content with 47.24 and 25.27 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass were incorporated into the soil, respectively. The highest concentration of bioactive compounds when embedding between 35.79 and 45.85 t ha⁻¹ roostertree dry biomass. The color parameters (L*, C*, h°) of red radish roots between quantities 40.39 to 53.14 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass. The use of roostertree as a green fertilizer is an alternative to promote radish post-harvest quality and food safety.

Keywords: *Raphanus sativus*; *Calotropis procera* (Ait.) R.Br.; green adubation; physical-chemical characteristics; safe food.

1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma olerícola que tem apresentado alta demanda de consumo, principalmente devido sua qualidade nutricional (ARAUJO et al., 2020), sendo fonte de vitaminas A, complexo B e C, ferro, ácido fólico e nicotínico, potássio, fibras alimentares, tiamina, riboflavina, com baixo teor calórico (OLIVEIRA et al., 2010; FILGUEIRA, 2013). Além disso, a cultura é rica em compostos naturais bioativos vitamina C e antocianina e metabólitos secundários, que apresentam propriedades anticancerígenas e antioxidantes (MANIVANNAN et al., 2019), conferindo maior qualidade à hortaliça.

Além da qualidade nutritiva, a aparência, textura, sabor e segurança do alimento, são atributos físico-químicos e estéticos empregados na avaliação da qualidade, que determinam o grau de aceitação de hortaliças pelo consumidor final (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esses atributos relacionam-se com a acidez titulável (AT), potencial hidrogeniônico (pH), teor de vitamina C, sólidos solúveis (°Brix) que apresenta correlação com teor de açúcares (VALERO; SERRANO, 2010). A cor também é um parâmetro de qualidade, que está relacionado com o teor de antocianina, um composto fenólico atuante como pigmento natural, que apresenta expressiva ação à estresses oxidativos do metabolismo humano, causadores de doenças crônicas não degenerativas e inflamações (LE et al., 2019; GOMES et al., 2022).

Todavia, por ser uma cultura de ciclo curto exigente em nutrientes, a qualidade do rabanete pode ser comprometida por fatores como o sistema de produção e manejo de adubação, envolvendo tipos e quantidades de fertilizantes utilizados (ARAUJO et al., 2020; SOUSA M., et al. 2022). Desordens nutricionais desencadeiam alterações no metabolismo vegetal, modificando a fisiologia, morfologia e, principalmente as relações bioquímicas, resultando na supressão do crescimento da planta, formação de raízes isoporizadas (raízes insípidas e esponjosas) e rachadas, afetando sua qualidade pós-colheita (SILVA A. et al., 2017; TAIZ et al., 2017).

Diante dos impactos do sistema de produção convencional de hortaliças, causado pela toxicidade dos resíduos dos agrotóxicos e, pela crescente exigência por alimentos de qualidade que garantam a segurança alimentar e sustentabilidade (MUNIZ; ARAGÃO; SOUZA, 2022), a disponibilização de nutrientes através do uso de adubação verde torna-se alternativa para produção de hortaliças. A prática da adubação verde, promove otimização das condições do sistema, assegurando níveis satisfatórios de nutrientes e condições favoráveis no desenvolvimento de raízes (SILVA A. et al., 2017), colaborando ainda para produção de alimentos mais saudáveis, sem adição agroquímicos (SILVA et al., 2021).

No bioma Caatinga, espécies espontâneas como a flor-de-seda [*Calotropis procera* (Ait.) R. Br.] e jitrana (*Merremia aegyptia*) utilizadas como adubo verde, tem apresentado melhoria na qualidade pós-colheita de hortaliças folhosas e tuberosas no semiárido do Nordeste brasileiro como o coentro, alface e cenoura (BARROS JÚNIOR et al., 2005; BEZERRA NETO et al., 2006; BARROS JÚNIOR et al., 2010a). Estudos realizados por Barros Júnior et al. (2010b), demonstraram melhor qualidade pós-colheita do coentro à medida que aumentava as quantidades de adubos verdes, com valores máximos de sólidos solúveis 5,98 °Brix, acidez total de 0,227 % de ácido cítrico, vitamina C teor de 9,09 mg 100 mg⁻¹, na quantidade de 15,6 t ha⁻¹ de adubo verde. Guerra et al. (2022), estudando a qualidade de raízes de beterraba em sistema consorciado com alface sob adubação verde, registraram melhor qualidade pós-colheita para a beterraba quando adubada com quantidades de equitativa biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* entre 20 e 55 t ha⁻¹ e entre densidades populacionais de alface de 150 a 300 mil plantas por hectare.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar os índices de qualidade pós-colheita de raízes de rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda em duas estações de cultivos.

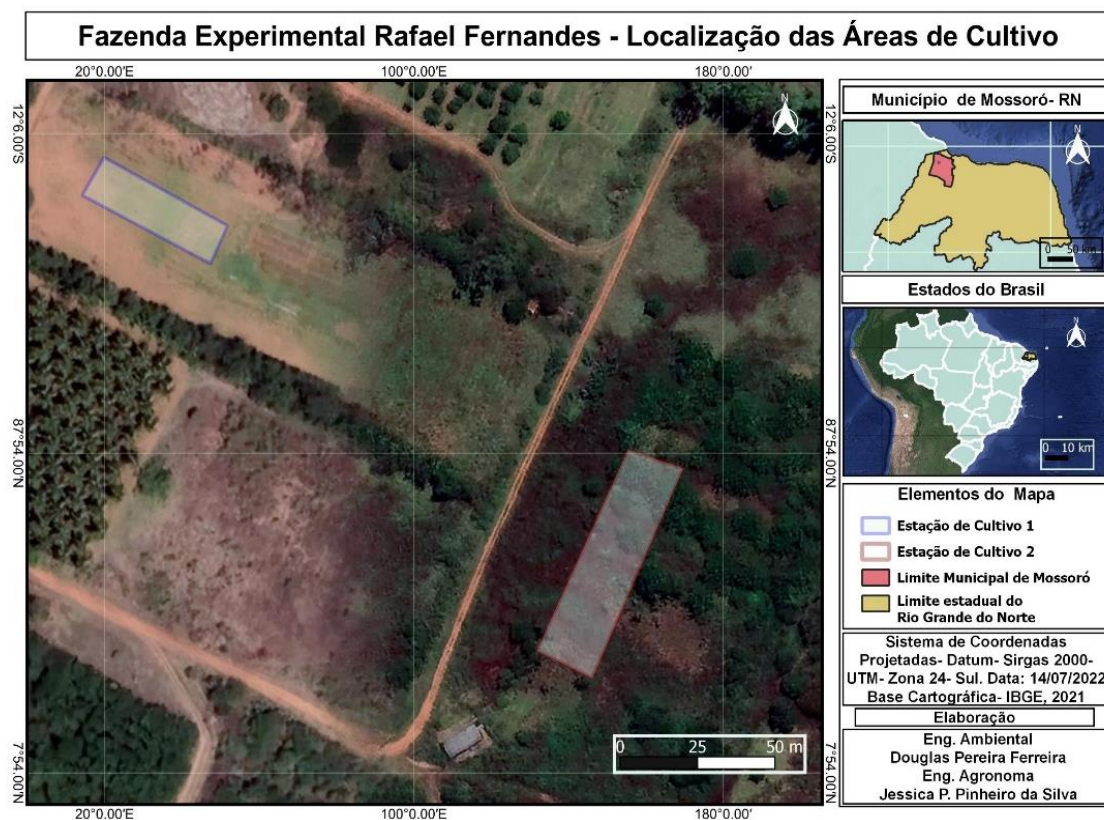
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram realizados no período de agosto a novembro de 2021 (E1 - Estação de cultivo 1) e de junho a setembro de 2022 (E2 - Estação de cultivo 2), na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, distante 20 km da sede do município de Mossoró, RN (5° 03 '37 "S, 37 ° 23 '50 "W, altitude de 18 m) (Figura 1).

O solo das áreas experimentais é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (SANTOS et al., 2018). O clima da região onde foram realizados os experimentos, segundo a classificação de Köppen Geiger é BSw^h seco e muito quente, com duas estações: uma seca que geralmente ocorre de junho a janeiro e outra chuvosa de fevereiro a maio (BECK et al., 2018). Os dados meteorológicos médios para o período em que os experimentos foram realizados, estão apresentados na Tabela 1 (LABIMC, 2022).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas experimentais do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.



Os dados meteorológicos médios para o período em que os experimentos foram realizados, estão apresentados na Tabela 1 (LABIMC, 2022).

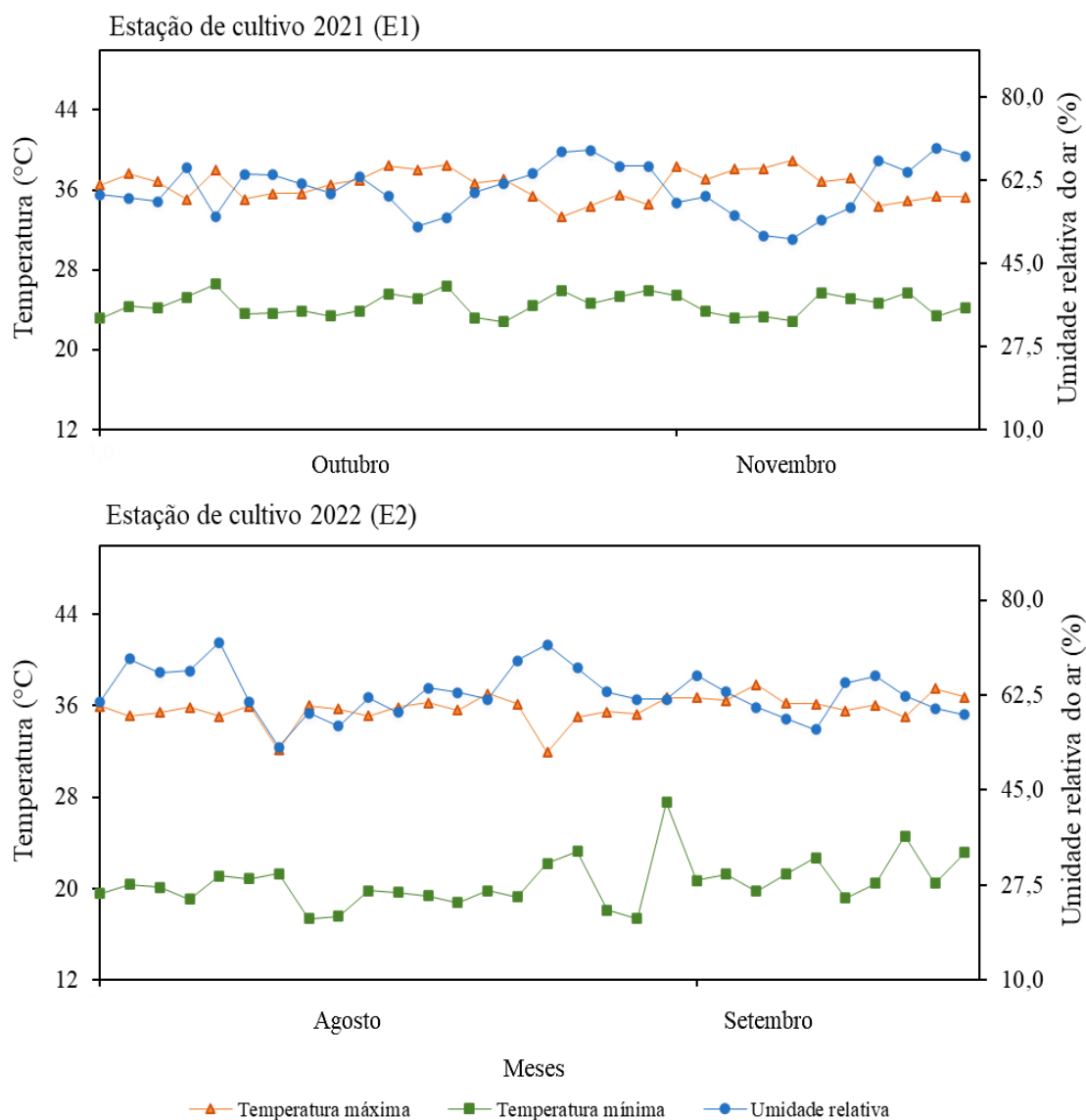
Tabela 1 - Dados meteorológicos médios, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Estações de cultivo	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Radiação solar (MJ m ⁻²)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
	Mínima	Média	Máxima			
2021 (E1)	24,47	29,51	36,45	60,70	274,80	2,80
2022 (E2)	20,54	27,78	35,73	62,87	256,41	1,71

Fonte: Elaboração própria (2022).

A temperatura média e a umidade relativa do ar diária após a semeadura do rabanete, durante as estações de cultivo (2021 e 2022), estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Dados das médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar, durante o período de crescimento e desenvolvimento do rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFRSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, que foram homogeneizadas a fim de obter uma amostra composta. Posteriormente, estas foram secas ao ar, e peneiradas em peneira de 2 mm, e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água, Solo e Tecido Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte, para determinação de seus atributos químicos. Os resultados dessas análises estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise química do solo antes da incorporação dos adubos verdes nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Estações de cultivo	C*	MO	pH	CE	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- g kg ⁻¹ -----		(H ₂ O)	dS m ⁻¹	mg dm ⁻³									
2021 (E1)	7,92	12,97	6,60	0,56	32,00	2,59	23,70	6,50	2,30	0,30	4,80	6,10	2,70	0,50
2022 (E2)	7,20	12,41	7,10	0,19	7,00	1,16	20,10	6,10	0,43	0,20	6,80	12,70	1,70	0,48

Fonte: Elaboração própria (2022). *C: carbono; pH: potencial Hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; CE: condutividade elétrica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Na: sódio; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; B: boro.

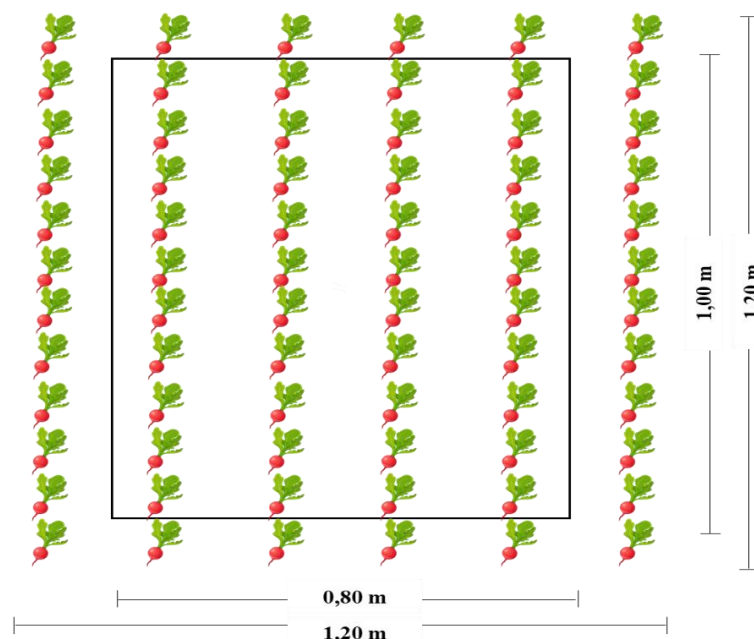
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de quantidades de biomassa de flor-de-seda (16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ em base seca). Em cada experimento, foi adicionado um tratamento com rabanete sem adubação (controle absoluto) e outro tratamento com adubação mineral (testemunha), para comparação com o tratamento de máxima eficiência agroeconômica.

O tratamento com adubação mineral foi realizado conforme recomendação de Raij et al. (1997) para a cultura do rabanete, com aplicação de N, P₂O₅, K₂O em fundação nas quantidades de 20, 240 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente, e em cobertura 60 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicado aos 7, 14 e 21 dias após a germinação, sendo aplicado entre fileiras em pequenos sulcos e cobertos com solo, para evitar perdas de nitrogênio por volatilização. Como fonte de NPK foram utilizados os seguintes adubos simples comerciais: Ureia: 45 % de N, Superfosfato simples (SFS): 18 % de P₂O₅ e Cloreto de potássio (KCl): 60 % de K₂O.

A área total de cada parcela dos experimentos foi de 1,44 m² contendo 6 fileiras, com área útil de 0,80 m², com o rabanete plantado no espaçamento de 0,20 m x 0,10 m (NUNES et al., 2020), perfazendo uma população estimada de 500.000 plantas por hectare. A área útil consistiu das quatro fileiras centrais de plantas com 10 plantas cada fileira, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Representação de uma parcela experimental de rabanete semeada no espaçamento de 0,20m × 0,10m. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A flor-de-seda utilizada como adubo verde, foi coletada da vegetação nativa nas proximidades da zona urbana e rural do município de Mossoró-RN, antes do início da sua floração, período que coincide com o maior acúmulo da matéria fresca. Posteriormente, foram levadas para a área da horta didática do Departamento do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFERSA, onde foram trituradas em máquina forrageira convencional em fragmentos de dois a três centímetros e, posteriormente foram desidratadas sob a luz do sol, por um período de 5 a 7 dias, até atingirem um teor de umidade em torno de 10%. Desse material, foram retiradas amostras e encaminhadas para análise laboratorial, cujas composições químicas obtidas foram: N= 14,09 g kg⁻¹; P= 1,54 g kg⁻¹; K= 22,72 g kg⁻¹; Ca= 0,98 g kg⁻¹; Mg= 1,98 g kg⁻¹ e relação C:N= 27:1.

Antes da instalação dos experimentos, foi realizado preparo do solo que consistiu em limpeza mecânica da área com uma aração e gradagem, seguida do levantamento dos canteiros, com auxílio de um retroencanteirador. Realizou-se uma solarização em pré-plantio durante 30 dias, com plástico transparente de 30 µm (Vulca Brilho Bril Fles), com a finalidade de combater nematoides, fitoparasitas e plantas daninhas na camada de 0-10 cm do solo, que poderiam prejudicar o desenvolvimento da cultura (AMARAL; ARAUJO, 2021). Após o período de solarização, aos vinte dias antes da semeadura do rabanete, as quantidades de biomassa seca de

flor-de-seda foram incorporadas ao solo na camada de 0-20 cm, de forma manual com auxílio de enxadas, em cada parcela, seguindo as quantidades especificadas nos tratamentos testados.

A cultivar do rabanete plantada foi a *Crimson Gigante*, recomendada para as condições climáticas do Nordeste brasileiro. Esta apresenta plantas com folhas de tamanho grande, raízes arredondadas, com coloração vermelha intensa, polpa muito branca e firme, com diâmetro variando de 4-5 cm. O plantio da primeira estação de cultivo foi realizado dia 05/10/2021 e o da segunda estação dia 08/08/2022. Em ambas as estações, o plantio foi realizado por semeadura direta, em covas de três centímetros de profundidade, colocando-se de duas a três sementes por cova e cobertas com substrato comercial. Aos sete dias após a semeadura (DAS) foi realizado desbaste, permanecendo uma planta por cova.

Os tratos culturais realizados ao longo de cada cultivo consistiram em capinas manuais para controle de plantas daninhas (a cada 7 dias) e amontoa do rabanete (realizado após o 15º DAS, a cada 7 dias). Foram realizadas irrigações diárias por microaspersão, em dois turnos de rega (manhã e tarde), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm dia⁻¹ (ALVES et al., 2017), a fim de manter a capacidade de campo do solo, favorecer a atividade dos microrganismos do solo e mineralização da matéria orgânica.

A colheita da primeira estação de cultivo foi realizada aos 30 DAS em 04/11/2021, enquanto o da segunda estação foi realizada aos 29 DAS em 06/09/2022.

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As características de qualidade pós-colheita determinadas no rabanete, foram realizadas em uma amostra de 24 plantas, colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela. Estas foram encaminhadas ao Laboratório de Pós-Colheita do Centro de Produção Vegetal do Semiárido CPVSA da UFERSA, onde foram lavadas em água corrente, secas em ambiente e, classificadas em comercial e não comercial. Foram consideradas raízes comerciais aquelas livres de rachaduras, bifurcações, nematoides e danos mecânicos, com diâmetro ≥ 20 mm (SOUZA et al., 2020). As análises foram realizadas a partir das raízes classificadas como comerciais, onde estas foram trituradas utilizando um Processador Extrator de Sucos Juiceman 3 em 1 JM3000, até a obtenção de 50 ml de suco que posteriormente, foi fracionado para cada análise em específico. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

A medição do potencial hidrogeniônico (pH), foi realizada utilizando um medidor de pH de bancada modelo 016A. O teor de sólidos solúveis (SS), foi determinado por refratometria em amostras de duas gotas do suco, utilizando um refratômetro digital portátil modelo 104-D,

com correção automática de temperatura, sendo os resultados expressos em °Brix; A acidez titulável (AT), foi realizada por titulação utilizando-se uma alíquota de 1 ml do suco diluída em 49 ml de água destilada e, posteriormente, adicionadas duas gotas de fenolftaleína 1% e, realizada titulação até o ponto de viragem (róseo claro) com solução de NaOH (0,1N), previamente padronizada. Os resultados foram expressos em % de ácido málico calculada a partir da equação (1). Após essas determinações, foi calculada a razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) (AOAC, 2012; IAL, 2008).

$$\text{AT \% de ácido málico} = \left(\frac{10 \times \text{Fator do ácido} \times \text{Fator do NaOH} \times \text{NaOH gasto (mL)}}{\text{peso da amostra (g)}} \right) \quad (1)$$

O teor de vitamina C foi quantificado por titulação conforme metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Utilizou-se uma alíquota de 1 ml do suco, que foi adicionada em um balão volumétrico e completado para 100 ml com ácido oxálico 0,5%. Dessa solução, foi retirada 5 ml e diluída em 45 ml de água destilada, posteriormente foi realizada titulação até o ponto de viragem (róseo claro) com solução de Tillman (2,6-diclorofenolindofenol sódio a 0,2 %) previamente padronizada e, o resultado expresso em mg de ácido ascórbico 100g^{-1} de suco, calculado a partir das equações (2), (3) e (4).

$$\text{Massa do material (g)} = \frac{\text{Peso da amostra (g)} \times \text{alíquota (ml)}}{\text{diluição (ml)}} \quad (2)$$

$$\text{Concentração (mg)} = \left(\frac{\text{Volume gasto na titulação (ml)} \times \text{Fator do Tillman } (\mu\text{g})}{1 \text{ ml}} \right) \div 1000 \quad (3)$$

$$\text{Vitamina C (mg } 100\text{g}^{-1}) = \left(\frac{\text{concentração (mg)} \times 100}{\text{massa do material (g)}} \right) \quad (4)$$

O teor de açúcares solúveis totais (AST), foi determinado pelo método da antrona (solução de antrona $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + \text{ácido sulfúrico } \text{H}_2\text{SO}_4$), proposto por Yemn e Willis (1954). Para a determinação, uma alíquota de 1 ml do suco foi diluída em água destilada em um balão volumétrico, até o volume de 100 ml. Dessa solução foram amostradas 50 μL , que foram adicionadas em tubo de ensaio juntamente com 950 μL de água destilada. Em seguida, os tubos foram colocados em banho de gelo, onde permaneceram enquanto adicionava-se 2 ml da solução de antrona, sendo retirados apenas para agitação dos tubos. Posteriormente, foram levados para o banho-maria em ebulição por oito minutos e resfriados em água gelada. Para obtenção da curva padrão, foi utilizada solução de glicose nas concentrações de 0, 5, 10, 15, 20, 25 30, 35 e 40 $\mu\text{g L}^{-1}$. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em (%), sendo calculado pelas equações (5), (6) e (7).

$$\text{Concentração} = \frac{\text{Absorbância} \mp b}{a}, \text{ em que } a \text{ e } b \text{ se referem a curva} \quad (5)$$

$$\text{Massa do material} = \left(\frac{\text{Peso da amostra (g)} * \text{aliquota } (\mu\text{g})}{\text{diluição (ml)}} \right) \quad (6)$$

$$\text{AST \%} = \left(\frac{\text{Concentração} * 100}{\text{massa do material } (\mu\text{g})} \right) \quad (7)$$

O teor de antocianina total foi obtido pelo método preconizado por Francis (1982). Em um Erlenmeyer de 75 ml coberto de papel alumínio, adicionou-se uma amostra de 1 ml do suco e 30 ml da solução de etanol-HCL (1,5N; 85:15%), previamente preparada. Logo após, foi homogeneizado em homogeneizador de tecidos por 2 min na velocidade 1. Em seguida, o volume da solução foi completado para 50 ml com etanol-HCL e levado para geladeira, onde descansou por 12 horas. Passado o período, o material foi filtrado em filtro Whatman nº 1 e transferido para um Becker de 50 ml envolto com papel alumínio, lendo-se logo em seguida no espectrofotômetro, em um comprimento de onda de 535 nm. Considerou-se o “branco”, leitura realizada apenas da solução de etanol-HCL(1,5N). A antocianina total foi calculada em mg 100 g⁻¹, através da fórmula (8).

$$\text{Antocianina total (mg 100g}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Absorbância} * \text{Fator de diluição}}{98,2} \right) \quad (8)$$

A cor das raízes do rabanete foi determinada pela média de duas leituras. Para realizar a leitura da cor externa, os rabanetes foram cortados longitudinalmente, com faca de aço inoxidável, e as partes foram arranjadas no vidro óptico de modo a não deixar espaços vazios. A leitura foi realizada com colorímetro Minolta, modelo CR-410, calibrado em superfície de porcelana branca, sob condições de iluminação e, expresso no módulo de coordenadas L*, a* e b*, que descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional. A coordenada L*, corresponde a quão claro e quão escuro é o produto analisado (0: preto; 100: branco); a coordenada de a* corresponde à escala de verde (-a*) a vermelho (+a*); e a coordenada b* está relacionada à escala do azul (-b*) e amarelo (+b*). Os valores de a* e b* foram convertidos aos índices de tonalidade h° (ângulo Hue) e saturação C* (Croma), conforme equações (9) e (10) (MCGUIRE, 1992):

$$h^{\circ} = \arctan\left(b^{*} / a^{*}\right) \quad (9)$$

$$C^{*} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (10)$$

2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As variáveis avaliadas foram submetidas a uma análise univariada de variância, em delineamento de blocos completos casualizados, através do *software* SAS (SAS, 2015). Seguindo os pressupostos de Pimentel-Gomes (2009), realizou-se também uma análise conjunta de cada característica ou indicador para saber se havia ou não interação entre os tratamentos testados e as estações de cultivo. Diante da homogeneidade das variâncias das características pH, acidez total, teor de sólidos solúveis, teor de vitamina C e parâmetros de cor (L^{*} , C^{*} e h°) nas estações de cultivo, foi realizada uma média dessas variáveis das duas estações de cultivo. Em seguida, foi realizada uma análise de regressão em cada variável, utilizando-se o *software* Table Curve (SYSTAT SOFTWARE, 2022), onde foi realizado um ajustamento da curva para estimar o comportamento de cada característica pós-colheita, em função das quantidades de biomassa seca de flor-de-seda.

Os modelos selecionados foram realizados baseados nos seguintes critérios: lógica biológica da variável, ou seja, quando se constata que após determinada quantidade máxima de fertilizante não há aumento da variável; na significância do quadrado médio do resíduo da regressão; no alto valor do coeficiente de determinação; e na significância dos parâmetros da equação de regressão (FERREIRA et al., 2022). O teste F foi utilizado para comparar os valores médios entre as estações de cultivos, entre o valor médio de máxima eficiência agrônômica ou econômica, entre o valor médio dos tratamentos fertilizados com biomassa seca de flor-de-seda e entre o tratamento fertilizado com adubo mineral com o tratamento testemunha (não adubado).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância das características avaliadas no rabanete, pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, teor de vitamina C, estão apresentados na Tabela 3. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, para todas as características avaliadas na cultura do rabanete. Os valores médios de máxima eficiência (ME) dos tratamentos que receberam adubação verde (T_{av}) e do tratamento mineral

(T_m), diferiram da testemunha (T_{nf}) nos indicadores de qualidade pH, SS, e teor de vitamina C. Nesses parâmetros, os valores de máxima eficiência foram de 1,03, 1,02 e 1,16 vezes os valores do tratamento testemunha, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT e teor de vitamina C de rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2), para o tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.

Comparação de tratamento	pH	AT (% ácido málico)	SS (°Brix)	Relação SS/AT (°Brix/% ácido málico)	Vitamina C (mg 100 ⁻¹)
Controle (não fertilizado, T _{nf})	6,49b*	0,12b	4,70a	39,09a	61,05b
Tratamento ME	6,67a	0,12b	4,80a	44,29a	70,57a
Tratamentos adubo verde (T _{av})	6,63a	0,11b	4,71a	41,52a	67,67a
Tratamento adubo mineral (T _{am})	6,36c	0,13a	4,38b	33,52b	68,31a
CV (%)	1,02	5,04	2,93	6,37	5,56

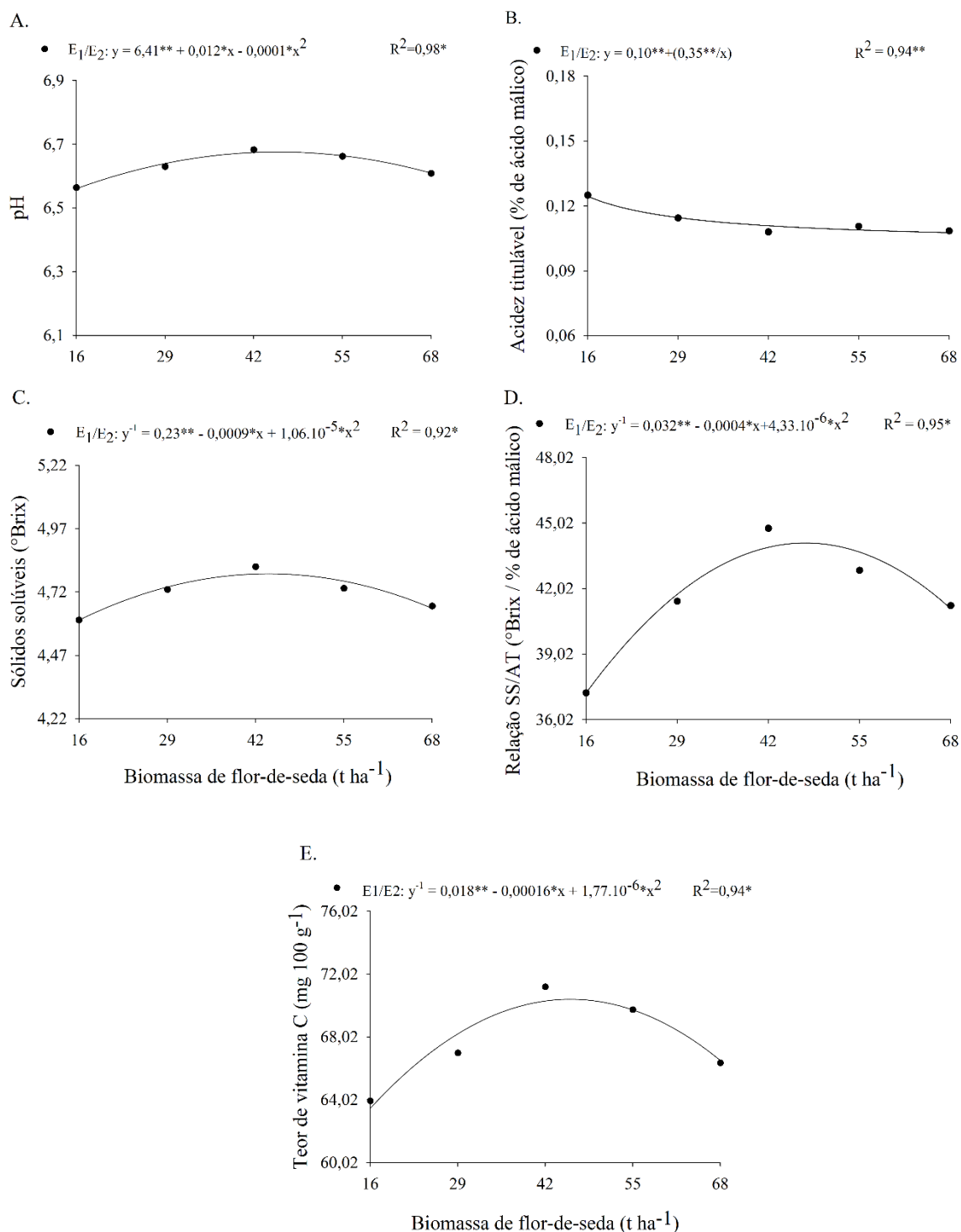
Fonte: Elaboração própria (2022). *Médias seguidas por letras minúsculas diferentes em uma coluna, diferem estatisticamente umas das outras pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados demonstraram relação inversa dos níveis de pH e AT em todos os tratamentos, com menor pH (6,36) e maior acidez titulável (0,13%) para o T_m. Maior incremento no teor de sólidos solúveis e relação SS/AT foram observados quando as raízes de rabanete adubadas com flor-de-seda. Adicionalmente, o maior valor de teor de vitamina C foi detectado no tratamento com adubação mineral, não diferindo estatisticamente do tratamento com adubo verde (Tabela 3).

Estudando as quantidades do adubo verde para as características de qualidade do rabanete, observou-se um comportamento crescente em função do aumento das quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, em um modelo polinomial para cada característica (Figura 4).

Os parâmetros de pH e a AT foram inversamente influenciadas pelas quantidades de biomassa seca de flor-de-seda, havendo aumento do pH e decréscimo da AT com máxima eficiência de 6,67 e 0,12% de ácido málico nas quantidades de 45,55 e 16,00 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda, respectivamente (Figuras 4A e 4B). Resultados semelhantes aos encontrados por Barros Júnior et al. (2005), trabalhando com cenoura em consórcio com rabanete sob adubação verde.

Figura 4 - pH (A), acidez titulável (B), sólidos solúveis (C), relação SS/AT (D) e teor de vitamina C total (E) do rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a diminuição da acidez aumenta o “flavor” e incrementa no sabor frutas e hortaliças. O pH é um indicativo de sabor, enquanto a acidez indica

a presença de ácidos orgânicos nos tecidos dos vegetais, que são utilizados como substrato para o processo de respiração ou para conversão em açúcares durante o amadurecimento (AYUB; SPINARDI; GIOPOPO, 2013; VIANA et al., 2015). A diminuição no parâmetro pH observada após o ponto máximo, pode estar relacionada com o aumento da concentração de ácidos durante o desenvolvimento das raízes que pode ter influência do teor de potássio (K) do adubo verde, uma vez que os teores de ácidos orgânicos se associam aos sais de potássio, regulando a atividade enzimática do vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para o SS e relação SS/AT a máxima eficiência de 4,80 (°Brix) e 44,29 (°Brix/% de ácido málico) foram obtidas nas quantidades de 43,84 e 47,24 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda, respectivamente, diminuindo até os valores da última quantidade do adubo verde testada (Figuras 4C e 4D). Os SS é um dos parâmetros utilizados para avaliar o grau de doçura dos produtos e, sua relação com AT (SS/AT) reflete o equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos determinando o seu sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005; PACHECO et al., 2021), quanto maior for a razão SS/AT maior será a sensação de doçura no paladar.

Barros Júnior et al. (2010a), observaram 4,57 °Brix para a cultura da alface sob adubação verde com flor-de-seda. Sousa L. et al. (2022) na cultura do rabanete em ambiente semiárido, alcançaram máxima relação SS/AT de 21,5 °Brix/% de ácido málico quando adubado com 37,8 t ha⁻¹ de esterco bovino. Os resultados encontrados nesta pesquisa demonstram que o tipo e quantidade de adubação utilizada para a cultura do rabanete podem interferir no parâmetro SS e, consequentemente na relação SS/AT.

As quantidades crescentes de biomassa de flor-de-seda testadas incrementaram o teor de vitamina C (ácido ascórbico) com máxima eficiência de 70,57 mg 100g⁻¹ ao incorporar no solo 45,85 t ha⁻¹ de biomassa de flor-de-seda, decrescendo em seguida até a quantidade de 68 t ha⁻¹ (Figura 4E). Esse comportamento pode estar relacionado aos teores de K que o adubo verde forneceu, uma vez que dependendo das condições de cultivo, o potássio pode aumentar a síntese de intermediários metabólicos precursores do ácido ascórbico (CHITARRA; CHITARRA, 2005; TAIZ et al., 2017).

Os valores de vitamina C variaram de 63,95 a 71,22 mg 100 g⁻¹, próximo aos encontrados por Soares et al. (2020) na cultura do rabanete sob adubação convencional e por Ferreira et al. (2020) na cultura da beterraba adubada com biofertilizante bovino, e maior que os valores encontrados por Lu et al. (2008), que observaram valores entre 14,16 a 33,41 mg 100 g⁻¹ de vitamina C, em 42 cultivares de rabanete sob adubação inorgânica.

A vitamina C é um antioxidante não enzimático essencial para o ser humano, que atua no combate ao excesso de radicais livres nas células, estando associada ao funcionamento do

organismo, prevenção e tratamento de doenças como hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer e doenças de Alzheimer (SANTOS et al., 2019). Todavia, não é metabolizada pelo corpo humano, mas é encontrada principalmente em frutas e hortaliças (COTRIM; CARVALHO FILHO, 2022). Nesse sentido, mediante os resultados torna-se importante a inclusão desta hortaliça na dieta, sendo fonte de compostos bioativos com expressiva ação antioxidante.

Os resultados da análise de variância do teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de antocianina totais, estão apresentados na Tabela 4. Foram observadas interações significativas entre os fatores-tratamentos, quantidades de biomassa seca de flor-de-seda e estações de cultivo para esses indicadores de qualidade pós-colheita.

Tabela 4 - Valores médios do tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}), para teor de açúcares solúveis totais e teor de antocianina de rabanete nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

Comparação de tratamento	Açúcares solúveis totais (%)			Antocianina total (mg 100 ⁻¹)		
	2021	2022	2021/2022	2021	2022	2021/2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Controle (não fertilizado, T_{nf})	1,17bB*	1,22bA	1,19	8,84cB	9,71cA	9,27
Tratamento de ME	1,35aB	1,77aA	1,57 ⁺	11,71aB	12,53aA	12,10 ⁺
Tratamentos adubo verde (T_{av})	1,31aB	1,72aA	1,51 ⁺	10,57aB	11,87bA	11,20 ⁺
Tratamento adubo mineral (T_{am})	1,35aB	1,23bA	1,29	7,46bB	12,64aA	10,05 ⁺
CV (%)	9,33	9,25	9,32	6,36	6,13	6,25

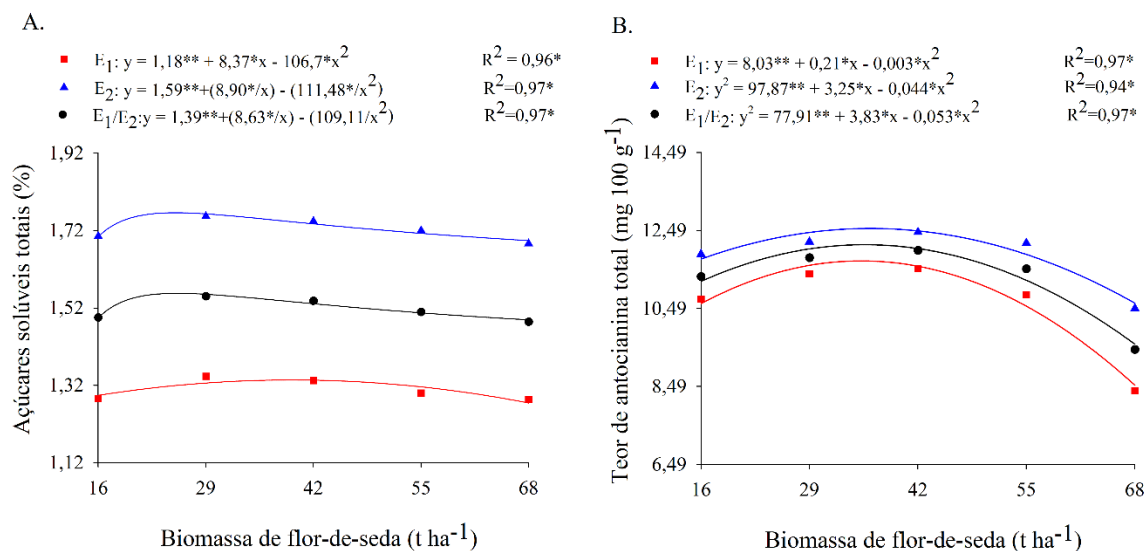
Fonte: Elaboração própria (2022). *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste F na probabilidade de 5%. ⁺A média dos tratamentos com adubo verde, tratamento com adubo mineral ou do tratamento de ME são significativamente diferentes da média do tratamento controle pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de máxima eficiência (ME) dos tratamentos que receberam adubação verde (T_{av}) e, do tratamento mineral (T_m) diferiram da testemunha (T_{nf}) no teor de AST e teor de antocianina total, com valores de ME de 1,32 e 1,31 vezes os valores do tratamento testemunha, respectivamente. O cultivo de raízes de rabanete com a utilização de biomassa de flor-de-seda, proporcionou maior incremento nos teores AST e antocianina total (Tabela 4).

Estudando as quantidades do adubo verde, para nas características dos teores de açúcares solúveis totais e antocianinas totais, observou-se um comportamento crescente em função do aumento das quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, em um modelo polinomial para cada característica (Figura 5). Os valores de máxima eficiência dentro de cada estação de cultivo foram de 1,35 % (E1) e 1,77 % (E2) para o teor de AST e de 11,71 (E1) e 12,52 (E2) mg 100g⁻¹ para o teor de antocianina total ao incorporar,

respectivamente, 25,51 (E1) e 25,06 (E2); 35,22 (E1) e 36,38 (E2) t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda, decrescendo em seguida, até a quantidade de 68 t ha⁻¹ (Figuras 5A e 5B).

Figura 5 - Teor de açúcares solúveis totais (A) e teor de antocianina total (B) do rabanete, em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Estimando-se as máximas eficiências dessas características sobre as estações de cultivo (E1/E2), também foi observado um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades de biomassa de flor-de-seda até os valores máximos de 1,57 % (AST) e 12,10 mg 100 g⁻¹ (teor de antocianina total) nas quantidades de adubo verde de 25,27 e 35,79 t ha⁻¹, diminuindo então até a maior quantidade de fertilizante testado (Figuras 5A e 5B).

As estações de cultivo dentro dos tratamentos adubados com biomassa de flor-de-seda diferiram com E2 superando E1, demonstrando que a máxima eficiência desses parâmetros é atingida na quantidade equilibrada de nutrientes, variando de acordo com as condições de clima e solo. Soma-se a isso, o período entre o processamento do suco e a realização das análises, visto que as análises de AST e antocianinas totais na E2 foram realizadas imediatamente após o processamento das raízes de rabanete, demonstrando que o período de armazenamento do suco desta olerícola influencia na concentração destes compostos bioativos.

O comportamento dos AST, se assemelha ao observado nos SS, visto que os açúcares compõem de 80 a 90% dos compostos solúveis dos sólidos (COSTA et al., 2017). Os resultados observados podem estar relacionados com o teor de potássio (K) e nitrogênio (N), disponibilizado pela biomassa seca da flor-de-seda ao longo do ciclo. O K participa dos processos de formação e translocação de açúcares, enquanto o N aumenta a concentração de

sacarose, atuando na composição de aminoácidos (TAIZ et al., 2017), influenciando no acúmulo de açúcares e, conseqüentemente aumento do °Brix. Estudos realizados por Soares et al. (2020) e Bonfim-Silva (2022) evidenciaram a influência desses nutrientes na qualidade pós-colheita do rabanete. Todavia, conforme observado neste trabalho e por Guerra et al. (2022), a otimização do acúmulo de sólidos solúveis e, conseqüentemente dos teores de açúcares, nem sempre se refere a maior quantidade de adubo incorporado ao solo.

O comportamento polinomial crescente observado para o teor de antocianina total, pode estar relacionado com a mineralização dos nutrientes fornecidos pelo adubo orgânico. A lenta disponibilização do N, pode levar ao acúmulo de carboidratos, que por não serem utilizados no metabolismo do N, podem ser empregados na síntese da antocianina. O acúmulo desse composto bioativo pode também ocorrer pelo desbalanço entre o crescimento e taxa de fotossíntese, causado pela deficiência de fósforo (TAIZ et al., 2017).

Trabalhos desenvolvidos por Lo Scalzo et al. (2013) e Carrilo et al. (2019), demonstram maior acúmulo de metabólitos secundários em hortaliças cultivadas organicamente, quando comparada com o cultivo convencional, resultados igualmente encontrados neste trabalho. Todavia, resultados contrários foram encontrados por Knap et al. (2014). Deus et al. (2019), enfatizam que a ausência de uso de defensivos químicos e, conseqüente exposição da planta a estresses bióticos, leva ao aumento de substâncias naturais de defesa da planta (composto bioativos). Além do sistema de cultivo, os teores de polifenóis em hortaliças podem ser influenciados por fatores como variedade da planta, solo, estações de crescimento, estresses bióticos e abióticos (SILVA S. et al., 2017; DEUS et al., 2019).

Os resultados da análise de variância dos parâmetros de cor do rabanete estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros de cor luminosidade (L*), Croma (C*) e ângulo Hue (h°) do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2), para o tratamento controle (T_{nf}), tratamento de máxima eficiência (ME), tratamentos com adubo verde (T_{av}) e tratamento com adubo mineral (T_{am}). Mossoró – RN, UFERSA, 2022.

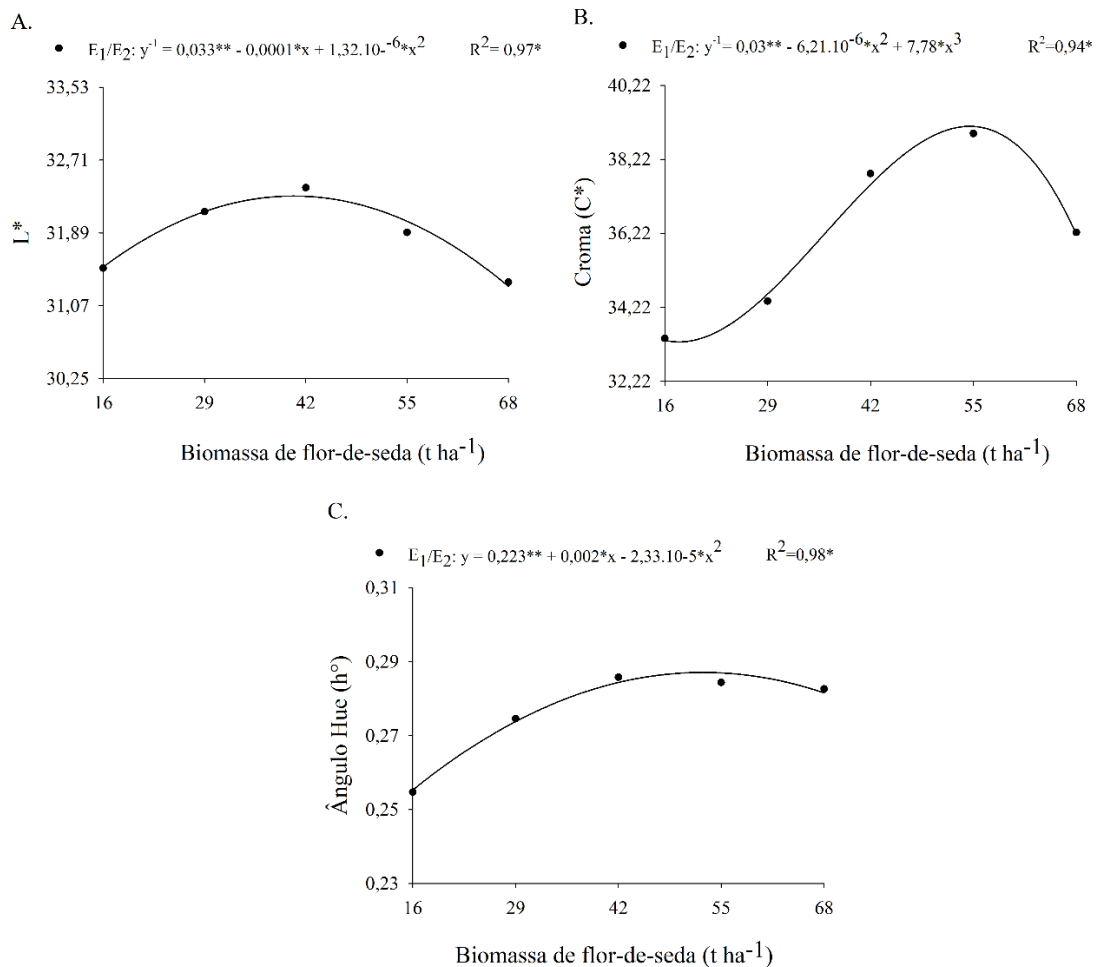
Comparação de tratamento	L*	C*	h°
Controle (não fertilizado, T _{nf})	32,21a*	37,81a	0,26ab
Tratamento ME	32,31a	38,67a	0,29a
Tratamentos adubo verde (T _{av})	31,85a	36,15a	0,28a
Tratamento adubo mineral (T _{am})	29,69b	36,44a	0,23b
CV (%)	4,95	7,26	11,34

Fonte: Elaboração própria (2022). * Médias seguidas por letras minúsculas diferentes em uma coluna, diferem estatisticamente umas das outras pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

A colorimetria baseia-se em três elementos: a luminosidade (L), indicando cores mais claras ou escuras; saturação (C*), que se refere a concentração do elemento corante e a tonalidade (h°), atributo qualitativo de cores definidas como avermelhada, esverdeada etc. (FERREIRA; SPRICIGO, 2017). Os valores médios de máxima eficiência (ME) dos tratamentos que receberam adubação verde (T_{av}) e da testemunha (T_{nf}), diferiram do tratamento mineral (T_m) para os parâmetros L* e h°. Maiores valores de luminosidade, saturação e tonalidade, foram observados quando as raízes de rabanete foram adubadas com adubo verde (Tabela 5).

Para os parâmetros de cor, observa-se comportamento em modelo polinomial, semelhante ao teor de antocianina, alcançando valores de máxima eficiência para L*, C* e h° de 32,31, 38,67 e 0,28 respectivamente, nas quantidades de 40,39, 53,14 e 52,37 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda decrescendo até a quantidade mais alta testada (Figuras 6A a 6C).

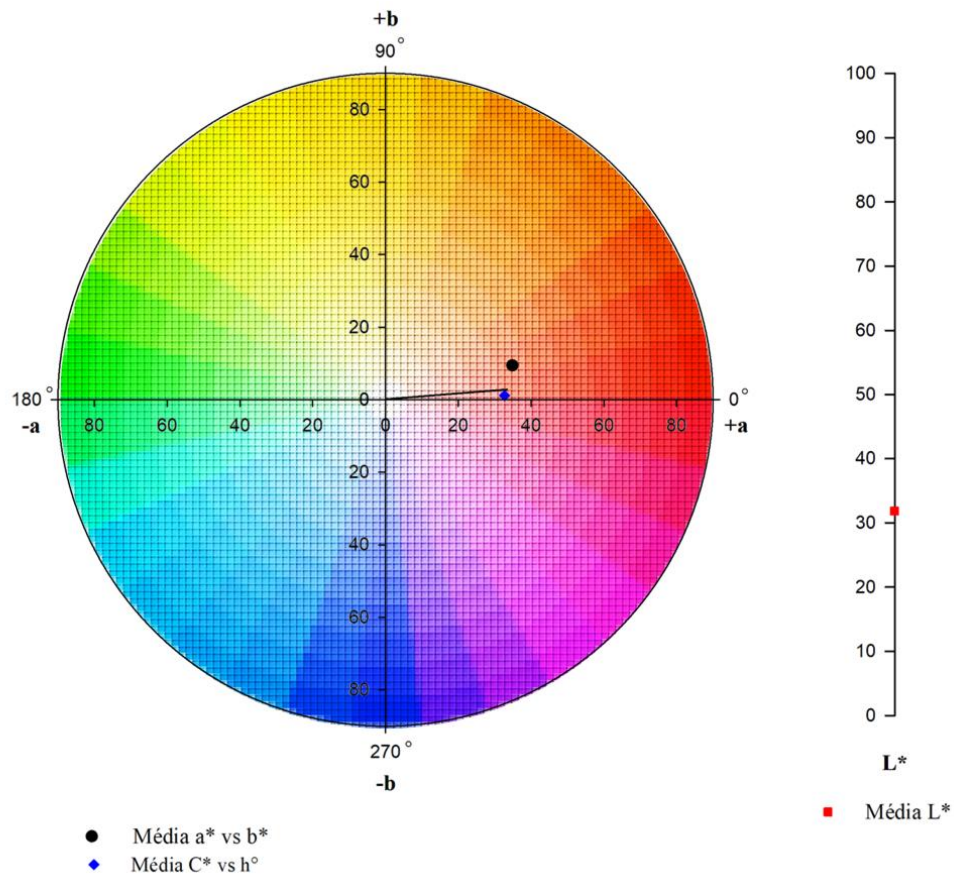
Figura 6 - Parâmetros de cor L*, C* e h° do rabanete em função de quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo. Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados das raízes de rabanete cultivadas com a utilização da fitomassa seca de flor-de-seda, apresentaram coloração vermelha/avermelhada, sendo esta cor a mais atrativa e de maior aceitabilidade ao consumidor (Figura 7). De acordo com Sakr et al. (2020), cultivares de rabanete vermelho têm sido utilizadas em estudos como fonte potencial de corante natural devido a presença de antocianinas de alta estabilidade. Guerra et al. (2022), observaram que o atributo de cor da beterraba sofreu influência tanto pela quantidade de adubação verde, como pelas densidades populacionais testadas.

Figura 7 - Representação da seção do espaço de cor de raízes de rabanete, sob adubação com biomassa seca de flor-seda a partir das médias das coordenadas L^* , a^* , b^* e dos parâmetros C^* e h° . Mossoró – RN, UFERSA, 2022.



Fonte: Elaboração própria (2022).

As respostas crescentes e as otimizações alcançadas dos atributos de qualidade avaliados na cultura do rabanete em função de quantidades de biomassa da flor-de-seda, relacionam-se aos benefícios da adubação verde nas características físico-químicas e biológicas do solo, resultando em aumento no teor de matéria orgânica, manutenção da umidade e temperatura do solo, favorecendo a absorção equilibrada dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura (SILVA,

A. et al., 2017; ABRANCHES et al., 2021). A disponibilização satisfatória de nutrientes impacta diretamente nos processos fisiológicos naturais da planta, por desempenharem papel importante nas reações bioquímicas, síntese de fotoassimilados, compostos fitoquímicos e manutenção enzimática (TAIZ et al., 2017), que refletirá na qualidade das hortaliças.

O maior incremento do adubo verde e a resposta em modelo polinomial, com redução das características em análise após o ponto máximo, podem ser justificadas pela sincronização entre a decomposição e mineralização da matéria orgânica da biomassa da flor-de-seda adicionada ao solo, e pela Lei do Máximo onde o excesso de um nutriente pode causar toxicidade e/ou diminuir a efetividade de outros (SILVA et al. 2021; ALMEIDA et al., 2015), causando efeito limitador dos nutrientes essenciais para o metabolismo do vegetal, impactando na sua qualidade pós-colheita.

Ressalta-se que o termo qualidade de alimentos agrupa condições tais como: sistema de produção, qualidade nutricional, organoléptica, sanitária e ambiental (RUMIATO; MONTEIRO, 2017). Assim, diante dos resultados obtidos pode-se afirmar que a produção orgânica de rabanete em ambiente semiárido, utilizando espécie espontânea do bioma Caatinga, conferiu incremento na qualidade pós-colheita da hortaliça, melhorando suas características físico-químicas e quantidade de compostos bioativos. Além disso, a prática da adubação verde é uma alternativa de produção para a hortícola, que diminui os custos produtivos e a dependência externa de fertilizantes químicos e atende as premissas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que prevê o alcance da segurança alimentar e melhoria nutricional, promoção de sistemas agrícolas sustentáveis que garantam a biodiversidade e uso eficiente dos recursos naturais (ONU, 2015).

4 CONCLUSÕES

A máxima eficiência de sabor (44,29 °Brix/% de ácido málico) e do teor de açúcares solúveis totais (1,57 mg 100g⁻¹) foi alcançada com a incorporação de 47,24 e 25,27 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda, respectivamente.

A maior concentração de compostos bioativos (70,57 mg 100 g⁻¹ de vitamina C e 12,10 mg 100 g⁻¹ de antocianina) foram obtidos ao incorporar entre 45,85 e 35,79 t ha⁻¹ do adubo verde ao solo, respectivamente.

Os parâmetros colorimétricos das raízes de rabanete vermelho foram alcançados entre as

quantidades de 40,39 a 53,14 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda. A utilização da biomassa seca de flor-de-seda como adubo verde é uma alternativa para incremento nos atributos de qualidade pós-colheita do rabanete, garantindo a segurança alimentar e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, M. de O. et al. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e7410716351-e7410716351, 2021.
- ALMEIDA, A. E. S. et al. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 79-85, 2015.
- ALVES, E. S. et al. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n.1, p. 194-203, 2017.
- AMARAL, L. S.; ARAUJO, E. O. **Biocontrole de fitonematóides: atualidades e perspectivas**. São Paulo: Editora Dialética, 2021. 264 p.
- AOAC. Association Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18. ed. AOAC: Gaithersburg. 2012.
- ARAÚJO, R. G. V. et al. Desenvolvimento de tubérculos de rabanete em função de diferentes concentrações de húmus de minhoca. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 1-5, 2020.
- AYUB R. A.; SPINARDI B.; GIOPO M. Storage and fresh cut radish. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 241-245, 2013.
- BARROS JÚNIOR A. P. et al. Qualidade pós-colheita de alface em função de diferentes tipos e quantidades de adubos verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. S1351-S1357, 2010a.
- BARROS JÚNIOR A. P. et al. Qualidade de coentro em função do uso de espécies espontâneas como adubos verdes em diferentes quantidades. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. S1358-S1362, 2010b.
- BARROS JÚNIOR, A. P. et al. Qualidade de raízes de cenoura em sistemas consorciados com alface sob diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 290-293, 2005.
- BECK, H. E. et al. Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.
- BEZERRA NETO, F. et al. Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 476-480, 2006.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Calagem e adubação fosfatada no cultivo rabanete em Latossolo Vermelho. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 78970-78986, 2021.
- CARRILLO, C. et al. Organic versus conventional beetroot. Bioactive compounds and antioxidant properties. **Lwt**, v. 116, p. 1-7, 2019.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785p.

- COSTA, L. N. et al. Influência da adubação potássica na qualidade e no potencial antioxidante do sapoti em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ceres**, v. 64, n. 4, p. 419-425, 2017.
- COTRIM, L. B.; CARVALHO FILHO, R. O. Produção e avaliação do peso médio teórico de cápsulas contendo vitamina C associada à carboximetilcelulose para a pré-avaliação de uma formulação de liberação modificada. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e124111638062-e124111638062, 2022.
- DEUS, V. L. et al. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, v. 1, n. 1, p. 70-84, 2019.
- FERREIRA, R. C. et al. Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 595-605, 2022.
- FERREIRA, D. F. et al. Crescimento e características pós-colheita de beterraba sob aplicação de insumo orgânico. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, v. 6, n. 2, p. 10-15, 2020.
- FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. (Org). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, p.209-220, 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1084379/1/Parte4cap1Colorimetria....pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2022.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.
- FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. 280 p.
- GOMES, B. B. et al. Efeitos das antocianinas na saúde: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e6411427069-e6411427069, 2022.
- GUERRA, N. M. et al. Post-harvest indices and color parameters in beet roots intercropped with lettuce under organic fertilization and population densities. **Food Science and Technology**, v. 42, n. e05822, p. 1-9, 2022.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo: IAL, 2008.
- KNAP M. et al. Antioxidant activity in selected Slovenian organic and conventional crops. **Acta agriculturae Slovenica**, v. 103, n. 2, p. 281-289, 2014.
- LABIMC. Laboratório de Instrumentação Meteorologia e Climatologia. **Estações Meteorológica Automática (EMA)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2022. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>>. Acesso em: 10 set. 2022.

LE, X. T. et al. Optimization of total anthocyanin content, stability and antioxidant evaluation of the anthocyanin extract from Vietnamese *Carissa Carandas* L. fruits. **Processes**, v. 7, n. 7, p. 1-15, 2019.

LO SCALZO, R. et al. Variations in the phytochemical contents and antioxidant capacity of organically and conventionally grown Italian cauliflower (*Brassica oleracea* L. subsp. botrytis): Results from a three-year field study. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 43, p. 10335-10344, 2013.

LU, Z. et al. Analysis and evaluation of nutritional quality in chinese radish (*Raphanus sativus* L.). **Agricultural Sciences in China**, v. 7, n. 7, p. 823-830, 2008.

MANIVANNAN, A. et al. Deciphering the nutraceutical potential of *Raphanus sativus*—A comprehensive overview. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 1-15, 2019.

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

MUNIZ, A. S.; ARAGÃO, L. O.; SOUZA, S. L. Q. Contaminação química de alimentos vegetais e a saúde: Agricultura convencional x orgânica. **Revista Sustinere**, v. 10, n. 2, p. 434-450, 2022.

NUNES, R. L. C. et al. Effect of green manuring with *Merremia aegyptia* on agro-economic efficiency of radish production. **Revista Caatinga**, v. 33, n.4, p. 964-973, 2020.

OLIVEIRA, F. R. A. et al. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 519-526, 2010.

ONU. Organizações das Nações Unidas. 2015. “**Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**”. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2022.

PACHECO, B. R. O. et al. Classificação comercial e caracterização físico-química de beterrabas oriundas de sistema de plantio direto de hortaliças sob diferentes densidades de palhada de milho. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 22, n. 2, p. 212-225, 2021.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. – Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. 451p.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim técnico 100. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p.

RUMIATO, A. C.; MONTEIRO, I. Contaminants in food and nutritional guidance: theoretical reflection. **Revista de Salud Pública**, v. 19, n. 4, p. 574-577, 2017.

- SAKR, M. T. et al. Effect of humic acid, seaweed extract and essential oils as antioxidants on pre-and post-harvest quality of red radish plants. **Horticulture International Journal**, v. 3, n. 3, p. 129-138, 2019.
- SANTOS, J. T. et al. Os efeitos da suplementação com vitamina C. **Revista Conhecimento Online**, v. 1, p. 139-163, 2019.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SAS. SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.
- SILVA, J. N. et al. Agro-economic indicators for carrot under green manure in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 2021.
- SILVA, A. F. A. et al. Desempenho agrônômico do rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. em duas estações de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2 p. 328-336, 2017.
- SILVA, S. et al. Anthocyanin extraction from plant tissues: A review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 14, p. 3072-3083, 2017.
- SOARES, P. P. S. et al. Crescimento, qualidade de raízes e atividade da redutase do nitrato em plantas de rabanete submetidas a doses de potássio e fontes de nitrogênio. **Scientia Plena**, v. 16, n. 6, p. e-060205, 2020.
- SOUSA, L. D. C. et al. A adubação orgânica melhora o crescimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Saxa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. 1-13, 2022.
- SOUSA, M. R. F. et al. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico e convencional na atividade antioxidante de hortaliças: uma revisão integrativa. In: CORDEIRO, C. A. M.; BARRETO, N. S. E.; SANCHES, A. G. (Org). **Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil**. Guarujá-SP: Científica Digital, 2022. 211p. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-167-3.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2022.
- SOUZA, L. G. et al. Desempenho de cultivares de rabanete em sistema orgânico no Acre. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 536-542, 2020.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p
- SYSTAT SOFTWARE, INC. **TableCurve 2D - Curve Fitting Made Fast and Easy**. San Jose, CA: Systat Software Inc, 2022.
- TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. 858p.

VALERO, D. B.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. 1. ed. New York: CRC Press, 2010. 287 p.

VIANA, M. et al. Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

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

CONCLUSÕES GERAIS

1. A máxima eficiência agronômica de $9,56 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes comerciais de rabanete, foi obtida com a incorporação de $50,86 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa seca de flor-de-seda no solo. A máxima eficiência econômica de R\$ 37.641,08 ha^{-1} na renda líquida, com taxa de retorno de R\$ 2,94 para cada real investido e margem de lucro de 62,55%, foram alcançadas com a incorporação ao solo de 44,39; 33,18 e 33,86 t ha^{-1} de biomassa seca de flor-de-seda, respectivamente;
2. As máximas eficiências dos parâmetros de qualidade pós-colheita relação SS/AT e teor de açúcares solúveis totais foi possível com a incorporação de 47,24 e 25,27 t ha^{-1} de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo, respectivamente. Maior teor de compostos bioativos (70,57 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de vitamina C e 12,10 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de antocianina) foram obtidos ao incorporar entre 45,85 e 35,79 t ha^{-1} de biomassa seca de flor-de-seda, respectivamente. Os parâmetros de cor (L^* , C^* , h°) das raízes de rabanete vermelho foram alcançados entre as quantidades de 40,39 a 53,14 t ha^{-1} de biomassa seca de flor-de-seda.
3. A utilização da flor-de-seda como adubo verde é uma alternativa economicamente viável para produtores de rabanete do semiárido, contribuindo para o incremento dos atributos agronômicos e de qualidade pós-colheita da hortícola, garantindo segurança alimentar e sustentabilidade dos agroecossistemas.

APÊNDICE

Tabela 1 - Valores de “F” para as características agroeconômicas: altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), produtividade total de raízes (PTR), produtividade comercial de raízes (PRC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) do rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo nas estações de cultivo de 2021 e 2022. Mossoró – RN, UFRSA, 2022

FONTES DE VARIAÇÃO	AP	NFP	DL	DT
Cultivos (C)	81,34 ^{**}	5,45 [*]	8,16 ^{**}	112,20 ^{**}
Blocos (Cultivos)	2,59 [*]	2,23 [*]	4,76 ^{**}	0,85 ^{ns}
Quantidade de biomassa de flor-de-seda (Q)	67,68 ^{**}	2,86 [*]	52,75 ^{**}	83,29 ^{**}
C X Q	3,11 [*]	1,36 ^{ns}	7,16 ^{**}	11,38 ^{**}
Testemunha vs Adubo verde	41,24 ^{**}	11,88 ^{**}	185,78 ^{**}	459,32 ^{**}
Mineral vs Adubo verde	302,09 ^{**}	0,64 ^{ns}	72,02 ^{**}	1,14 ^{ns}
Testemunha vs Mineral	339,95 ^{**}	10,82 ^{**}	293,49 ^{**}	303,74 ^{**}
CV (%)	10,34	8,45	5,91	4,85
FONTES DE VARIAÇÃO	PTR	PRC	MSPA	MSR
Cultivos (C)	689,34 ^{**}	909,70 ^{**}	98,79 ^{**}	51,42 ^{**}
Blocos (Cultivos)	2,04 ^{ns}	1,63 ^{ns}	4,14 ^{**}	3,17 ^{**}
Quantidade de biomassa de flor-de-seda (Q)	82,88 ^{**}	85,75 ^{**}	69,09 ^{**}	9,50 ^{**}
C X Q	6,12 ^{**}	7,71 ^{**}	3,86 ^{**}	10,70 ^{**}
Testemunha vs Adubo verde	289,84 ^{**}	289,86 ^{**}	65,29 ^{**}	26,90 ^{**}
Mineral vs Adubo verde	41,19 ^{**}	19,94 ^{**}	268,24 ^{**}	16,26 ^{**}
Testemunha vs Mineral	329,73 ^{**}	277,12 ^{**}	358,92 ^{**}	50,99 ^{**}
CV (%)	7,28	8,05	14,40	13,68
FONTES DE VARIAÇÃO	RB	RL	TR	IL
Cultivos (C)	909,62 ^{**}	909,62 ^{**}	650,83 ^{**}	548,69 ^{**}
Blocos (Cultivos)	1,63 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Quantidade de biomassa de flor-de-seda (Q)	85,75 ^{**}	34,39 ^{**}	12,93 ^{**}	16,19 ^{**}
C X Q	7,71 ^{**}	7,71 ^{**}	0,47 ^{ns}	3,36 ^{**}
Testemunha vs Adubo verde	289,84 ^{**}	99,48 ^{**}	0,60 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Mineral vs Adubo verde	19,94 ^{**}	11,56 ^{**}	0,57 ^{ns}	1,57 ^{ns}
Testemunha vs Mineral	277,10 ^{**}	107,31 ^{**}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}
CV (%)	8,05	13,19	9,46	7,82

Fonte: Elaboração própria (2022). ** = p <0,01; * = p <0,05; ns= não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Valores de “F” para as características de qualidade pós-colheita pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, teor de vitamina C (VIT.C), teor de açúcares solúveis totais (AST), teor de antocianina total (ANTOC.), e parâmetros de cor L*, croma (C*) e ângulo Hue (h°) do rabanete, em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda incorporadas ao solo nas estações de cultivo de 2021 e 2022. Mossoró – RN, UFRSA, 2022

FONTES DE VARIAÇÃO	PH	AT	SS	SS/AT
Cultivos (C)	72,88 ^{**}	0,34 ^{ns}	16,49 ^{**}	3,70 ^{ns}
Blocos (Cultivos)	0,81 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Quantidade de biomassa de flor-de-seda (Q)	12,47 ^{**}	11,76 ^{**}	6,78 ^{**}	13,10 ^{**}
C X Q	1,72 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Testemunha vs Adubo verde	15,12 ^{**}	1,43 ^{ns}	0,04 ^{ns}	4,53 [*]
Mineral vs Adubo verde	59,33 ^{**}	37,58 ^{**}	31,51 ^{**}	49,22 ^{**}
Testemunha vs Mineral	8,73 ^{**}	14,60 ^{**}	17,56 ^{**}	14,33 ^{**}
CV (%)	1,53	7,03	3,66	8,22
FONTES DE VARIAÇÃO	VIT. C	AST	ANTOC.	
Cultivos (C)	8,44 ^{**}	78,90 ^{**}	120,72 ^{**}	
Blocos (Cultivos)	0,44 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,41 ^{ns}	
Quantidade de biomassa de flor-de-seda (Q)	3,21 ^{**}	10,66 ^{**}	28,96 ^{**}	
C X Q	0,18 ^{ns}	7,04 ^{**}	13,56 ^{**}	
Testemunha vs Adubo verde	9,75 ^{**}	48,23 ^{**}	68,54 ^{**}	
Mineral vs Adubo verde	0,09 ^{ns}	23,57 ^{**}	24,50 ^{**}	
Testemunha vs Mineral	7,06 [*]	2,62 ^{ns}	6,65 [*]	
CV (%)	9,15	9,33	6,25	
FONTES DE VARIAÇÃO	L*	C*	h°	
Tratamento	1,74 ^{ns}	2,81 [*]	2,22 ^{ns}	
Blocos	0,85 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,66 ^{ns}	
Testemunha vs Adubo verde	0,22 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,67 ^{ns}	
Mineral vs Adubo verde	7,92 ^{**}	0,05 ^{ns}	9,63 ^{**}	
Testemunha vs Mineral	6,48 [*]	0,67 ^{ns}	3,13 ^{ns}	
CV (%)	4,95	7,26	11,33	

Fonte: Elaboração própria (2022). ** = p <0,01; * = p <0,05; ns= não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Médias das variáveis agrônômicas do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

TRATAMENTOS	AP(E1)*	AP(E2)	AP(E1E2)	NFP(E1)	NFP(E2)	NFP(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	12,57	15,36	13,96	6,39	6,40	6,40
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	13,36	17,13	15,25	6,61	6,44	6,53
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	14,40	18,69	16,55	7,11	6,45	6,78
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	14,30	18,21	16,25	7,04	6,41	6,73
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	13,94	18,03	15,98	6,73	6,33	6,53
Test. absoluta	11,66	11,93	11,80	6,28	5,59	5,93
Test. mineral	22,56	29,21	25,89	6,55	6,94	6,74
TRATAMENTOS	DL(E1)	DL(E2)	DL(E1E2)	DT(E1)	DT(E2)	DT(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,76	4,50	4,63	4,36	3,54	3,95
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,87	4,95	4,91	4,47	3,78	4,13
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	5,03	5,03	5,03	4,61	3,95	4,29
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	5,00	4,93	4,97	4,58	3,91	4,24
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,92	4,77	4,85	4,53	3,75	4,14
Test. absoluta	3,15	3,92	3,54	2,62	2,82	2,72
Test. mineral	5,22	6,20	5,71	4,21	4,22	4,22
TRATAMENTOS	PTR(E1)	PTR(E2)	PTR(E1E2)	PRC(E1)	PRC(E2)	PRC(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,17	9,95	8,06	4,25	8,16	6,21
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	7,33	11,84	9,59	5,81	10,15	7,98
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	8,64	13,50	11,07	7,04	11,96	9,50
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	8,32	13,15	10,74	6,47	11,95	9,20
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	8,02	12,95	10,49	5,88	11,50	8,69
Test. absoluta	4,73	6,98	5,86	3,31	5,81	4,56
Test. mineral	8,73	14,36	11,55	6,60	12,00	9,30
TRATAMENTOS	MSPA(E1)	MSPA(E2)	MSPA(E1E2)	MSR(E1)	MSR(E2)	MSR(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	0,46	0,65	0,55	0,61	0,72	0,67
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	0,56	0,81	0,68	0,66	0,80	0,73
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	0,66	0,88	0,77	0,68	0,81	0,74
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	0,59	0,79	0,69	0,65	0,77	0,72
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	0,50	0,74	0,62	0,58	0,75	0,67
Test. absoluta	0,34	0,42	0,38	0,58	0,48	0,67
Test. mineral	0,99	1,49	1,24	0,55	1,12	0,84

Fonte: Elaboração própria (2022). *Legenda: Test. Absoluta: Tratamento sem adubação (controle); Test. mineral: adubação com fertilizante químico; AP: Altura de plantas; NFP: Número de folhas por planta; DL: Diâmetro longitudinal; DT: Diâmetro transversal; PTR: Produtividade total de raízes; PRC: Produtividade de raízes comerciais; MSPA: Massa seca parte aérea; MSR: Massa seca de raízes.

Tabela 4 - Médias das variáveis econômicas do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

TRATAMENTOS	RB(E1)*	RB(E2)	RB(E1E2)	RL(E1)	RL(E2)	RL(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	26.152,88	50.185,54	38.169,21	11.812,36	35.845,02	23.829,69
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	35.731,50	62.433,26	49.082,38	18.435,52	45.137,28	31.786,40
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	43.301,84	73.561,69	58.432,77	23.181,69	53.441,54	38.311,61
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	39.782,51	73.475,59	56.629,05	16.650,13	50.343,21	33.496,66
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	36.162,00	70.698,86	53.430,43	10.262,22	44.799,08	27.530,65
Test. absoluta	20.341,13	35.709,98	28.026,55	9.759,68	25.128,53	17.444,11
Test. mineral	40.574,63	73.852,23	57.213,43	18.968,92	52.246,57	35.608,74
TRATAMENTOS	TR(E1)	TR(E2)	TR(E1E2)	IL(E1)	IL(E2)	IL(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	1,82	3,50	2,66	44,88	71,27	58,08
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	2,06	3,61	2,84	50,93	72,27	61,60
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	2,15	6,66	2,90	53,47	72,53	63,00
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	1,72	3,18	2,45	41,72	68,29	55,00
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	1,40	2,73	2,06	28,13	63,21	45,67
Test. absoluta	1,92	3,37	2,65	46,72	69,30	58,01
Test. mineral	1,87	3,42	2,65	46,51	70,71	58,61

Fonte: Elaboração própria (2022). *Legenda: Test. Absoluta: Tratamento sem adubação (controle); Test. mineral: adubação com fertilizante químico; RB: Renda bruta; RL= Renda líquida; TR: Taxa de retorno; IL: Índice de lucratividade.

Tabela 5 - Médias das variáveis de qualidade pós-colheita do rabanete nas estações de cultivo 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

TRATAMENTOS	PH(E1)*	PH (E2)	PH(E1E2)	AT(E1)	AT(E2)	AT(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,48	6,65	6,56	0,13	0,13	0,13
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,55	6,71	6,63	0,11	0,12	0,12
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,59	6,77	6,68	0,10	0,11	0,11
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,57	6,75	6,66	0,11	0,11	0,11
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	6,53	6,69	6,61	0,11	0,11	0,11
Test. absoluta	6,40	6,58	6,50	0,12	0,12	0,12
Test. mineral	6,16	6,56	6,36	0,13	0,13	0,13
TRATAMENTOS	SS(E1)	SS(E2)	SS(E1E2)	SS/AT (E1)	SS/AT (E2)	SS/AT (E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,56	4,66	4,61	36,76	37,73	37,25
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,60	4,86	4,73	40,63	42,26	41,45
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,64	5,00	4,82	45,22	44,35	44,79
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,61	4,86	4,74	42,15	43,56	42,86
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	4,57	4,76	4,67	39,12	43,38	41,25
Test. absoluta	4,68	4,72	4,70	38,11	40,07	39,09
Test. mineral	4,40	4,36	4,38	32,89	34,15	33,52
TRATAMENTOS	VIT. C(E1)	VIT.C(E2)	VIT. C (E1E2)	AST(E1)	AST(E2)	AST(E1E2)
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	62,02	65,89	63,96	1,29	1,71	1,50
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	64,25	69,77	67,01	1,34	1,76	1,55
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	68,80	73,64	71,22	1,33	1,74	1,54
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	68,83	71,71	69,77	1,30	1,72	1,51
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	63,96	68,80	66,38	1,28	1,69	1,49
Test. absoluta	58,14	63,96	61,05	1,17	1,22	1,19
Test. mineral	67,83	68,80	68,32	1,35	1,23	1,29
TRATAMENTOS	ANTOC. (E1)	ANTOC. (E2)	ANTOC. (E1E2)			
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	10,73	11,89	11,31			
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	11,38	12,20	11,79			
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	11,52	12,44	11,98			
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	10,85	12,17	11,51			
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	8,39	10,49	9,44			
Test. absoluta	8,84	9,71	9,26			
Test. mineral	7,46	12,64	10,05			

Fonte: Elaboração própria (2022). *Legenda: Test. Absoluta: Tratamento sem adubação (controle); Test. mineral: adubação com fertilizante químico; AT: Acidez titulável; SS: Sólidos solúveis; SS/AT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; VIT.C: Vitamina C; AST: Açúcares solúveis totais; ANTOC.: Antocianina total.

Tabela 6 - Médias dos parâmetros de cor das coordenadas L*, croma (C*) e ângulo Hue (h°) do rabanete nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró – RN, UFRSA, 2022.

TRATAMENTOS	L*	C*	h°
16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	31,49	33,38	0,25
29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	32,13	34,39	0,27
42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	32,40	37,84	0,29
55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	31,89	39,82	0,28
68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda	31,34	36,24	0,28
Testemunha absoluta (controle sem adubação)	32,21	37,82	0,26
Testemunha mineral (adubação com fertilizante químico)	29,69	36,44	0,23

Fonte: Elaboração própria (2022).

Tabela 7 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 16 t ha⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 10.344,69	72,14
A.1. Insumos				R\$ 3.000,00	20,92
Sementes	100g	150	R\$ 20,00	R\$ 3.000,00	20,92
A.2. Mão-de-obra				R\$ 6.610,00	46,09
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 3.430,00	23,92
Corte (16 t ha)	d/h*	48	R\$ 40,00	R\$ 1.920,00	13,39
Transporte	Frete	3	R\$ 50,00	R\$ 150,00	1,05
Trituração	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	3,91
Secagem	d/h*	9	R\$ 40,00	R\$ 360,00	2,51
Ensacamento	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	2,23
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	3	R\$ 40,00	R\$ 120,00	0,84
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	22,17
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,42
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,84
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,84
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	2,51
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,95
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,56
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	2,79
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,67
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	4,46
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	3,91
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	2,23
A.3. Energia elétrica				R\$ 93,33	0,65
Forrageira	Kw/h	162,72	R\$ 0,43	R\$ 69,17	0,48
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,16	0,17
A.4. Outras despesas				R\$ 97,03	0,68
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 9.703,33	R\$ 97,03	0,68
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	3,80
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,70
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	0,69
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	2,41
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.881,20	20,09
B.1. Depreciação				R\$ 1.771,20	12,35
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	10,97
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	1/2	R\$ 8,21	0,06
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	0,11
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	0,06
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,12
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	0,42
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	0,48
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	0,03
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,12
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,07
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	0,07
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	7,67
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	7,67
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 13.225,89	
C.1. (A) + (B)				R\$ 13.225,89	92,23
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	7,77
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,70
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,70
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	7,08
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	7,08
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 14.340,52	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 14.340,52	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 8 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 29 t ha⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		TOTAL	% sobre CT
			Un.			
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)					R\$ 13.300,16	76,90
A.1. Insumos					R\$ 3.000,00	17,35
Sementes	100g	150	R\$	20,00	R\$ 3.000,00	17,35
A.2. Mão-de-obra					R\$ 9.480,00	54,81
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)					R\$ 6.300,00	36,42
Corte (29 t ha)	d/h*	87	R\$	40,00	R\$ 3.480,00	20,12
Transporte	Frete	6	R\$	50,00	R\$ 300,00	1,73
Trituração	d/h*	27	R\$	40,00	R\$ 1.080,00	6,24
Secagem	d/h*	16	R\$	40,00	R\$ 640,00	3,70
Ensacamento	d/h*	15	R\$	40,00	R\$ 600,00	3,47
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	5	R\$	40,00	R\$ 200,00	1,16
A.2.2 Custos com demais serviços					R\$ 3.180,00	18,39
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$	60,00	R\$ 60,00	0,35
Aração	h/t**	2	R\$	60,00	R\$ 120,00	0,69
Gradagem	h/t**	2	R\$	60,00	R\$ 120,00	0,69
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$	60,00	R\$ 360,00	2,08
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$	40,00	R\$ 280,00	1,62
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$	40,00	R\$ 80,00	0,46
Semeadura	d/h*	10	R\$	40,00	R\$ 400,00	2,31
Desbaste	d/h*	6	R\$	40,00	R\$ 240,00	1,39
Capina manual	d/h*	16	R\$	40,00	R\$ 640,00	3,70
Colheita	d/h*	14	R\$	40,00	R\$ 560,00	3,24
Transporte	d/h*	8	R\$	40,00	R\$ 320,00	1,85
A.3. Energia elétrica					R\$ 149,53	0,86
Forrageira	Kw/h	294,93	R\$	0,43	R\$ 125,37	0,72
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$	0,43	R\$ 24,16	0,14
A.4. Outras despesas					R\$ 126,30	0,73
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$	12.629,53	R\$ 126,30	0,73
A.5. Manutenção e Conservação					R\$ 544,33	3,15
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$	10.000,00	R\$ 100,00	0,58
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$	1.970,00	R\$ 98,50	0,57
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$	4.940,44	R\$ 345,83	2,00
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses		Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)					R\$ 2.881,20	16,66
B.1. Depreciação					R\$ 1.771,20	10,24
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	R\$ 1.573,00	9,09
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	1/2	R\$ 8,21	R\$ 8,21	0,05
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	R\$ 15,23	0,09
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	R\$ 8,02	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	R\$ 16,67	0,10
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	R\$ 60,40	0,35
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	R\$ 68,33	0,40
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	R\$ 4,67	0,03
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	R\$ 16,67	0,10
B.2. Impostos e taxas					R\$ 10,00	0,06
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,06
B.3. Mão-de-obra fixa					R\$ 1.100,00	6,36
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	6,36
C. Custos Operacionais Totais (COT)					R\$ 16.181,36	
C.1. (A) + (B)					R\$ 16.181,36	93,56
D. Custos de Oportunidade (CO)					R\$ 1.114,63	6,44
D.1. Remuneração da terra					R\$ 100,00	0,58
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,58
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)					R\$ 1.014,63	5,87
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	R\$ 1.014,63	5,87
E. CUSTOS TOTAIS					R\$ 17.295,98	100
E.1. CV + CF + CO					R\$ 17.295,98	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 9 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 42 t ha⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		TOTAL	% sobre CT	
			Un.				
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)					R\$	16.124,32	80,14
A.1. Insumos					R\$	3.000,00	14,91
Sementes	100g	150	R\$	20,00	R\$	3.000,00	14,91
A.2. Mão-de-obra					R\$	12.220,00	60,74
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)					R\$	9.040,00	44,93
Corte (42 t ha)	d/h*	126	R\$	40,00	R\$	5.040,00	25,05
Transporte	Frete	8	R\$	50,00	R\$	400,00	1,99
Trituração	d/h*	38	R\$	40,00	R\$	1.520,00	7,55
Secagem	d/h*	23	R\$	40,00	R\$	920,00	4,57
Ensacamento	d/h*	21	R\$	40,00	R\$	840,00	4,17
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	8	R\$	40,00	R\$	320,00	1,59
A.2.2 Custos com demais serviços					R\$	3.180,00	15,81
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$	60,00	R\$	60,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$	60,00	R\$	120,00	0,60
Gradagem	h/t**	2	R\$	60,00	R\$	120,00	0,60
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$	60,00	R\$	360,00	1,79
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$	40,00	R\$	280,00	1,39
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$	40,00	R\$	80,00	0,40
Semeadura	d/h*	10	R\$	40,00	R\$	400,00	1,99
Desbaste	d/h*	6	R\$	40,00	R\$	240,00	1,19
Capina manual	d/h*	16	R\$	40,00	R\$	640,00	3,18
Colheita	d/h*	14	R\$	40,00	R\$	560,00	2,78
Transporte	d/h*	8	R\$	40,00	R\$	320,00	1,59
A.3. Energia elétrica					R\$	205,73	1,02
Forrageira	Kw/h	427,14	R\$	0,43	R\$	181,58	0,90
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$	0,43	R\$	24,16	0,12
A.4. Outras despesas					R\$	154,26	0,77
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$	15.425,73	R\$	154,26	0,77
A.5. Manutenção e Conservação					R\$	544,33	2,71
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$	10.000,00	R\$	100,00	0,50
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$	1.970,00	R\$	98,50	0,49
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$	4.940,44	R\$	345,83	1,72
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses		Depreciação	% sobre CT	
B. CUSTOS FIXOS (CF)					R\$	2.881,20	14,32
B.1. Depreciação					R\$	1.771,20	8,80
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$	1.573,00	7,82	
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	1/2	R\$	8,21	0,04	
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$	15,23	0,08	
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$	8,02	0,04	
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$	16,67	0,08	
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$	60,40	0,30	
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$	68,33	0,34	
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$	4,67	0,02	
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$	16,67	0,08	
B.2. Impostos e taxas					R\$	10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$	10,00	0,05	
B.3. Mão-de-obra fixa					R\$	1.100,00	5,47
Aux. Administração	Salário	1	R\$	1.100,00	R\$	1.100,00	5,47
C. Custos Operacionais Totais (COT)					R\$	19.005,52	
C.1. (A) + (B)					R\$	19.005,52	94,46
D. Custos de Oportunidade (CO)					R\$	1.114,63	5,54
D.1. Remuneração da terra					R\$	100,00	0,50
Arrendamento	ha	1	R\$	100,00	R\$	100,00	0,50
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)					R\$	1.014,63	5,04
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$	16.910,44	R\$	1.014,63	5,04
E. CUSTOS TOTAIS					R\$	20.120,15	100
E.1. CV + CF + CO					R\$	20.120,15	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 10 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 55 t ha⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 19.136,55	82,73
A.1. Insumos				R\$ 3.000,00	12,97
Sementes	100g	150	R\$ 20,00	R\$ 3.000,00	12,97
A.2. Mão-de-obra				R\$ 15.090,00	65,23
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 11.910,00	51,49
Corte (55 t ha)	d/h*	165	R\$ 40,00	R\$ 6.600,00	28,53
Transporte	Frete	11	R\$ 50,00	R\$ 550,00	2,38
Trituração	d/h*	51	R\$ 40,00	R\$ 2.040,00	8,82
Secagem	d/h*	30	R\$ 40,00	R\$ 1.200,00	5,19
Ensacamento	d/h*	28	R\$ 40,00	R\$ 1.120,00	4,84
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,73
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	13,75
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,26
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,52
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,52
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,56
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,21
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,35
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,73
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,04
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,77
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,42
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,38
A.3. Energia elétrica				R\$ 261,94	1,94
Forrageira	Kw/h	559,35	R\$ 0,43	R\$ 237,78	1,03
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,16	0,10
A.4. Outras despesas				R\$ 184,08	0,80
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 18.408,14	R\$ 184,08	0,80
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	2,35
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,43
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	0,43
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,50
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.881,20	12,46
B.1. Depreciação				R\$ 1.771,20	7,66
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	6,80
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	1/2	R\$ 8,21	0,04
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	0,07
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	0,03
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,07
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	0,26
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	0,30
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	0,02
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,07
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	4,76
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	4,76
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 22.017,75	
C.1. (A) + (B)				R\$ 22.017,75	95,18
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	4,82
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,43
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,43
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	4,39
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	4,39
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 23.075,61	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 23.075,61	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 11 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com 68 t ha⁻¹ de flor-de-seda, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 21.903,95	84,57
A.1. Insumos				R\$ 3.000,00	11,58
Sementes	100g	150	R\$ 20,00	R\$ 3.000,00	11,58
A.2. Mão-de-obra				R\$ 17.830,00	68,84
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 14.650,00	56,56
Corte (68 t ha)	d/h*	204	R\$ 40,00	R\$ 8.160,00	31,51
Transporte	Frete	13	R\$ 50,00	R\$ 650,00	2,51
Trituração	d/h*	62	R\$ 40,00	R\$ 2.480,00	9,58
Secagem	d/h*	37	R\$ 40,00	R\$ 1.480,00	5,71
Ensacamento	d/h*	34	R\$ 40,00	R\$ 1.360,00	5,25
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	13	R\$ 40,00	R\$ 520,00	2,01
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	12,28
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,23
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,46
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,46
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,39
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,08
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,31
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,54
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	0,93
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,47
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,16
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,24
A.3. Energia elétrica				R\$ 318,14	1,23
Forrageira	Kw/h	691,56	R\$ 0,43	R\$ 293,98	1,14
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,16	0,09
A.4. Outras despesas				R\$ 211,48	0,82
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 21.148,14	R\$ 211,48	0,82
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	2,10
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,39
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	0,38
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,34
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.881,20	11,12
B.1. Depreciação				R\$ 1.771,20	6,84
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	6,07
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	1/2	R\$ 8,21	0,03
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	0,06
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	0,03
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,06
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	0,23
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	0,26
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	0,02
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,06
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	4,25
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	4,25
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 24.785,15	
C.1. (A) + (B)				R\$ 24.785,15	95,70
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	4,30
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,39
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,39
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	3,92
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	3,92
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 25.899,78	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 25.899,78	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 12 - Custos de produção por hectare de rabanete sem adubação (testemunha absoluta), nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 6.712,03	63,43
A.1. Insumos				R\$ 3.000,00	28,35
Sementes	100g	150	R\$ 20,00	R\$ 3.000,00	28,35
A.2. Mão-de-obra				R\$ 3.180,00	12,28
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,57
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	1,13
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	1,13
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	3,40
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	2,65
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,76
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	3,78
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	2,27
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	6,05
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	5,29
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	3,02
A.3. Energia elétrica				R\$ 24,16	0,23
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,16	0,23
A.4. Outras despesas				R\$ 62,04	0,59
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 6.204,16	R\$ 62,04	0,59
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 445,83	4,21
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,95
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	3,27
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.872,99	27,15
B.1. Depreciação				R\$ 1.762,99	16,66
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	14,87
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	0,14
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	0,08
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,16
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	0,57
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	0,65
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	0,04
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,16
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,09
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	0,09
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	10,40
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	10,40
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 9.585,02	
C.1. (A) + (B)				R\$ 9.585,02	90,58
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 996,43	9,42
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,95
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,95
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 896,43	8,47
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 14.940,44	R\$ 896,43	8,47
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 10.581,45	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 10.581,45	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 13 - Custos de produção por hectare de rabanete adubado com fertilizante mineral, nas duas estações de cultivo (2021 e 2022). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 17.736,29	82,09
A.1. Insumos				R\$ 13.775,11	63,76
Sementes	100g	150	R\$ 20,00	R\$ 3.000,00	13,89
Ureia	kg	266,67	R\$ 7,00	R\$ 1.866,69	8,64
Cloreto de potássio	kg	491,38	R\$ 10,26	R\$ 5.041,56	23,33
Superfosfato simples	kg	666,70	R\$ 5,80	R\$ 3.866,86	17,90
A.2. Mão-de-obra				R\$ 3.320,00	15,37
A.2.1 Custos com adubo mineral				R\$ 800,00	3,70
Adubação de fundação	d/h*	4	R\$ 40,00	R\$ 160,00	0,74
Adubação de cobertura	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,96
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 2.520,00	11,66
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,28
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,56
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,56
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,67
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,30
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,37
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,85
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,11
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,96
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,59
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,48
A.3. Energia elétrica				R\$ 24,16	0,11
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,16	0,11
A.4. Outras despesas				R\$ 171,19	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.119,27	R\$ 171,19	0,79
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 445,83	2,06
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,46
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,60
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.872,99	13,30
B.1. Depreciação				R\$ 1.762,99	8,16
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	7,28
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	2	R\$ 15,23	0,07
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	2	R\$ 8,02	0,04
Poço	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,08
Mangueiras	60	R\$ 1.812,00	2	R\$ 60,40	0,28
Microaspersores	60	R\$ 2.050,00	2	R\$ 68,33	0,32
Conexões	60	R\$ 140,00	2	R\$ 4,67	0,02
Galpão	600	R\$ 5.000,00	2	R\$ 16,67	0,08
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	10	R\$ 10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	5,09
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	5,09
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 20.609,28	
C.1. (A) + (B)				R\$ 20.609,28	95,39
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 996,43	4,61
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,46
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,46
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 896,43	4,15
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 14.940,44	R\$ 896,43	4,15
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 21.605,71	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 21.605,71	100

Fonte: Elaboração própria (2022).

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator