



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

ERIVAN ALVES DA SILVA

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DE BETERRABA
ADUBADA COM FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE
CULTIVO**

POMBAL-PB

2023

ERIVAN ALVES DA SILVA

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DE BETERRABA
ADUBADA COM FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE
CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical- PPGHT da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Horticultura Tropical.

Orientador: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto

POMBAL-PB

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S586e Silva, Erivan Alves da.
Eficiência agroeconômica de beterraba adubada com flor-de-seda em
duas estações de cultivo / Erivan Alves da Silva. – Pombal, 2023.
55 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Francisco Bezerra Neto”.

Referências.

1. *Beta vulgaris*. 2. *Calotropis procera*. 3. Raízes tuberosas. 4.
Adubação orgânica. I. Bezerra Neto, Francisco. II. Título.

CDU 635.11 (043)

ERIVAN ALVES DA SILVA

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DE BETERRABA
ADUBADA COM FLOR-DE-SEDA EM DUAS ESTAÇÕES DE
CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical- PPGHT, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Horticultura Tropical.

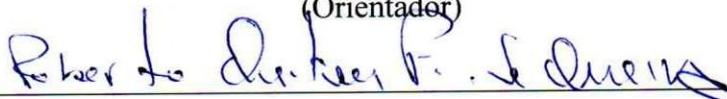
Aprovada em: 15 de fevereiro de 2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto (DCAF/UFERSA)

(Orientador)



Prof. DSc. Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga (PPGHT/UFCG)

(Examinador)



Prof. DSc. Jailma Suerda Silva de Lima (DCAF/UFERSA)

(Examinadora)

POMBAL-PB

2023

*A minha esposa, Daniele Moura por todo incentivo e amor.
Aos meus pais, Ediran e Francisca por todo carinho e apoio.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom gratuito da vida, pela saúde, força, sabedoria, humildade e por sempre estar ao meu lado, me protegendo e guiando;

A minha esposa Daniele Moura Pereira que sempre está ao meu lado me incentivando a continuar e seguir em frente, me mostrando que posso ir muito mais além do que imagino, e sendo meu braço forte nessa jornada do mestrado, seja nas atividades de campo ou em laboratório, sempre esteve comigo a me auxiliar;

Aos meus digníssimos pais, Ediran Pinheiro da Silva e Francisca Alves da Silva, que mesmo distante sempre acreditam que posso voar em busca dos meus sonhos;

A todos os que fizeram e fazem parte da equipe de pesquisa: Francisca Karla, Victor Abel, Rose Paula, Gerlany Alves, Isaac Alves, Jéssica Paloma, Iron do Carmo e Marianne Azevedo;

Ao meu amigo e irmão Francisco Jean, por sempre me ajudar a crescer e a não desaminar na jornada acadêmica, além de muitos conselhos para a vida, e a minha amiga Thâmara Medeiros por sempre trocar conhecimentos científicos;

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela oportunidade de cursar uma Pós-Graduação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical pela oportunidade de ingresso no curso, contribuindo para minha formação;

A CAPES pela concessão de uma bolsa;

Ao professor Francisco Bezerra Neto pela orientação, valiosos ensinamentos, cobranças e paciência, além de uma grande amizade e uma inspiração pra minha vida;

Aos membros participantes da banca examinadora: Professor Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga e Jailma Suerda Silva de Lima pelas contribuições neste trabalho;

A todos os professores pelos conhecimentos repassados, principalmente ao professor Maurício Sekiguchi de Godoy e a professora Railene Hérica Carlos Rocha Araújo que me instruíram a seguir na área acadêmica, me moldando dia após dia, mencionando meus erros e acertos, para que eu seja o melhor em tudo o que venha fazer;

A todo o corpo docente e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical pela disponibilidade e pelos valorosos conhecimentos transmitidos durante o Curso;

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por todo suporte em estrutura, transporte, laboratórios e restaurante universitário;

Ao pessoal que presta serviço a UFERSA, em especial: Cosmildo, seu Nanan, Josimar e Isleique, dentre outros, por toda ajuda na condução dos experimentos;

A todos os funcionários da UFERSA – técnicos de laboratórios, servidores gerais e secretários, por estarem disponível sempre que precisei;

A todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho se concretizasse, fazendo com que o objetivo fosse alcançado.

OBRIGADO A TODOS!

Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.

Albert Einstein

RESUMO

SILVA, Erivan Alves da. **Eficiência agroeconômica de beterraba adubada com flor-de-seda em duas estações de cultivo**. 2023. 55p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal- PB¹.

A utilização de espécies espontâneas do semiárido nordestino como alternativa na adubação de hortaliças, apresenta-se como uma atividade promissora no aumento da produtividade e eficiência econômica de sistemas de produção agrícola. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência agroeconômica de beterraba em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda (*Calotropis procera*) em duas estações de cultivo. Foram realizados dois experimentos na Fazenda Experimental 'Rafael Fernandes' da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no período de outubro a dezembro de 2021 e setembro a novembro de 2022. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de diferentes quantidades de biomassa de flor-de-seda nas doses de 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹ em base seca. Em cada bloco foram adicionados dois tratamentos, um sem adubo e outro com adubação mineral, para efeito de comparação com o tratamento de máxima eficiência agroeconômica. As características agrônomicas avaliadas foram: altura de plantas, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, produtividade total e comercial de raízes e produtividade de raízes classificadas de acordo com o diâmetro em: graúdas, extra AA, extra A, extra e refugo. Os indicadores econômicos avaliados foram: renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. A maior eficiência agrônômica obtida foi com a produtividade de beterraba de 36,14 t ha⁻¹ quando se incorporou ao solo a quantidade de 61,29 t ha⁻¹ de biomassa seca de flor-de-seda. Quanto à eficiência econômica, o melhor resultado alcançado foi com a renda líquida de 68.740,15 R\$ ha⁻¹ viabilizado com a incorporação ao solo da quantidade de 58,68 t ha⁻¹ de biomassa seca do adubo verde. A utilização da flor-de-seda como adubo verde, é uma alternativa viável para sistemas de produção de hortaliças no semiárido nordestino.

Palavras chave: *Beta vulgaris*; *Calotropis procera*; raízes tuberosas; adubação orgânica.

¹Orientador: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto

ABSTRACT

SILVA, Erivan Alves da. **Agroeconomic efficiency of beet fertilized with roostertree in two cropping seasons.** 2023. 55p. Dissertation (Master of Science in Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande (UFCG), Pombal-PB¹.

The use of spontaneous species from the northeastern semi-arid region as an alternative in the fertilization of vegetables, presents itself as a promising activity in increasing the productivity and economic efficiency of agricultural production systems. Therefore, the objective of this work was to evaluate the agroeconomic efficiency of beetroot as function of different amounts of roostertree (*Calotropis procera*) dry biomass in two cropping seasons. Two experiments were carried out at the 'Rafael Fernandes' Experimental Farm of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), from October to December 2021 and September to November 2022. The experimental design was randomized blocks, with five treatments and five replicates. The treatments consisted of different amounts of roostertree biomass in the doses of 16, 29, 42, 55 and 68 t ha⁻¹ on a dry basis. Two treatments were added to each block, one without fertilizer and the other with mineral fertilizer, for comparison with the maximum agroeconomic efficiency treatment. The agronomic characteristics evaluated were: plant height, number of leaves per plant, dry mass of shoots, dry mass of roots, productivities total and commercial of roots and productivity of classified roots according to diameter in: large, extra AA, extra A, extra and scrap. The economic indicators evaluated were: gross income, net income, rate of return and profit margin. The highest agronomic efficiency obtained was with the beet productivity of 36.14 t ha⁻¹ when the amount of 61.29 t ha⁻¹ of roostertree dry biomass was incorporated into the soil. As for economic efficiency, the best result achieved was with the net income of 68,740.15 R\$ ha⁻¹ made possible with the incorporation into the soil of 58.68 t ha⁻¹ of the green manure dry biomass. The use of roostertree as green manure is a viable alternative for vegetable production systems in the northeastern semi-arid region.

Keywords: *Beta vulgaris*; *Calotropis procera*; tuberous roots; organic fertilization.

¹Orientador: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 -** Dados das médias diárias de temperaturas e umidade relativa do ar, durante as estações de cultivo da beterraba de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2023.....21
- FIGURA 2 -** Representação gráfica de uma parcela experimental de beterraba solteira plantada no espaçamento de 0,20 x 0,10 m. Pombal-PB, UFCG, 2023.....23
- FIGURA 3 -** Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), massa seca da parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de beterraba em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.....28
- FIGURA 4 -** Produtividade total de raízes (A), produtividade comercial de raízes (B), produtividade de raízes graúdas + extra AA (C), produtividade de raízes extra A (D), produtividade de raízes extra (E) e produtividade de raízes refugo (F) de beterraba em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.....32
- FIGURA 5 -** Renda bruta (A), renda líquida (B), taxa de retorno (C) e índice de lucratividade (D) de beterraba em função das quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.....35

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Dados meteorológicos médios durante o período de desenvolvimento e crescimento de beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2023.....20
- TABELA 2** - Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação da flor-de-seda nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.....22
- TABELA 3** - Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência física (MEF), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}), na altura de plantas, no número de folhas por planta, na massa seca da parte aérea e na massa seca de raízes de beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.....27
- TABELA 4** - Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência física (MEF), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}), na produtividade total de raízes, na produtividade comercial de raízes, na produtividade de raízes graúdas + extra AA, na produtividade de raízes extra A, na produtividade de raízes extra e na produtividade de raízes refugo de beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.....29
- TABELA 5** - Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência econômica (MEE), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}), na renda bruta, na renda líquida, na taxa de retorno e no índice de lucratividade de beterraba nas estações de cultivos de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.....33

LISTA DE TABELAS DOS APÊNDICES

TABELA 1 - Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 16 t ha ⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.....	42
TABELA 2 - Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 29 t ha ⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	44
TABELA 3 - Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 42 t ha ⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	46
TABELA 4 - Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 55 t ha ⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	48
TABELA 5 - Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 68 t ha ⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	50
TABELA 6 - Custos de produção por hectare de beterraba sem adubação (Testemunha absoluta). Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	52
TABELA 7 - Custos de produção por hectare de beterraba com adubação mineral. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
	2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BETERRABA	16
	2.2 BENEFÍCIOS E CARACTERÍSTICAS DA ADUBAÇÃO VERDE.....	18
	2.3 FLOR-DE-SEDA.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
	3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
	3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	22
	3.3 COLETA DA FLOR-DE-SEDA E MANEJO CULTURAL DA BETERRABA. .	24
	3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	25
	3.4.1 Características agronômicas	25
	3.4.2 Indicadores econômicos.....	25
	3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
	4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA BETERRABA.....	26
	4.2 INDICADORES ECONÔMICOS DA BETERRABA	34
5	CONCLUSÕES	37
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
7	APÊNDICE	42

1. INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma hortaliça tuberosa pertencente à família Amaranthaceae, de ciclo que varia de 60 a 100 dias, tendo como parte comestível sua raiz de cor vermelho-arroxeadada de formato globular e sabor acentuadamente doce (BOVI et al., 2019). Essa espécie é rica em açúcares, vitaminas C e do complexo B (B1, B2 e B5) e em nutrientes como potássio, sódio, ferro, cobre e zinco (SILVA et al., 2019), além de conter também compostos fenólicos, flavonóides e antocianinas, que são importantes compostos antioxidantes capazes de combater o estresse oxidativo, atuando diretamente contra os radicais livres derivados do oxigênio (RAMOS et al., 2016).

No nordeste brasileiro, a produção de beterraba ainda é pouco expressiva, não há produção suficiente para atender a demanda do mercado interno durante todo o ano, com isto, havendo necessidade de importação de outros estados (GRANGEIRO et al., 2011). Esta hortaliça tem sido cultivada de forma convencional, com uso intensivo de fertilizantes minerais e agroquímicos, buscando-se aumentar a produtividade e a qualidade. No entanto, o uso intensivo desses produtos tem afetado o meio ambiente além de tornar o sistema de produção mais caro. Com isso, novas alternativas têm surgido, como o uso de espécies espontâneas do bioma Caatinga como adubo verde na produção de culturas tuberosas, proporcionando assim uma melhoria na qualidade e na produção das culturas (SILVA et al., 2017; LINO et al., 2021). Entre elas destaca-se a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.) popularmente conhecida no Nordeste Brasileiro, possuindo diversos nomes de acordo com as regiões do Brasil, entre eles: algodão de seda, algodão da praia, leiteira, paininha-de-seda, saco-de-velho, leiteiro, queimadeira, pé-de-balão, janaúba e ciúme.

Esta espécie vegetal possui porte arbustivo ou subarbustivo, podendo chegar a 3,5 m de altura. É uma espécie dotada de crescimento rápido, requerendo apenas 90 dias após sua germinação para alcançar altura superior a 50 cm e produzir suas primeiras flores (RANGEL; NASCIMENTO, 2011). Esta planta além de ser muito prolífera tem uma capacidade de oferta de fitomassa o ano inteiro, até mesmo em épocas de seca, conferindo uma posição de destaque em relação a diversas espécies nativas e naturalizadas da Caatinga. Quanto à composição nutricional, a planta possui altas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), podendo alcançar valores em torno de 15,1, 3,0 e 24,8 g kg⁻¹, respectivamente (FERREIRA et al., 2022). Seus primeiros testes em algumas tuberosas e folhosas tem evidenciado resultados

promissores como adubo verde nas culturas do rabanete, alface e cenoura (OLIVEIRA et al., 2015a; SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2020).

Um dos grandes desafios na produção de hortaliças tuberosas é definir uma quantidade otimizada de adubo verde que proporcione um alto rendimento produtivo com eficiência econômica do sistema produtivo. Diante da carência de resultados no cultivo da beterraba adubado com flor-de-seda em ambiente semiárido, a pesquisa teve por objetivo avaliar e estimar a máxima eficiência agroeconômica de beterraba em função de diferentes quantidades de biomassa seca de flor-de-seda em duas estações de cultivo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BETERRABA

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma das 10 principais hortaliças cultivadas no Brasil (MARCOLINI et al., 2010). É uma espécie de clima temperado, pertencente à família Amaranthaceae, com provável centro de origem no norte da África e Sul da Europa (CORRÊA et al., 2014). Sua raiz é do tipo tuberosa que se desenvolve quase na superfície do solo, possuindo formato aparentemente globular e sabor adocicado (SHRESTHA et al., 2010), com o ciclo que varia de 60 a 100 dias, dependendo da cultivar, do sistema de produção empregado e da época de plantio (TIVELLI et al., 2011).

Dentre as principais cultivares com suas respectivas finalidades destaca-se a beterraba hortícola (*Beta vulgaris* var. *esculenta*) conhecida por beterraba de mesa, utilizada para a alimentação humana, seja na forma in natura ou processada; beterraba açucareira (*Beta vulgaris* var. *altíssima*) utilizada para extração de açúcar devido os seus altos teores de sacarose; beterraba forrageira (*Beta vulgaris* var. *crassa*) empregada na alimentação de animais, devido o maior volume de raízes e matéria seca; e a beterraba folhosa (*Beta vulgaris* var. *cicla*), popularmente denominada de acelga cuja folhas e pecíolos são as partes comestíveis (TIVELLI et al., 2011).

A beterraba de mesa é a variedade de beterraba mais cultivada no Brasil. A comercialização das raízes entre os anos de 2015 a 2017 gerou uma receita equivalente a R\$ 250 milhões, sendo os principais estados produtores São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e

Goiás, representando 87% da comercialização de beterraba no Brasil (HFBRASIL, 2018). Esse valor corresponde a uma média aproximada de 135 mil toneladas, cultivada em média em 25 mil propriedades (SILVA et al., 2019).

Uma das características dessa cultivar é a presença do pigmento denominado betalaína, encontrada em apenas 13 famílias de plantas da ordem Caryophyllales, sendo esta responsável pela coloração vermelha-arroxeadada do tubérculo da beterraba, que são usualmente utilizados na indústria alimentícia como um corante natural (HAMERSKI et al., 2013). Essa substância é considerada como um excelente antioxidante natural capaz de entardecer o envelhecimento celular e diminuir os riscos de adquirir doenças cancerígenas (CLIFFORD et al., 2017). Além disso, a betalaína pertence ao grupo dos nitrogenados alcaloides, podendo então ser substrato para a produção de óxido nítrico, causando vasodilatação, melhorando assim o fluxo sanguíneo e a passagem de oxigênio, promovendo então redução dos riscos para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (CROCETTI et al., 2017; CLIFFORD et al., 2017).

Considerada uma raiz tuberosa de alto valor nutricional, é utilizada com um alimento funcional com vários benefícios a saúde humana, possuindo teores significativos de minerais como: K, Fe, Cu, Zn, Mn e Na, açúcares e vitaminas: C, B1, B2 e B5 (FERREIRA, 2018). Além de portar compostos fenólicos, flavonóides e antocianinas, que são importantes compostos antioxidantes capazes de combater o estresse oxidativo, atuando diretamente contra os radicais livres derivados do oxigênio (RAMOS et al., 2016).

O cultivo em regiões com temperaturas abaixo da ideal e elevada pluviosidade pode levar a ocorrência de doenças como o fungo *Cercospora beticola*, e causar distúrbios fisiológicos como o surgimento de anéis brancos nos tubérculos (MARCUIZZO et al., 2021).

Em relação ao solo a mesma deve ser cultivada em solos areno-argilosos, bem drenados e com teor de matéria orgânica adequada, que possa proporcionar condições ideais para a germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento da planta. Os cuidados no manejo do solo devem ser levados em consideração, tendo em vista que a cultura da beterraba é bastante exigente em termos nutricionais, exigindo um plano de adubação equilibrado, que seja capaz de repor os nutrientes extraídos, evitando o esgotamento físico e químico do solo (CARBONARI; MORANDI FILHO, 2020).

Portanto, devido ao seu intenso crescimento tanto da parte aérea como do sistema radicular, a absorção de nutrientes é contínua até o final do seu ciclo, exigindo em termos nutricionais os valores respectivos de: macronutrientes (em kg ha⁻¹): N 78 a 275; P 18 a 40; K 83 a 476 e Ca 20 a 74 para uma produtividade entre 20 e 65 t ha⁻¹ de raízes + folhas, e micronutrientes (em g ha⁻¹): B 44; Cu 22; Fe 406; Mn 24; Mo 0,3 e Zn 62 (TRANI, et al., 2013). Esses valores podem ser supridos ao fazer uso de adubação orgânica seja ela de origem animal ou de resíduo vegetais, capaz de melhorar a qualidade química, física e biológica do solo (MALTA, et al. 2019).

2.2 BENEFÍCIOS E CARACTERÍSTICAS DA ADUBAÇÃO VERDE

A adubação verde é uma prática agrícola bastante antiga, que tem sido empregada com a finalidade de conservar e manter as características do solo, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas de solos pobres e conservando a qualidade daqueles que são produtivos (WILDNER, 2014). Esta prática promove vários benefícios importantes para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, tais como: aumento do teor de matéria orgânica; maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; favorecimento da produção de ácidos orgânicos de fundamental importância para a solubilização de minerais; aumento da quantidade de nutrientes no solo (principalmente nitrogênio, muito exigido pelas hortaliças), diminuição da acidez do solo e do alumínio tóxico (BEZERRA NETO et al., 2014; SILVA et al., 2020).

O manejo da adubação verde consiste na utilização de diversas espécies vegetais que possui um elevado potencial de produção de biomassa vegetal, sendo produzida na própria propriedade ou advinda de outro local, podendo ser ou não incorporada ao solo. Portanto cada uma delas apresenta diferentes características como a produção de massa verde ou seca, velocidade de crescimento e presença ou ausência de compostos alelopáticos (SARTORI et al., 2011). Essas plantas possuem ainda uma decomposição gradativa que favorece uma maior produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes, dispensando assim uma nova adubação, e garantindo resultados satisfatórios em culturas de ciclo curto (LINHARES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015b).

A matéria orgânica presente no solo tem a capacidade de influenciar de forma positiva a retenção de nutrientes pelas plantas, melhorando a estrutura do solo, que conseqüentemente aumenta a relação água-ar, permitindo a retenção de nutrientes e a infiltração de água no solo,

favorecendo o desenvolvimento adequado das raízes, além de proporcionar maior controle da erosão hídrica (EIRAS; COELHO 2015). Esses efeitos variam muito em relação a espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio e do ponto de corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Dentre as plantas empregadas como adubos verdes destacam-se as leguminosas, que produzem grande quantidade de biomassa e agregam ganhos significativos para a cultura (GOULART, 2021). Sua utilização destaca-se devido à capacidade de adicionarem C e N atmosférico, fixado pela simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (EIRAS; COELHO 2015), e quando utilizados como cobertura vegetal tem a capacidade de proteger o solo contra a ação erosiva das chuvas e diminuição da temperatura no solo (FORTE et al., 2018).

Portanto, nas condições do semiárido nordestino, vários trabalhos têm demonstrado a eficiência de plantas espontâneas da Caatinga utilizadas como adubo verde em rabanete, alface, rúcula, beterraba e cenoura (BATISTA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2017; BATISTA et al., 2016; SILVA et al., 2021), constituem-se uma opção importante para a produção agrícola alcançar o equilíbrio entre o aumento na produtividade das culturas e a exploração do meio ambiente (BEZERRA NETO et al., 2014). As espécies flor-de-seda e jitirana têm proporcionado excelentes resultados em termos de produtividade em algumas hortaliças. Essas espécies, além de serem adaptadas às condições edafoclimáticas da região, apresentam alta produção de fitomassa, rápido crescimento e estreita relação C/N (LINHARES et al., 2011).

2.3 FLOR-DE-SEDA

A flor-de-seda é uma espécie espontânea da Caatinga brasileira e dependendo da região o seu nome popular pode ser diferente, tais como: ciumeira, leiteira, paininha-de-seda, saco-de-velho, leiteiro, queimadeira, pé-de-balão, janaúba, algodão de seda e algodão da praia (SILVA et al., 2013). Pertencente à família Apocynaceae, nativo da África tropical, Índia e Pérsia (MOREIRA FILHO, 2007). É caracterizada como uma planta que mantém o desenvolvimento vegetativo em períodos de estiagem, podendo ser utilizada na alimentação animal ou adubação verde (FREIRE et al., 2021). Além de ser muito prolífera tem uma

capacidade de oferta de fitomassa o ano inteiro, conferindo uma posição de destaque em relação a diversas espécies nativas e naturalizadas da Caatinga (ALMEIDA et al., 2015).

Essa espécie possui uma boa relação C/N de 20 a 30/1, e elevadas concentrações de N, P e K, podendo alcançar valores em torno de 22,7, 10,0 e 28,9 g kg⁻¹, respectivamente (SILVA et al., 2013). O seu uso como adubo verde em hortaliças folhosas e tuberosas tem proporcionado incremento significativo para altura das plantas, número de folhas e rendimento de massa verde (ALMEIDA et al., 2015).

Excelentes resultados têm sido observados em leguminosas como o feijão-caupi, e em hortaliças folhosas e tuberosas, com destaque para alface, rúcula, coentro, cenoura e rabanete, em que a incorporação de biomassa de flor-de-seda ao solo aumentou significativamente a produtividade e a rentabilidade dos cultivos, reduzindo a necessidade de adubações minerais que elevam o custo de produção (SOUZA et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos no período de outubro a dezembro de 2021 e setembro a novembro de 2022, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Lagoinha, a 20 km do município de Mossoró, RN, em coordenadas geográficas 5 ° 03 '37 "latitude sul, 37 ° 23 '50" longitude oeste e altitude aproximada de 80 m.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é 'BSh', seco e muito quente, com duas estações distintas: uma seca, que geralmente ocorre de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (BECK et al., 2018). Durante o período de desenvolvimento e de crescimento da beterraba, os dados meteorológicos médios registrados estão apresentados na Tabela 1 (LABIMC, 2022).

Tabela 1. Dados meteorológicos médios durante o período de desenvolvimento e crescimento da beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2023.

Estações de cultivo	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Radiação solar (MJ m ⁻²)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
	Mínima	Média	Máxima			
2021	23,32	29,90	36,48	67,60	274,80	2,80
2022	22,53	29,38	36,23	62,87	256,41	1,71

Fonte: LABIMC (2022).

Os dados de temperatura média e umidade relativa do ar média diária após a semeadura da beterraba, durante as duas estações de cultivos, estão apresentados na Figura 1.

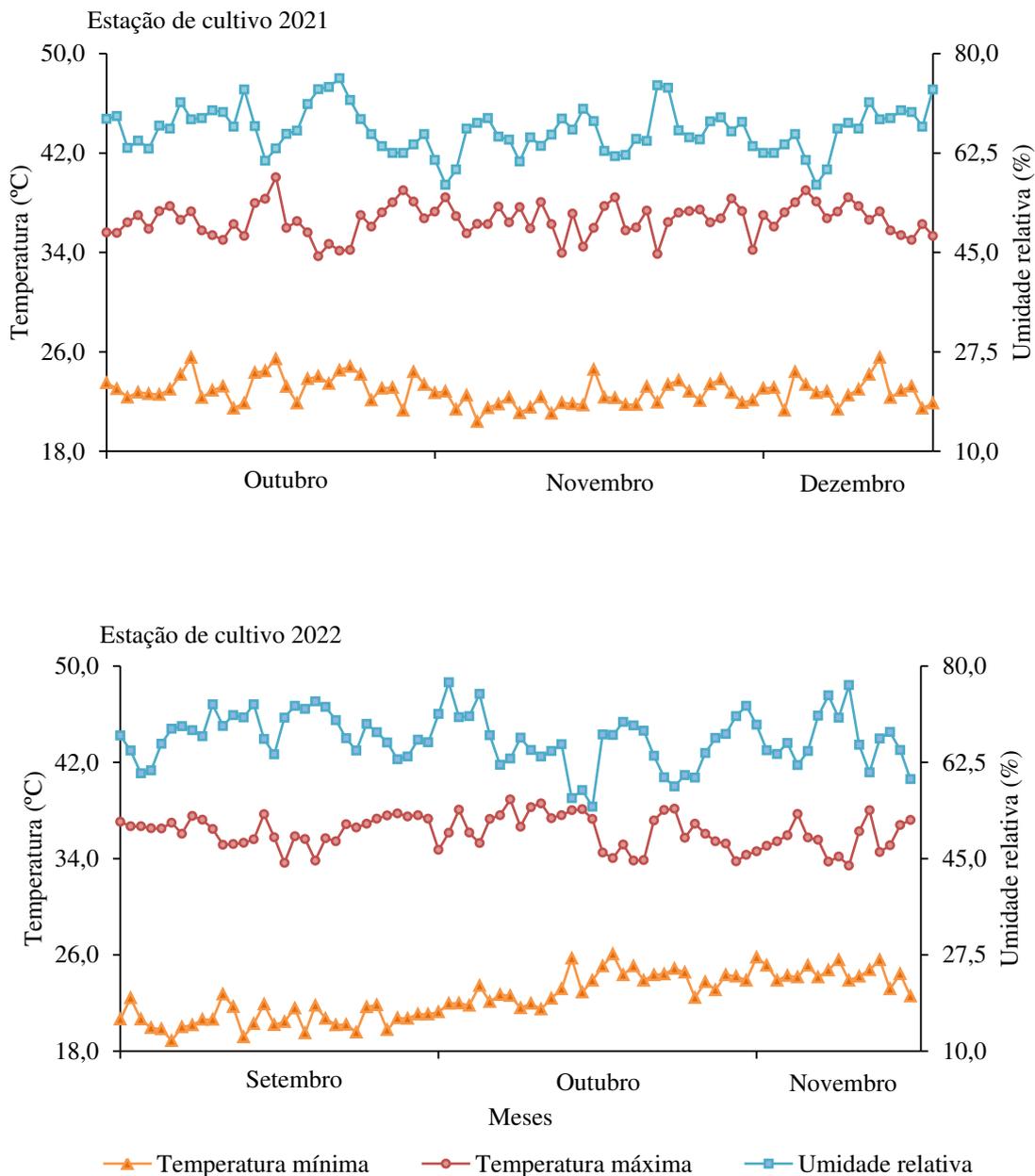


Figura 1 – Dados das médias diárias de temperaturas e umidade relativa do ar, durante as estações de cultivo da beterraba de 2021 (E1) e 2022 (E2). Mossoró-RN, UFERSA, 2023.

Os solos das áreas experimentais são classificados como Argissolo Vermelho-amarelo distrófico de textura franco-arenosa (SANTOS et al., 2018). Em cada área experimental, foi coletadas amostras simples de solo da camada superficial de 0-20 cm e homogeneizadas para obter uma amostra composta representativa da área. Posteriormente, 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 dos atributos químicos, cujos resultados das análises estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análises químicas dos solos das áreas experimentais antes da incorporação de flor-de-seda nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.

Estações de cultivo	C	M.O	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	----- mmol _c dm ⁻³ -----									
2021	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	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

C: Carbono; M.O: Matéria orgânica; pH: Potencial hidrogênionico; CE: Condutividade elétrica; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Na⁺: Sódio; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; B: Boro.

Para o preparo do solo foi realizado a limpeza mecânica da área com o auxílio de um trator com arado acoplado, seguida de uma gradagem e levantamento mecanizado dos canteiros. Após isto, foi realizada uma solarização em pré-plantio com plástico transparente tipo Vulca brilho Bril Flex de 30 micras durante 30 dias seguindo a metodologia recomendada por Pereira et al. (2016), com a finalidade de combater nematóides e fitoparasitas na camada 0-20 cm do solo, que podem prejudicar a produtividade da cultura.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado na pesquisa foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de diferentes quantidades de biomassa de flor-de-seda nas doses de 16, 29, 42, 55 e 68 t ha⁻¹, em base seca. Em cada experimento, foram utilizados dois tratamentos adicionais, um sem adubo (testemunha absoluta) e outro adubado com fertilizante mineral (testemunha) para efeito de comparação com o tratamento de máxima eficiência física ou econômica.

O tratamento com adubação mineral consistiu na aplicação de N, P₂O₅ e K₂O em fundação nas quantidades de 32, 190 e 64 kg ha⁻¹ respectivamente, e em cobertura após 20 dias da adubação de fundação com 32 kg ha⁻¹ de N e 64 kg ha⁻¹ de K₂O, e outra cobertura após 40 dias da adubação de fundação com 32 kg ha⁻¹ de N (HOLANDA et al., 2017), realizadas entre as linhas de cultivo de forma manual. Como fonte de NPK foi utilizado os seguintes adubos comerciais: Uréia: 45% de N, Fosfato Monoamônico (MAP): 54% de P₂O₅ e 12% de N e Cloreto de Potássio (KCl): 60% de K₂O.

A área da parcela dos experimentos foi de $1,20\text{ m} \times 1,20\text{ m} = 1,44\text{ m}^2$, com a área útil de $0,80\text{ m} \times 1,00\text{ m} = 0,80\text{ m}^2$. Cada parcela experimental foi composta por seis fileiras de beterraba com 12 plantas por fileira. A área útil foi constituída das quatro fileiras centrais de plantas, excluindo-se uma fileira externa de cada lado e as últimas plantas de cada fileira, usadas como bordaduras, contendo no total de 40 plantas por parcela (Figura 2).

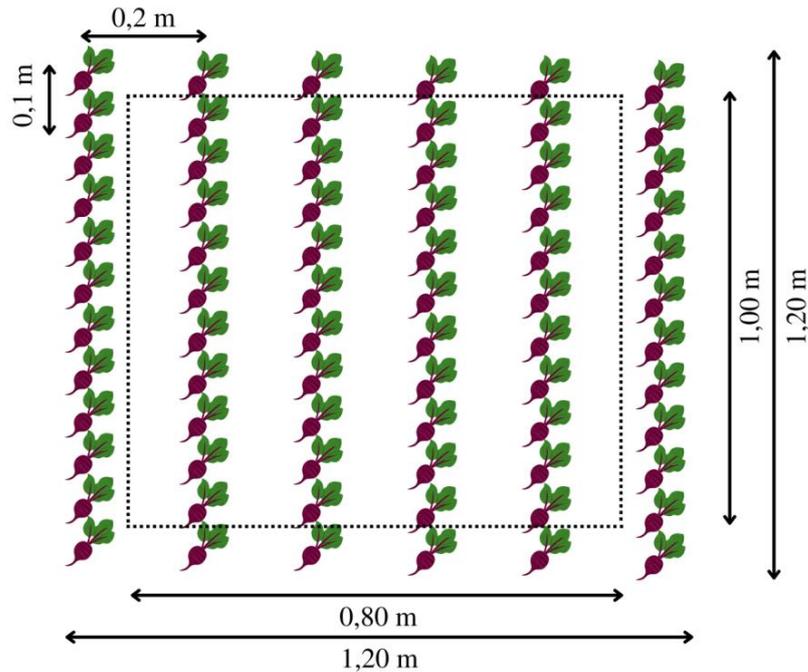


Figura 2 – Representação gráfica de uma parcela experimental de beterraba solteira plantada no espaçamento de $0,20 \times 0,10\text{ m}$. Pombal-PB, UFCG, 2023.

3.3 COLETA DA FLOR-DE-SEDA E MANEJO CULTURAL DA BETERRABA

A flor-de-seda utilizada como adubação verde, foi coletada na zona rural do município de Mossoró-RN, quando estavam no período de floração, que coincide com maior acúmulo da matéria fresca. Após a coleta, as plantas foram levadas para o setor de hortas da UFERSA, e posteriormente trituradas em máquina forrageira convencional obtendo-se partículas fragmentadas em torno de 2,0 a 3,0 cm, desidratadas sob a luz do sol por um período de 4 a 7 dias, até atingir o teor de umidade de 10%. Desse material foram retiradas amostras e posteriormente encaminhadas para análises em laboratório, cujas composições químicas foram: N: $18,40\text{ g kg}^{-1}$; P: $3,10\text{ g kg}^{-1}$; K: $24,50\text{ g kg}^{-1}$; Ca: $16,30\text{ g kg}^{-1}$; Mg: $13,50\text{ g kg}^{-1}$; relação C:N 27:1.

As quantidades de biomassa seca da flor-de-seda foram incorporadas ao solo manualmente com auxílio de enxadas na camada de solo de 0-20 cm nas parcelas experimentais, seguindo as quantidades especificadas nos tratamentos, na seguinte proporção: 30% da biomassa do adubo verde foram incorporadas 20 dias antes da semeadura (DAS) e os 70% restantes 20 dias depois da semeadura (DDS) conforme recomendação de (BEZERRA NETO et al. 2019).

A cultivar beterraba utilizada foi a “Early Wonder”, que apresenta planta de folhagem grande de 35-55 cm de altura, ereta, com raiz lisa de 6 a 8 cm de diâmetro e de coloração vermelha intensa, recomendada para as condições semiáridas do nordeste brasileiro.

A semeadura foi realizada no mês de outubro de 2021 na primeira estação, e setembro de 2022 na segunda estação, em covas de aproximadamente três centímetros de profundidade, com três a quatro sementes por cova, cobertas com substrato comercial. Os desbastes das plantas em excesso foram realizados no 8º dia após a semeadura (DAS) na primeira e segunda estação, respectivamente, deixando-se uma planta por cova. Capinas manuais foram realizadas semanalmente sempre que necessário.

A irrigação foi realizada pelo sistema de micro aspersão, com turno de rega diário, parceladas em duas aplicações (manhã e tarde), fornecendo-se uma lâmina de água de aproximadamente 8 mm dia⁻¹, segundo as recomendações de irrigação para as culturas beterraba (LINO et al., 2021), a fim de manter o solo com umidade entre 50 a 70% da capacidade de campo, e suprir a necessidade de microrganismos, juntamente com a baixa relação C/N dos adubos verdes, favorecendo os processos de mineralização da matéria orgânica.

As colheitas realizadas no primeiro e segundo experimento ocorreram nos meses de dezembro de 2021 e novembro de 2022 respectivamente, aos 75 DAS. Em seguida, as beterrabas colhidas foram submetidas as avaliações no laboratório de pós-colheita de hortaliças do Departamento de Fitotecnia da UFERSA.

3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

3.4.1 Características agronômica

As características de eficiência agrônômica avaliados na cultura da beterraba foram: altura de plantas (cm), número de folhas por planta, massa fresca e seca parte aérea ($t\ ha^{-1}$), massa seca de raízes ($t\ ha^{-1}$), produtividade total de raízes ($t\ ha^{-1}$), produtividade comercial de raízes ($t\ ha^{-1}$); e produtividade de raízes classificadas de acordo com o diâmetro da raiz (DR) em: extra (DR ≥ 4 e < 5 cm), extra A (DR ≥ 5 e < 6 cm), extra AA (DR ≥ 6 e < 7 cm) e graúdas (DR > 7 cm). Raízes rachadas, machucadas, bifurcadas ou raízes menores que 4 cm são classificadas como refugo (SILVA, 2019).

3.4.2 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos analisados foram: renda bruta (RB), expressa em R\$ ha^{-1} , (obtida multiplicando-se a produtividade da beterraba em cada tratamento pelo valor do produto pago ao produtor na região); renda líquida (RL), expressa em R\$ ha^{-1} (obtida subtraindo-se da renda bruta os custos de produção, provenientes de insumos e serviços realizados em cada tratamento). A taxa de retorno (TR) por real investido (obtida por meio da relação entre a renda bruta e os custos de produção de cada tratamento), e o índice de lucratividade (IL), obtido da relação entre a renda líquida e a renda bruta, expresso em percentagem.

Os custos de produção calculados em cada tratamento foram obtidos baseados nos coeficientes de custos e serviços utilizados em um hectare de beterraba, 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 variam em função da quantidade do adubo verde testado.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Análise univariada de variância para o delineamento de blocos completos casualizados foi realizada para avaliar as características agrônômicas e os indicadores econômicos da beterraba por meio do software SAS. Realizou-se também uma análise conjunta dessas variáveis para saber se havia interação entre os tratamentos testados e os anos de cultivos. Após isso, um procedimento de ajustamento de curvas de regressão foi realizado utilizando o

software Table Curve (SYSTAT SOFTWARE, 2022), para estimar o comportamento de cada característica ou indicador em função das quantidades de biomassa de *C. procera* estudadas, com base nos seguintes critérios: na lógica biológica (LB) da variável, ou seja, quando se constata que após determinada dose de fertilizante não há aumento da variável; na significância do quadrado médio do resíduo da regressão (QMRR); em alto valor do coeficiente de determinação (R^2); na significância dos parâmetros da equação de regressão e na maximização da variável. O teste F foi utilizado para comparar os valores médios entre as estações de cultivo, entre os valores médios de máxima eficiência agrônômica ou econômica, o valor médio do tratamento adubado com adubo verde, o valor médio do tratamento fertilizado com adubo mineral e o valor médio do tratamento controle (não adubado).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA BETERRABA

Os resultados da análise de variância das características agrônômicas da beterraba: altura de plantas, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes, apresentaram interações significativas entre os fatores estudados, tratamentos adubados e estações de cultivo (Tabela 3). Estudando as estações de cultivo dentro de cada tratamento (quantidades do adubo testado), observou-se que a primeira estação de cultivo (E1) diferiu da segunda estação (E2) em todos os tratamentos testados na altura de plantas e no número de folhas por planta, exceto no tratamento de máxima eficiência física (MEF) da altura de plantas onde as estações apresentam resultados semelhantemente. Para massa seca da parte aérea da beterraba, a primeira estação de cultivo também diferiu da segunda nos tratamentos controle e com adubo verde, enquanto que no tratamento de máxima eficiência física e com adubação mineral, a primeira estação superou a segunda. Para a massa seca de raízes, a primeira estação de cultivo superou a segunda no tratamento com adubo mineral, enquanto que no tratamento de máxima eficiência física e com adubação verde, a segunda estação diferiu da primeira. No tratamento controle não houve diferença significativa entre as estações de cultivo (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência física (MEF), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}), na altura de plantas, no número de folhas por planta, na massa seca da parte aérea e na massa seca de raízes de beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.

Tratamentos em comparação	Estação de cultivo			Estação de cultivo		
	2021	2022	2021-2022	2021	2022	2021-2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
	Altura de plantas (cm)			Número de folhas por planta		
Tratamento controle (T_c)	26,08dA	20,67dB	23,37	7,07bA	6,09bB	6,58
Tratamento MEF	39,10aA	40,53aA	39,34 ⁺	9,02aA	7,35aB	8,20 ⁺
Tratamento com adubo verde (T_{av})	37,39bA	34,97bB	36,18 ⁺	8,30aA	7,02aB	7,66 ⁺
Tratamento com adubo mineral (T_{am})	30,53cA	26,26cB	28,40 ⁺	7,33bA	6,59bB	6,96 ⁺
CV (%)	3,62	2,80	3,36	7,78	3,22	6,29
	Massa seca da parte aérea (t ha⁻¹)			Massa seca de raízes (t ha⁻¹)		
Tratamento controle (T_c)	1,11cA	0,77dB	0,94	1,42cA	1,23dA	1,33
Tratamento MEF	2,14aB	2,29aA	2,18 ⁺	3,85aB	5,21aA	4,52 ⁺
Tratamento com adubo verde (T_{av})	1,90bA	1,70bB	1,80 ⁺	3,11aB	3,96bA	3,54 ⁺
Tratamento com adubo mineral (T_{am})	1,19cB	1,44cA	1,32 ⁺	2,43bA	2,28cB	2,36 ⁺
CV (%)	7,31	13,67	8,56	16,64	17,06	16,96

Fonte: Elaboração própria (2022). *As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade. ⁺A média dos tratamentos com adubação verde, tratamento de MEF ou tratamento mineral é significativamente diferente da média do tratamento controle pelo teste F no nível de probabilidade de 5%.

Essa diferença entre as estações de cultivo se deve às melhores condições de solo e clima da primeira estação em relação da segunda. As condições climáticas, como temperaturas mais elevadas, aliadas a melhor nutrição do solo na primeira estação, provavelmente foram decisivas para o melhor desempenho das características agrônômicas avaliadas no cultivo da beterraba.

Os valores médios de máxima eficiência física dos tratamentos adubados com adubo verde e do tratamento mineral diferiram significativamente do tratamento controle, nas características agrônômicas da altura de plantas, número de folhas por planta e massa seca da parte aérea e de raízes sobre as estações de cultivo (Tabela 3). Os valores médios para essas características nas duas estações foram 1,7; 1,2; 2,3 e 3,4 vezes os valores do tratamento controle. Esses resultados mostram o potencial da adubação verde, quando realizada corretamente, para elevar os valores mensurados das características agrônômicas da beterraba.

Avaliando as quantidades do adubo verde dentro de cada estação de cultivo nas características altura de plantas, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes, observou-se um comportamento polinomial crescente em decorrência do

aumento das quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporadas ao solo, tanto na primeira quanto na segunda estação de cultivo, como também nas duas estações (Figura 3).

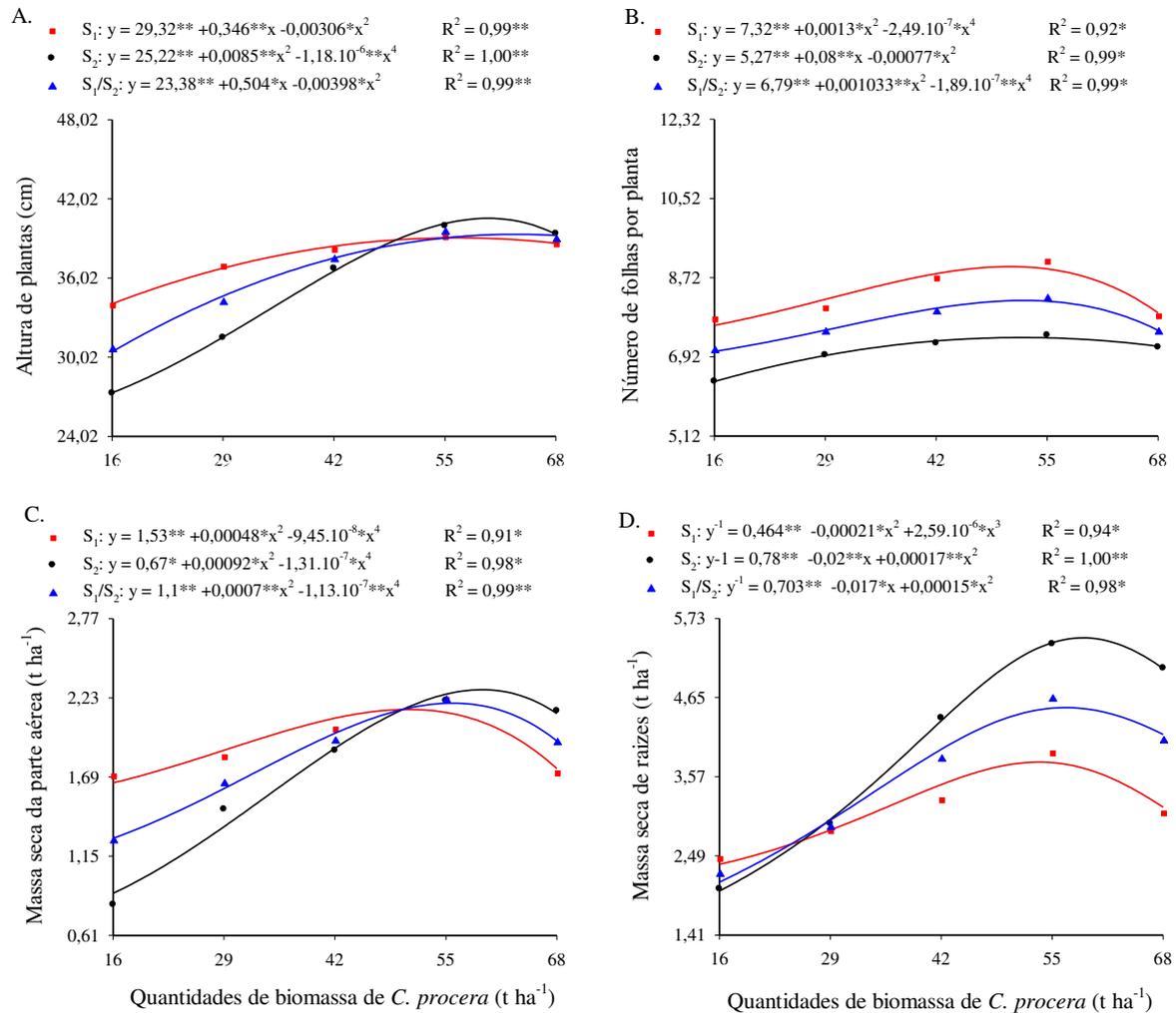


Figura 3 – Altura de plantas (A), número de folhas por planta (B), massa seca da parte aérea (C) e massa seca de raízes (D) de beterraba em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.

Os valores máximos de eficiência física dessas características foram de 39,10 (E1) e 40,53 cm (E2) na altura de plantas de 9,02 (E1) e 7,35 (E2) no número de folhas por planta de 2,14 (E1) e 2,29 $t\ ha^{-1}$ (E2) na massa seca da parte aérea e de 3,85 (E1) e 5,21 $t\ ha^{-1}$ (E2) na massa seca de raízes, respectivamente nas quantidades de biomassa de flor-de-seda de 56,40 (E1) e 60,08 (E2); 50,69 (E1) e 51,99 (E2); 50,57 (E1) e 59,24 (E2); 53,49 (E1) e 58,63 (E2) $t\ ha^{-1}$ (Figura 3), diminuindo então até a última dose de biomassa do adubo incorporado. As máximas eficiências físicas sobre as duas estações de cultivo registraram o mesmo comportamento polinomial crescente, em decorrência do aumento das quantidades do adubo

verde até os valores máximos de 39,34 cm na altura de plantas, 8,20 no número de folhas por planta, 2,19 na massa seca da parte aérea e de 4,52 t ha⁻¹ na massa seca de raízes, nas respectivas quantidades do adubo verde de 63,30; 52,25; 55,80 e 56,58 t ha⁻¹, diminuindo até a última quantidade do adubo verde testada (Figura 3A a 3D).

Esses resultados otimizados das características agronômicas da beterraba, na forma de um modelo polinomial, podem ser atribuídos à lei do máximo, em que o excesso de um nutriente no solo fornecido pela quantidade de flor-de-seda pode ter um efeito tóxico e/ou reduzir a eficácia de outros elementos, diminuindo essas características analisadas após o ponto de máximo (ALMEIDA et al., 2015). Aplicações mais altas de fertilizante verde não necessariamente produzem características agronômicas de maior valor, porque o excesso do adubo tende a reduzir a eficácia de outros elementos e a capacidade das plantas de crescer e se desenvolver. Além disso, o resultado encontrado nessas características pode estar relacionado ao comportamento da cultura tuberosa, ao sincronismo adequado entre a decomposição e mineralização do adubo verde adicionado ao solo e ao momento de maior demanda nutricional da cultura (FONTANÉTTI et al., 2006).

Os resultados das análises de variância das características produtivas da beterraba: produtividade total e comercial de raízes, produtividade de raízes graúdas + extra AA, produtividade de raízes extra A, produtividade de raízes extra e produtividade de raízes refugio, estão apresentados na Tabela 4. Nessas características foram observadas interações significativas entre os fatores ($p < 0,05$) em relação aos tratamentos adubados testados e estações de cultivo.

Tabela 4 – Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência física (MEF), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}), na produtividade total de raízes, na produtividade comercial de raízes, na produtividade de raízes graúda + extra AA, na produtividade de raízes extra A, na produtividade de raízes extra e na produtividade de raízes refugio de beterraba nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.

Tratamentos em comparação	Estação de cultivo			Estação de cultivo		
	2021	2022	2021-2022	2021	2022	2021-2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
	Produtividade total de raízes (t ha ⁻¹)			Produtividade comercial de raízes (t ha ⁻¹)		
Tratamento controle (T _c)	10,01dA	9,70dA	9,86	7,58dA	6,12dA	6,85
Tratamento MEF	30,62aB	46,84aA	37,38 ⁺	29,98aB	44,27aA	36,44 ⁺
Tratamento com adubo verde (T _{av})	26,43bB	35,48bA	30,96 ⁺	25,27bB	31,34bA	28,31 ⁺
Tratamento com adubo mineral (T _{am})	21,19cB	24,09cA	22,64 ⁺	19,44cA	20,68cA	20,06 ⁺
CV (%)	7,36	5,71	6,33	7,05	4,67	5,68

	Produtividade de raízes graúda + extra AA (t ha ⁻¹)			Produtividade de raízes extra A (t ha ⁻¹)		
	Tratamento controle (Tc)	2,10dA	1,41dA	1,76	2,51bA	1,68cB
Tratamento MEF	22,13aB	35,95aA	28,17 ⁺	5,44aA	3,42bB	4,39 ⁺
Tratamento com adubo verde (Tav)	17,13bB	24,02bA	20,58 ⁺	5,26aA	3,22bB	4,24 ⁺
Tratamento com adubo mineral (Tam)	7,76cB	10,31cA	9,04 ⁺	5,66aA	4,46aB	5,06 ⁺
CV (%)	8,53	6,65	6,99	11,25	18,12	13,73
	Produtividade de raízes extra (t ha ⁻¹)			Produtividade de raízes refugo (t ha ⁻¹)		
	Tratamento controle (Tc)	2,96bA	3,03cA	3,00	2,43aB	3,58aA
Tratamento MEF	2,94bB	4,23bA	3,58 ⁺	2,00aB	3,74aA	2,88
Tratamento com adubo verde (Tav)	2,88bB	4,09bA	3,49 ⁺	1,12aB	3,25bA	2,18 ⁺
Tratamento com adubo mineral (Tam)	6,02aA	5,91aA	11,93 ⁺	1,75aB	3,02bA	2,39 ⁺
CV (%)	16,17	15,80	16,06	35,32	20,51	25,35

Fonte: Elaboração própria (2022). *As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade. ⁺A média dos tratamentos com adubação verde, tratamento de MEF ou tratamento mineral é significativamente diferente da média do tratamento controle pelo teste F no nível de probabilidade de 5%.

Estudando as estações de cultivo dentro de cada tratamento (quantidades de adubo testado), observou-se que a primeira estação de cultivo diferiu da segunda estação em todos os tratamentos testados na produtividade de raízes extra A. Comportamento inverso foi registrado na produtividade de raízes refúgio, nas produtividades total e comercial de raízes, nas produtividades de raízes graúdas + extra AA e na produtividade de raízes extra (Tabela 4). As estações se comportaram semelhantemente dentro do tratamento controle nessas últimas quatro produtividades.

Os valores médios de máxima eficiência física dos tratamentos adubados com adubação verde e do tratamento com adubação mineral diferiram significativamente do tratamento controle nas características produtivas da beterraba sobre as estações de cultivo (Tabela 4). Os valores médios de máxima eficiência física nas duas estações foram de aproximadamente de 3,8 na produtividade total de raízes, 5,3 na produtividade comercial de raízes, 16 na produtividade de raízes graúdas + extra AA, 2,1 na produtividade de raízes extra A, 1,2 na produtividade de raízes extra e 0,9 vezes na produtividade de raízes refúgio, em comparação com os valores do tratamento controle. Esses resultados mostram o efeito da adubação verde no aumento das características produtivas da beterraba.

Analisando o comportamento das quantidades do adubo verde aplicado em cada estação de cultivo, observou-se comportamento polinomial crescente tanto na primeira quanto na segunda estação de cultivo, até os respectivos valores de máximos de 30,62 e 46,84 t ha⁻¹ na produtividade total de raízes, de 29,98 e 44,27 t ha⁻¹ na produtividade comercial de raízes, de

22,13 e 35,95 t ha⁻¹ na produtividade de raízes graúdas + extra AA, de 5,44 e 3,42 t ha⁻¹ na produtividade de raízes extra A, de 2,94 e 4,23 t ha⁻¹ na produtividade de raízes extra e de 2,00 e 3,74 t ha⁻¹ na produtividade de raízes refugo, nas respectivas quantidades de biomassa de 52,60 e 63,40; 53,35 e 63,23; 53,70 e 64,97; 48,78 e 54,89; 44,21 e 50,97; 16,00 e 16,00 t ha⁻¹ de flor-de-seda diminuindo então esses valores até a maior dose de adubo verde incorporada ao solo (Figura 4A a 4D).

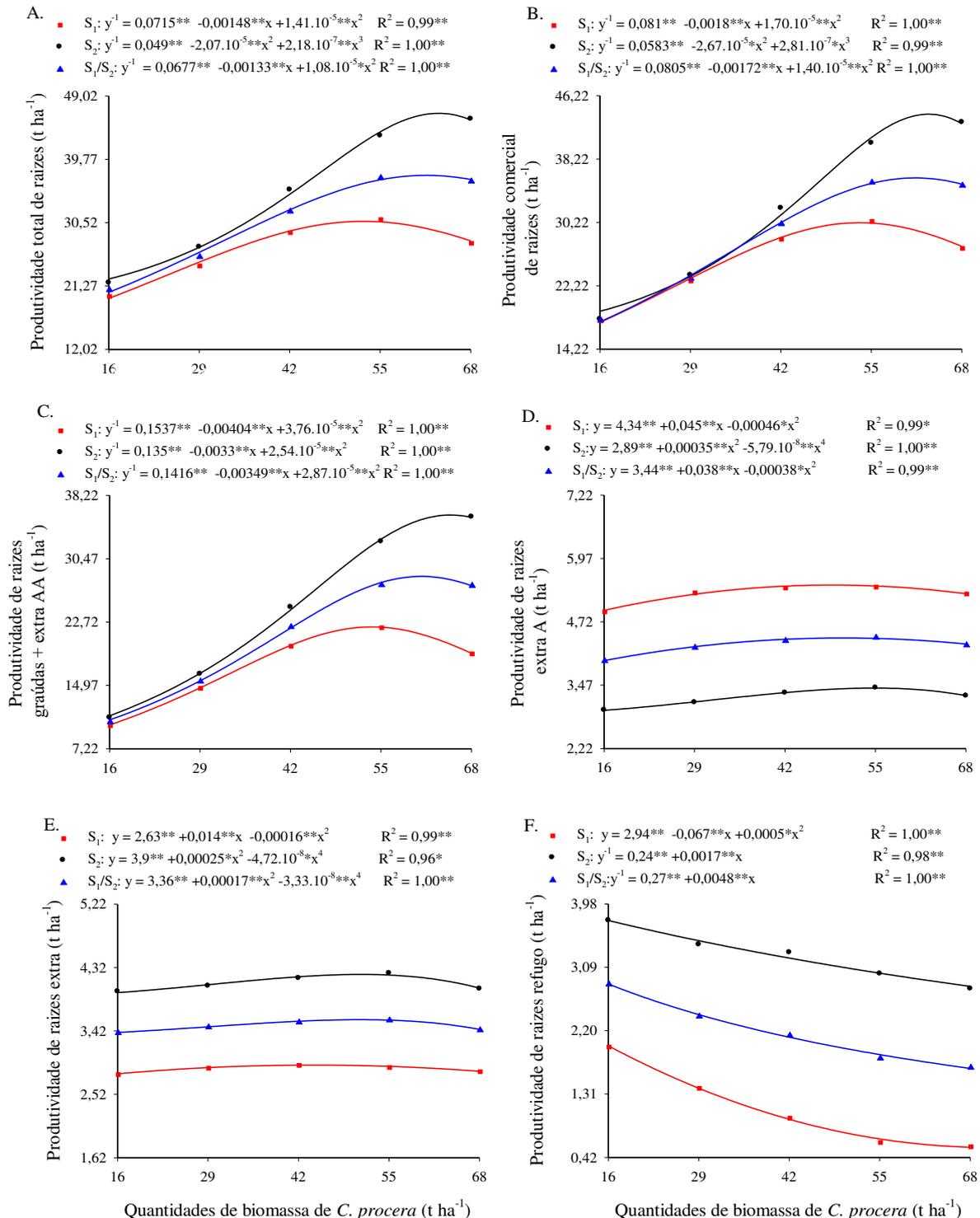


Figura 4 – Produtividade total de raízes (A), produtividade comercial de raízes (B), produtividade de raízes graúdas + extra AA (C), produtividade de raízes extra A (D), produtividade de raízes extra (E) e produtividade de raízes refugio (F) de beterraba em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.

Ao estimar os valores de máxima eficiência física dessas características produtivas sobre as estações de cultivo, observou-se também um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades da biomassa da flor-de-seda até os valores de 37,43 t ha⁻¹ na produtividade total de raízes, 35,84 t ha⁻¹ na produtividade comercial de raízes, 28,30 t ha⁻¹ na produtividade de raízes graúdas + extra AA, 4,40 t ha⁻¹ na produtividade de raízes extra A, 3,58 t ha⁻¹ na produtividade de raízes extra e 2,88 t ha⁻¹ na produtividade de raízes refugio, nas respectivas quantidades de 61,64; 61,29; 60,82; 50,29; 50,86 e 16,00 t ha⁻¹, diminuindo então até a quantidade maior do adubo testado (Figura 4A a 4D).

O aumento progressivo e a otimização observada (valores de MEF) das características agronômicas e produtivas da beterraba em modelo polinomial crescente pode estar ligado diretamente com a disponibilidade nutricional principalmente de N, P e K, liberados pela biomassa de flor-de-seda, além da melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (BATISTA et al., 2016). A decomposição e a mineralização desse adubo provavelmente tem sido influenciada pela relação C:N, promovendo assim uma rápida velocidade de mineralização dos nutrientes e em seguida sendo eles absorvidos pela planta, suprimindo suas exigências nutricionais (LINHARES et al., 2022).

Os modelos polinomiais testados nas características agronômicas e produtivas da planta da beterraba atenderam aos critérios de seleção e ajuste regressional utilizados para expressar o comportamento de cada característica avaliada, onde o aumento da disponibilidade de nutrientes se deu pelo aumento da quantidade de biomassa do adubo adicionado ao solo, resultando em maior altura de planta, número de folhas por planta, massa seca da parte aérea e de raízes, e produtividades total e comercial, produtividade de raízes graúdas + extra AA, produtividade de raízes extra A e produtividade de raízes extra até um valor máximo, decrescendo em seguida após esse valor.

Os resultados significativos dos tratamentos com adubação verde e com adubação mineral em relação ao tratamento controle podem estar relacionados com os benefícios físicos, químicos e biológicos capazes de melhorar as condições de crescimento e

desenvolvimento da beterraba. Observa-se que os valores de máxima eficiência física provenientes do tratamento da adubação verde (nas duas estações de cultivo) para a produtividade total e comercial de raízes foram superiores a produtividade média do Brasil de 35 t ha^{-1} de raízes de beterraba (IBGE, 2017).

Os presentes resultados denotam a eficiência da adubação verde em fornecer teores nutrientes suficientes para a demanda exigida pela cultura da beterraba. É válido ressaltar que a concentração de nitrogênio atua diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta, tanto na parte aérea (aumentando o número de folhas por planta) como também no sistema radicular (aumentando o tamanho das raízes). O potássio atua diretamente na regulação da absorção de água, translocação dos nutrientes e na fotossíntese, e o fósforo atua no desenvolvimento do sistema radicular e no metabolismo dos açúcares (REETZ et al., 2017).

3.3 CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS DA BETERRABA

Os resultados das análises de variância dos indicadores econômicos da beterraba: renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade estão apresentados na Tabela 5. Foram detectadas interações significativas ($p < 0.05$) entre os fatores, tratamentos adubados e estações de cultivo para todos esses indicadores econômicos avaliados.

Tabela 5 - Valores médios para o tratamento controle (T_c), para o tratamento de máxima eficiência econômica (MEE), para os tratamentos com adubação verde (T_{av}) e para o tratamento com adubação mineral (T_{am}) na renda bruta, na renda líquida, na taxa de retorno e no índice de lucratividade da beterraba nas estações de cultivos de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG, 2023.

Tratamentos em comparação	Renda Bruta (RS ha ⁻¹)			Renda líquida (RS ha ⁻¹)		
	2021	2022	2021-2022	2021	2022	2021-2022
	(E1)	(E2)	(E1/E2)	(E1)	(E2)	(E1/E2)
Tratamento controle (T_c)	19619,97bA	15840,44dB	17730,00	9415,00dA	5636,00dB	7525,50
Tratamento MEF	78271,77aB	111343,61aA	92702,39 ⁺	55561,73aB	86214,76aA	68740,15 ⁺
Tratamento com adubo verde (T_{av})	65457,62aB	81175,78bA	73316,70 ⁺	45693,20bB	61411,36bA	53552,28 ⁺
Tratamento com adubo mineral (T_{am})	50357,75aA	53550,84cA	51954,50 ⁺	31080,00cA	34273,00cA	32676,5 ⁺
CV (%)	5,08	2,37	4,13	7,29	3,27	5,85
	Taxa de retorno			Índice de lucratividade (%)		
Tratamento controle (T_c)	1,92dA	1,55dB	1,74	47,92dA	34,97dB	41,45
Tratamento MEF	3,65aB	4,57aA	4,04 ⁺	72,73aB	78,58aA	74,93 ⁺
Tratamento com adubo verde (T_{av})	3,35bB	4,02bA	3,68 ⁺	69,74bB	74,75bA	72,25 ⁺
Tratamento com adubo mineral (T_{am})	2,61cA	2,78cA	5,39 ⁺	61,62cA	63,96cA	62,79 ⁺

CV (%)	4,75	3,00	4,09	2,73	2,24	3,62
--------	------	------	------	------	------	------

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade. [†]A média dos tratamentos com adubação verde, tratamento da MEF ou tratamento mineral é significativamente diferente da média do tratamento controle pelo teste F no nível de probabilidade de 5%.

Em relação a cada tratamento testado, a segunda estação de cultivo diferiu da primeira para esses indicadores, exceto no tratamento controle onde apresentou comportamento inverso e no tratamento com adubação mineral onde as estações se comportaram semelhantemente. As médias do tratamento de máxima eficiência econômica, dos tratamentos com adubação verde e mineral diferiram estatisticamente do tratamento controle em todos os indicadores econômicos avaliados da beterraba nas duas estações de cultivo (Tabela 4).

Os valores médios de máxima eficiência física nas duas estações nesses indicadores de renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade foram de aproximadamente de 5,2; 9,1; 2,3 e 1,8 vezes os valores do tratamento controle.

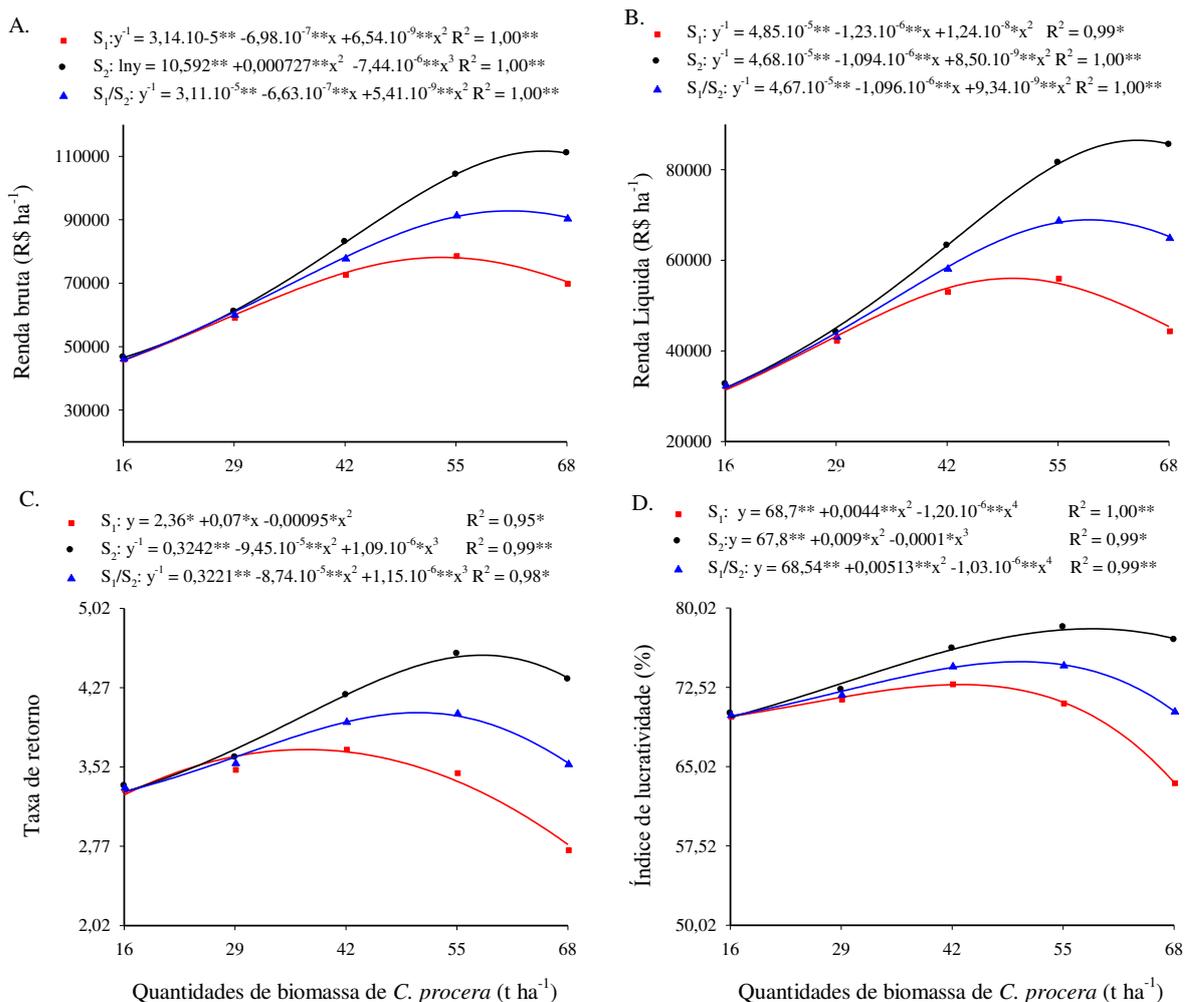


Figura 5 – Renda bruta (A), renda líquida (B), taxa de retorno (C) e índice de lucratividade (D) de beterraba em função de quantidades de biomassa de flor-de-seda incorporada ao solo nas estações de cultivo de 2021 (E1) e 2022 (E2). Pombal-PB, UFCG 2023.

Estudando as quantidades do adubo verde dentro de cada estação de cultivo (E), observou-se comportamento polinomial crescente na primeira e segunda estação, até os respectivos valores máximos de 78271,77 (E1) e 111343,61 R\$ ha⁻¹ (E2) na renda bruta; de 55561,73 (E1) e 86214,76 R\$ ha⁻¹ (E2) na renda líquida; de 3,65 (E1) e 4,57 R\$ (E2) para cada real investido na taxa de retorno e de 72,73 (E1) e 78,58% (E2) no índice de lucratividade nas quantidades de biomassa de 53,39 e 65,21; 49,63 e 64,35; 37,27 e 57,93 e 42,95 e 58,36 t ha⁻¹ de flor-de-seda respectivamente, diminuindo esses valores até a maior quantidade do adubo verde incorporada ao solo (Figuras 5A a 5D).

Ao estimar as máximas eficiências econômicas desses indicadores econômicos sobre as estações de cultivo, observou-se também um comportamento polinomial crescente, em função do aumento das quantidades de biomassa do adubo verde até os valores máximos de 92702,39 e 68740,15 R\$ ha⁻¹ para a renda bruta e renda líquida, e de 4,04 e 74,93% para a taxa de retorno e índice de lucratividade nas quantidades do adubo verde de 61,32; 58,68; 50,48 e 49,94 t ha⁻¹, respectivamente, decrescendo então até a maior quantidade do adubo testado (Figuras 5A a 5D). Esses resultados concordam parcialmente com os obtidos por Silva et al. (2021), quando adubaram a cultura tuberosa da cenoura com diferentes quantidades do adubo verde flor-de-seda, obtendo os seguintes indicadores de eficiência econômica de 62.704,94 e 33.744,07 R\$ ha⁻¹ para as rendas bruta e líquida, de 2,27 reais para cada real investido para a taxa de retorno e de 56,63% de margem de lucro, respectivamente, utilizando as quantidades de biomassa do adubo verde de 47,60; 42,81; 31,69 e 31,85 t ha⁻¹. Tais resultados mostram a eficiência econômica da adubação verde com flor-de-seda no desempenho e desenvolvimento de culturas tuberosas como a beterraba.

Os valores crescentes dos indicadores econômicos avaliados na cultura da beterraba e as otimizações econômicas alcançadas logo após atingirem o ponto máximo no modelo polinomial e em seguidas decrescendo em função das quantidades de biomassa de flor-de-seda, estão relacionados à grande disponibilidade de nutrientes liberados após a mineralização do adubo verde, sendo absorvidos pelas plantas sem perdas por lixiviação (SANTANA et al., 2021). Com a utilização desse adubo verde é possível aumentar o teor de matéria orgânica, recuperar a fertilidade do solo, melhorar a capacidade de troca de cátions, tornar disponível os macro e micro nutrientes, favorecer as condições para atividade microbiana, além de diminuir as taxas de erosão e aumentar a retenção de água no solo (IGUE, et al., 1984).

Diante do comportamento registrado nesses indicadores econômicos, observa-se que a máxima eficiência física (agronômica) obtida nas características de crescimento e de produção da beterraba foi traduzida em eficiência econômica, evidenciando que o uso da adubação verde com a espécie espontânea flor-de-seda, proporciona um retorno financeiro compatível com o capital investido. Esses resultados permitem aos produtores de beterraba em ambiente semiárido escolher a quantidade ideal do adubo verde para incorporação e o indicador econômico que melhor lhe convém em relação à produtividade comercial de raízes.

5. CONCLUSÕES

A adubação da beterraba para obtenção da máxima eficiência produtiva otimizada ($36,14 \text{ t ha}^{-1}$) foi possível com a incorporação de $61,64 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa seca de *C. procera* no solo. A máxima eficiência agroeconômica otimizada (baseada na renda líquida de R\$ 68740,15 ha^{-1}) do cultivo da beterraba foi obtida com a quantidade de $58,68 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa seca de *C. procera* adicionada ao solo. A taxa de retorno e a margem de lucro obtida foram de R\$ 4,04 para cada real investido com margem de lucro de 74,93%. Dessa forma, fica evidenciada para o pequeno produtor que cultiva a beterraba em monocultivo nas condições ambientais do semiárido tem a opção de escolher estrategicamente a quantidade ideal de adubação verde que resulte no melhor custo-benefício, tendo em vista a produtividade que almeja produzir para comercializar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p. 277-288, 2000.
- ALMEIDA, A. E. D. S. et al. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, v.28, n.309, p.79-85, 2015.
- BATISTA, M. A. 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.
- BATISTA, M. A. V. et al. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.8-11, 2012.
- BECK, H. E. et al. Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, **Scientific Data**, Taiwan, v.5, n.1, p.1-12, 2018.

- BEZERRA NETO, F. et al. Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jitrana. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.2, p.305-311, 2014.
- BEZERRA NETO, F. et al. Productive viability and profitability of carrot-cowpea intercropping using different amounts of *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.32, n.1, p.62-71, 2019.
- BOVI, D. C. M. L. et al. Determinação dos teores de betalaína e composição centesimal de beterraba in natura e tipo chips. **Brazilian Journal of Food Research**, v.10, n.2, p.80-82, 2019.
- CARBONARI, L. T. S.; MORANDI FILHO, W. J. Variáveis morfológicas e produção de beterraba em cultivo orgânico utilizando composto suíno. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.6, p.34782-34790, 2020.
- CLIFFORD, T. et al. The plasma bioavailability of nitrate and betanin from *Beta vulgaris rubra* in humans. **European Journal of Nutrition**, v.56, n.1, p.1245-1254, 2017.
- CORRÊA, C. V. et al. Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira**, Botucatu, v.32, n.1, p.111-114, 2014.
- CROCETTI, A. et al. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L.-família Amaranthaceae). **Visão Acadêmica**, v.17 n.4, p.1-14, 2017.
- EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **InterSciencePlace**, v.1, n.17, p. 96-124, 2015.
- FERREIRA, L. P. C. **Microencapsulação de extrato de beterraba pelo processo de gelificação iônica**, UFS, 2018. 37p. (Dissertação) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE.
- FERREIRA, R. C. et al. Biomass use of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* in coriander cultivation in semiarid environment. **Revista Caatinga**, v.35, p.595-605, 2022.
- FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- FORTE, C. T. et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.1, p.5501, 2018.
- FREIRE, W. A. S. et al. Seleção precoce de acessos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) coletados no sertão alagoano visando uso forrageiro e adubação verde. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.7, p.67244-67260, 2021.
- GOULART, J. M. et al. Adubação verde com leguminosas arbustivas consorciadas ao milho antecedendo o cultivo orgânico de feijão-vagem. **Horticultura Brasileira**, v.39, p.319-323, 2021.
- GRANGEIRO, L. C et al. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.242-248, 2011.

HAMERSKI, L. et al. Usando as Cores da Natureza para Atender aos Desejos do Consumidor: Substâncias Naturais como Corantes na Indústria Alimentícia. **Revista Virtual de Química**, v.5, n.3, p.394-420, 2013.

HFBRASIL. Hortifruti/cepea: **Principais características da beterraba no BR, 2018**. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-principais-caracteristicas-da-beterraba-no-br.aspx>. Acesso em: 25 jul. de 2021.

HOLANDA, J. S. et al. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**, Parnamirim, RN: EMPARN, (Emparn, Série Documentos; 46). p.1-62, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017: Produção da horticultura cultura da beterraba**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954#resultado>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

IGUE, K. et al. Dinâmica da material orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. In: Fundação Cargill (Ed.). Adubação verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, p.232-267, 1984.

LABIMC – Laboratório de Instrumentação Meteorologia e Climatologia. **Estação Meteorológica Automática (EMA)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2022. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>> Acesso em: 04 out. 2022.

LINHARES, P. C. F. et al. Adubação verde com flor-de-seda {*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton} em culturas olerícolas na região semiárida. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 91p. Disponível em: <https://www.editorapantanal.com.br/ebooks/2022/adubacao-verde-com-flor-de-seda-calotropis-procera-aiton-w-t-aiton-em-culturas-olericolas-na-regiao-semiarida/ebook.pdf> Acesso em: 24 de nov. 2023.

LINHARES, P. C. F; et al. Quantidades e tempos de decomposição da flor-de-seda no desempenho agrônômico do rabanete. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.1, p.168-173, 2011.

LINO, V. A. S. et al. Beetroot and radish production under different doses of green manures. **Research, Society and Development**, v.10, n.16: e66101623205, 2021.

MALTA, A. O. et al. Atributos físicos e químicos do solo cultivado com gravioleira, sob adubação orgânica e mineral. **PesquisAgro**, v.2, n.1, p.11-23, 2019.

MARCOLINI, L. W. et al. Interferência de caruru-de-mancha sobre características de crescimento e produção da beterraba. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.41-46, 2010.

MARCUZZO, L. L. et al. Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da cercosporiose da beterraba. **Summa Phytopathologica**, v.46, n.4, p.348-350, 2021.

MOREIRA, E. C. F.; VIANA, B. L. **Flor de seda: considerações gerais**. 2007. Disponível em: <<http://www.cca.ufpb.br/lavouraxerofila/pdf/fs.pdf>>. Acesso em: 03 de fev. 2022.

NETO, F. B. et al. Viabilidade produtiva e rentabilidade do consórcio cenoura x caupi usando diferentes quantidades de *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v.32, n1, p.62-71, 2019.

- OLIVEIRA, A. K. et al. Produção de rabanete sob o efeito residual da adubação verde no consórcio de beterraba e rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.5, p.98-102, 2015a.
- OLIVEIRA, K. J. B. et al. Produção agroeconômica da rúcula fertilizada com diferentes quantidades de *Calotropis procera*. **Revista Terceiro Incluído**, v.5, n.2, p.373-384, 2015b.
- PEREIRA, M. F. S. et al. Productive performance of cowpea-radish intercroppings under different amounts of rooster tree biomass incorporated into the soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.11, p.965-971, 2016.
- RAMOS, J. A. et al. Modificação da composição físico química de beterrabas submetidas a diferentes tipos de corte e métodos de cocção. **Energia na agricultura**. v. 31, p.108-120, 2016.
- RANGEL, E. S. E.; NASCIMENTO, M. T. Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) como espécie invasora de restinga. **Acta Botanica Brasílica**, v.25, n.3, p.657-663, 2011.
- REETZ, H. et al. Fertilizantes e o seu uso eficiente. Traduzido por Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos, 2017. 179 p. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-usoeficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- SANTANA, F. M. D. S. et al. Viabilidade econômica da beterraba adubada com *Calotropis procera* em duas épocas de cultivo. **Revista Caatinga**, v.34, n. 412, p.846-856, 2021.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília: Embrapa, **Revista e ampliada**, v.3, p.1-356, 2018.
- SARTORI, V. C. et al. **Adubação verde e compostagem : estratégias de manejo do solo para conservação das águas**. Cartilha para agricultores [recurso eletrônico]. Caxias do Sul: Educs, p.17, 2011.
- SHRESTHA, N. et al. Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. **Agricultural Water Management**, v.97, n.2, p.346-350, 2010.
- SILVA, A. F. A. et al. Desempenho agrônômico do rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. em duas épocas de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.8, p.328-336, 2017.
- SILVA, C. B. et al. Manejo da irrigação na cultura da beterraba de mesa sob condições salinas em alagoas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.2, p.3285, 2019.
- SILVA, I. N. **Bicultivo de alface consorciada com beterraba sob diferentes quantidades de Jitirana incorporadas ao solo e arranjos espaciais**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN.
- SILVA, I. N. et al. Agro-biological and economic efficiency in a beetroot (*Beta vulgaris* L.) production system fertilized with hairy woodrose (*Merremia aegyptia* (L.) Urb.) as green manure. **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.3, p.395-402, 2019.

- 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, J. N. D. et al. Produção e benefícios em associações de cenoura e feijão-caupi sob adubação verde e arranjos espaciais. **Revista Ciência Agronômica**, v.51 n.4, p.11, 2020.
- SILVA, J. N. et al. Indicadores agroeconômicos da cenoura fertilizada com adubo verde em ambiente semiárido. **Revista Caatinga**, v.34, n.2, p.257-265, 2021.
- SILVA, M. L. D. 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.
- SOUZA, Ê. G. F.; SANTANA, F. M. S.; MARTINS, B. N. M.; LEAL, Y. H.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M. Economic evaluation of lettuce fertilized with biomass of *Calotropis procera* in two growing seasons. **Revista Caatinga**, v.32, n.1, p.27-40, 2019.
- SYSTAT SOFTWARE. **Table Curve 2D - Curve fitting made fast and easy**. San Jose, CA: Systat Software Inc, 2022.
- TIVELLI, S. W. et al. Beterraba: do plantio à comercialização. **Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC**, v.210, 2011.
- TRANI, P. E. et al. **Calagem e adubação da beterraba**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, v.1, n.1, p.15, 2013.
- WILDNER, L. D. P. **Adubação Verde: conceitos e modalidades de cultivo**. In: Lima Filho, O.F.D. Ambrosano, E.J., Rossi, F., Carlos, J.A.D. (Orgs) Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa. Cap. 14. p. 21-44, 2014.

APÊNDICE

Tabela 1 – Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 16 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 9.860,99	R\$ 70,68
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	R\$ 18,06
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	R\$ 18,06
A.2. Mão-de-obra				R\$ 6.610,00	R\$ 47,38
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 3.430,00	R\$ 24,58
Corte 16 t ha	d/h*	48	R\$ 40,00	R\$ 1.920,00	R\$ 13,76
Transporte	Frete	3	R\$ 50,00	R\$ 150,00	R\$ 1,08
Trituração	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	R\$ 4,01
Secagem	d/h*	9	R\$ 40,00	R\$ 360,00	R\$ 2,58
Ensacamento	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	R\$ 2,29
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	3	R\$ 40,00	R\$ 120,00	R\$ 0,86
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	R\$ 22,79
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 0,43
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	R\$ 0,86
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	R\$ 0,86
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	R\$ 2,58
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	R\$ 2,01
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	R\$ 0,57
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	R\$ 2,87
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	R\$ 1,72
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	R\$ 4,59
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	R\$ 4,01
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	R\$ 2,29
A.3. Energia elétrica				R\$ 94,41	R\$ 0,68
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,44	R\$ 0,18
Forageira	Kw/h	162,72	R\$ 0,43	R\$ 69,97	R\$ 0,50
A.4. Outras despesas				R\$ 92,24	R\$ 0,66
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 9.224,41	R\$ 92,24	R\$ 0,66
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	R\$ 3,90
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	R\$ 0,72
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	R\$ 0,71
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	R\$ 2,48
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.976,19	21,33
B.1. Depreciação				R\$ 1.866,19	13,38
Bobina de plástico	48	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.573,00	11,27
Forageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,06

Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,16
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,09
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,65
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,18
Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,73
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,05
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,18
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,07
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,07
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	7,88
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	7,88
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 12.837,18	
C.1. (A) + (B)				R\$ 12.837,18	92,01
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	7,99
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,72
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,72
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	7,27
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	7,27
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 13.951,81	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 13.951,81	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 2 – Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 29 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 12.817,10	R\$ 75,77
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	14,90
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	14,90
A.2. Mão-de-obra				R\$ 9.480,00	56,05
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 6.300,00	37,25
Corte 29 t ha	d/h*	87	R\$ 40,00	R\$ 3.480,00	20,57
Transporte	Frete	6	R\$ 50,00	R\$ 300,00	1,77
Trituração	d/h*	27	R\$ 40,00	R\$ 1.080,00	6,38
Secagem	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	3,78
Ensacamento	d/h*	15	R\$ 40,00	R\$ 600,00	3,55
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	5	R\$ 40,00	R\$ 200,00	1,18
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	18,80
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,35
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,71
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,71
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	2,13
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,66
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,47
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	2,36
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,42
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	3,78
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	3,31
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,89
A.3. Energia elétrica				R\$ 151,26	0,89
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,44	0,14
FORAGEIRA	Kw/h	294,93	R\$ 0,43	R\$ 126,82	0,75
A.4. Outras despesas				R\$ 121,51	0,72
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 12.151,26	R\$ 121,51	0,72
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	3,22
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,59
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	0,58
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	2,04
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.982,97	17,64
B.1. Depreciação				R\$ 1.872,97	11,07
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	9,34
FORAGEIRA	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,05
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,14
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,07
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,54
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,15

Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,61
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,04
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,15
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,06
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,06
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	6,50
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	6,50
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 15.800,07	
C.1. (A) + (B)				R\$ 15.800,07	93,41
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	6,59
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,59
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,59
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	6,00
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	6,00
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 16.914,70	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 16.914,70	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 3 – Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 42 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 15.641,92	R\$ 79,24
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	12,77
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	12,77
A.2. Mão-de-obra				R\$ 12.220,00	61,91
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 9.040,00	45,80
Corte 42 t ha	d/h*	126	R\$ 40,00	R\$ 5.040,00	25,53
Transporte	Frete	8	R\$ 50,00	R\$ 400,00	2,03
Trituração	d/h*	38	R\$ 40,00	R\$ 1.520,00	7,70
Secagem	d/h*	23	R\$ 40,00	R\$ 920,00	4,66
Ensacamento	d/h*	21	R\$ 40,00	R\$ 840,00	4,26
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,62
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	16,11
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,61
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,61
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,82
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,42
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,41
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	2,03
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,22
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	3,24
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,84
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,62
A.3. Energia elétrica				R\$ 208,11	1,05
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,44	0,12
Forageira	Kw/h	427,14	R\$ 0,43	R\$ 183,67	0,93
A.4. Outras despesas				R\$ 149,48	0,76
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 14.948,11	R\$ 149,48	0,76
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	2,76
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,51
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 1.970,00	R\$ 98,50	0,50
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,75
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.982,97	15,11
B.1. Depreciação				R\$ 1.872,97	9,49
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	8,00
Forageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,04
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,12
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,06
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,46

Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,13
Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,52
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,04
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,13
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	5,57
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	5,57
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 18.624,89	
C.1. (A) + (B)				R\$ 18.624,89	94,35
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	5,65
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,51
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,51
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	5,14
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	5,14
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 19.739,51	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 19.739,51	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 4 – Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 55 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 18.598,04	R\$ 81,95
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	11,10
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	11,10
A.2. Mão-de-obra				R\$ 15.090,00	66,49
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 11.910,00	52,48
Corte 55 t ha	d/h*	165	R\$ 40,00	R\$ 6.600,00	29,08
Transporte	Frete	11	R\$ 50,00	R\$ 550,00	2,42
Trituração	d/h*	51	R\$ 40,00	R\$ 2.040,00	8,99
Secagem	d/h*	30	R\$ 40,00	R\$ 1.200,00	5,29
Ensacamento	d/h*	28	R\$ 40,00	R\$ 1.120,00	4,93
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,76
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	14,01
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,26
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,53
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,53
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,59
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,23
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,35
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,76
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,06
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,82
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,47
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,41
A.3. Energia elétrica				R\$ 264,96	1,17
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,44	0,11
Forageira	Kw/h	559,35	R\$ 0,43	R\$ 240,52	1,06
A.4. Outras despesas				R\$ 178,75	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.874,96	R\$ 178,75	0,79
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	2,40
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,44
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	1,52
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.982,97	13,14
B.1. Depreciação				R\$ 1.872,97	8,25
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	6,96
Forageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,04
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,10
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,05
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,40
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,11

Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,45
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,03
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,11
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	4,85
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	4,85
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 21.581,01	
C.1. (A) + (B)				R\$ 21.581,01	95,09
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	4,91
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,44
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,44
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.014,63	4,47
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	4,47
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 22.695,63	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 22.695,63	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 5 – Custos de produção por hectare de beterraba adubado com 68 t ha⁻¹ de flor-de-seda. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 21.422,86	R\$ 83,94
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	9,87
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	9,87
A.2. Mão-de-obra				R\$ 17.830,00	69,87
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 14.650,00	57,40
Corte 68 t ha	d/h*	204	R\$ 40,00	R\$ 8.160,00	31,97
Transporte	Frete	13	R\$ 50,00	R\$ 650,00	2,55
Trituração	d/h*	62	R\$ 40,00	R\$ 2.480,00	9,72
Secagem	d/h*	37	R\$ 40,00	R\$ 1.480,00	5,80
Ensacamento	d/h*	34	R\$ 40,00	R\$ 1.360,00	5,33
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	13	R\$ 40,00	R\$ 520,00	2,04
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	12,46
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,24
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,47
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,47
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,41
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,10
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,31
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	1,57
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	0,94
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	2,51
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,19
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,25
A.3. Energia elétrica				R\$ 321,81	1,26
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	56,84	R\$ 0,43	R\$ 24,44	0,10
FORAGEIRA	Kw/h	691,56	R\$ 0,43	R\$ 297,37	1,17
A.4. Outras despesas				R\$ 206,72	0,81
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 20.671,81	R\$ 206,72	0,81
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 544,33	2,13
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	0,39
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,36
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.982,97	11,69
B.1. Depreciação				R\$ 1.872,97	7,34
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	6,19
FORAGEIRA	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,03
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,09
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,05
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,36
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,10

Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,40
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,03
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	4,31
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	4,31
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 24.405,83	
C.1. (A) + (B)				R\$ 24.405,83	95,63
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.114,63	4,37
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	3,98
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 16.910,44	R\$ 1.014,63	3,98
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 25.520,45	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 25.520,45	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 6 – Custos de produção por hectare de beterraba sem adubação (Testemunha absoluta). Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 6.233,01	R\$ 61,08
A.1. Insumos				R\$ 2.520,00	24,70
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	24,70
A.2. Mão-de-obra				R\$ 3.180,00	31,16
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	31,16
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,59
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	1,18
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	1,18
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	3,53
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	2,74
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,78
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	3,92
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	2,35
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	6,27
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	5,49
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	3,14
A.3. Energia elétrica				R\$ 29,89	0,29
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	69,5	R\$ 0,43	R\$ 29,89	0,29
A.4. Outras despesas				R\$ 57,30	0,56
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 5.729,89	R\$ 57,30	0,56
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 445,83	4,37
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,98
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	3,39
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.974,76	29,15
B.1. Depreciação				R\$ 1.864,76	18,27
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	15,48
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,22
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,12
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,89
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,24
Microspessores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	1,00
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,07
Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,24
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,10
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,10
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	10,78
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	10,78
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 9.207,77	
C.1. (A) + (B)				R\$ 9.207,77	90,24

D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 996,43	9,76
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,98
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,98
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 896,43	8,78
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 14.940,44	R\$ 896,43	8,78
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 10.204,20	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 10.204,20	100
*d/h=dia/homem					
**h/t=hora/trator					

Tabela 7 - Custos de produção por hectare de beterraba com adubação mineral. Mossoró, UFERSA, 2021/2022.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 15.306,17	R\$ 79,40
A.1. Insumos				R\$ 11.503,32	59,67
Sementes	kg	18	R\$ 140,00	R\$ 2.520,00	13,07
MAP	kg	380	R\$ 15,89	R\$ 6.038,20	31,32
UREIA	kg	110	R\$ 7,00	R\$ 770,00	3,99
KCL	kg	212	R\$ 10,26	R\$ 2.175,12	11,28
A.2. Mão-de-obra				R\$ 3.180,00	16,50
A.2.1. Distribuição do adubo mineral				R\$ 480,00	2,49
Fundação	d/h*	4	R\$ 40,00	R\$ 160,00	0,83
Primeira cobertura	d/h*	4	R\$ 40,00	R\$ 160,00	0,83
Segunda cobertura	d/h*	4	R\$ 40,00	R\$ 160,00	0,83
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 3.180,00	16,50
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00	0,31
Aração	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,62
Gradagem	h/t**	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	0,62
Confecção de canteiros	h/t*	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00	1,87
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 40,00	R\$ 280,00	1,45
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00	0,41
Semeadura	d/h*	10	R\$ 40,00	R\$ 400,00	2,07
Desbaste	d/h*	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00	1,24
Capina manual	d/h*	16	R\$ 40,00	R\$ 640,00	3,32
Colheita	d/h*	14	R\$ 40,00	R\$ 560,00	2,90
Transporte	d/h*	8	R\$ 40,00	R\$ 320,00	1,66
A.3. Energia elétrica				R\$ 29,89	0,16
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	69,5	R\$ 0,43	R\$ 29,89	0,16
A.4. Outras despesas				R\$ 147,13	0,76
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 14.713,21	R\$ 147,13	0,76
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 445,83	2,31
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,52
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 4.940,44	R\$ 345,83	1,79
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 2.974,76	15,43
B.1. Depreciação				R\$ 1.864,76	9,67
Bobina de plástico	48	R\$ 75.829,00	1	R\$ 1.579,77	8,19
Bomba submersa	60	R\$ 457,00	3	R\$ 22,85	0,12
Tubos 2"	120	R\$ 481,44	3	R\$ 12,04	0,06
Mangueira de 16mm	60	R\$ 1.812,00	3	R\$ 90,60	0,47
Poço	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,13
Microaspressores	60	R\$ 2.050,00	3	R\$ 102,50	0,53
Conexões	60	R\$ 140,00	3	R\$ 7,00	0,04

Galpão	600	R\$ 5.000,00	3	R\$ 25,00	0,13
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,05
Imposto Territorial rural	ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,05
B.3. Mão-de-obra fixa				R\$ 1.100,00	5,71
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	5,71
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 18.280,92	
C.1. (A) + (B)				R\$ 18.280,92	94,83
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 996,43	5,17
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,52
Arrendamento	ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,52
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 896,43	4,65
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 14.940,44	R\$ 896,43	4,65
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 19.277,35	100
E.1. CV + CF + CO				R\$ 19.277,35	100

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator