



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

Marianne Costa de Azevedo

**Performance agrobioeconômica e de qualidade da beterraba e feijão-caupi consorciadas
sob quantidades equitativas de jitiirana e flor-de-seda e densidades populacionais**

MOSSORÓ

2025

Marianne Costa de Azevedo

**Performance agrobioeconômica e de qualidade da beterraba e feijão-caupi sob
quantidades equitativas de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, como parte das exigências do Programa para obtenção do grau de doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

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

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

MOSSORÓ

2025

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

A Azevedo, Marianne Costa de .
994 Performance agrobioeconômica e de qualidade da
p beterraba e feijão-caupi consorciadas sob
 quantidades equitativas de jitirana e flor-de-
 seda e densidades populacionais / Marianne Costa
 de Azevedo. - 2025.
 151 f. : il.

 Orientador: Francisco Bezerra Neto.
 Coorientadora: Jailma Suerda Silva de Lima.
 Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2025.

 1. adubação verde. 2. Beta vulgaris. 3. cultivo
 orgânico. 4. plantas por hectare. 5. Vigna
 unguiculata. I. Bezerra Neto, Francisco, orient.
 II. Lima, Jailma Suerda Silva de , co-orient.
 III. Título.

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

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

Marianne Costa de Azevedo

Performance agrobioeconômica e de qualidade da beterraba e feijão-caupi sob quantidades equitativas de jítirana e flor-de-seda e densidades populacionais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, como parte das exigências do Programa para obtenção do grau de doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

APROVADO EM: 19 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO BEZERRA NETO**
Data: 28/04/2025 10:33:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ph. D. Francisco Bezerra Neto
(UFERSA)
Orientador – Presidente

Documento assinado digitalmente
 **VANIA CHRISTINA NASCIMENTO PORTO**
Data: 05/05/2025 08:51:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. D. Sc. Vania Christina Nascimento
Porto (UFERSA)
Membro examinador

Documento assinado digitalmente
 **JAILMA SUERDA SILVA DE LIMA**
Data: 30/04/2025 09:24:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. D. Sc Jailma Suerda S. de Lima
(UFERSA)
Coorientadora

Documento assinado digitalmente
 **GARDENIA SILVANA DE OLIVEIRA RODRIGUES**
Data: 08/05/2025 19:54:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. D. Sc. Gardênia Silvana de Oliveira
Rodrigues (SEEC-RN)
Membro examinador

Documento assinado digitalmente
 **ELIZANGELA CABRAL DOS SANTOS**
Data: 05/05/2025 08:07:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. D. Sc. Elizangela Cabral dos Santos
(UFERSA)
Membro examinador

Documento assinado digitalmente
 **PAULO CASSIO ALVES LINHARES**
Data: 05/05/2025 21:17:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. D. Sc. Paulo Cássio Alves Linhares
(UEPB)
Membro examinador

*Ao meu amado vizinho, Júlio Domingos da Costa
(In memoriam).*

Dedico

*Aos meus professores, à minha amada família, Alcindo
Azevedo, Jucineide Costa e Ana Júlia Azevedo, e a todos
aqueles que me amam e torcem pelo meu sucesso.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade para comigo, por Sua presença em minha vida trouxe luz e paz, especialmente nos momentos em que estive sozinha. Sua amizade foi o único alento que tive. Obrigada por cada conquista e vitória. Por sempre permitir que eu acordasse após uma noite de muitas lágrimas e por não atender aos meus pedidos para que eu não acordasse nunca mais. Enquanto meu coração bater, não cansarei de Te agradecer por tudo.

Aos meus amados pais, Maria Jucineide Costa e Alcindo Ferreira de Azevedo, por todo o amor, carinho e compreensão. Por sempre acreditarem em mim e por me dar a melhor educação possível. A vocês, dedico esta conquista.

À minha querida irmã, Ana Júlia Azevedo, por ser sempre tão amável e querida.

A toda a minha família, materna e paterna. Meus avós Joana Lucas da Costa e Júlio Domingos da Costa (*in memoriam*), tios e tias, primos e primas. Obrigada por sempre torcerem por mim, pelas palavras de apoio, pelo carinho e atenção. Eu não poderia ter nascido em uma família melhor.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao respeitado Prof. Ph. D. Francisco Bezerra Neto, pela orientação, amizade, dedicação, ensinamentos e conhecimentos compartilhados.

À querida professora D. Sc. Jailma Lima, pela dedicação, afeto e conhecimentos compartilhados. Sua bondade e companheirismo tornam a trajetória de todos os alunos mais leve.

À querida professora D. Sc. Elizangela Cabral, pela amizade, carinho, conversas e histórias compartilhadas ao longo do doutorado.

A todos os membros da banca examinadora da qualificação e da defesa final, D. Sc. Romualdo Cortez, D. Sc. João Everthon Ribeiro, D. Sc. Isaac Freitas, D. Sc. Paulo Cassio, Prof^a. D. Sc. Vania Porto e Prof^a. D. Sc. Gardênia Oliveira, pelas preciosas contribuições a esta tese.

Agradeço imensamente a todos que fizeram e fazem parte do Grupo de estudos e pesquisa em práticas culturais e pós-colheita (GEPCS), em especial a Jessica Paloma, Daniel Dantas, Isaac Freitas, Iron Dhones, Sidney Alves, Glenda Ferreira, Joaquim Filho, Laís Galdino, Fernanda Soares e Gerson Bruno. Sou grato por toda a ajuda prestada em campo e no laboratório, pela amizade e pelos bons momentos compartilhados. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

A todas as amigadas que fiz em Mossoró, em especial à Fafá (Maria de Fátima), Isma Breckenfeld, Felipe Bruno e tantos outros que me presentearam com bons momentos. À Ester França e Agda Forte, por me acolherem nos primeiros meses, sou muito grata.

Agradeço a todos os funcionários da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Horta do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF) e do Centro de Pesquisas em Ciências Vegetais do Semiárido (CPVSA) da UFERSA, cuja disponibilidade e parceria foram fundamentais para a realização deste trabalho. Em especial, agradeço a Cosmildo Freitas de Lima, por todo o cuidado e zelo com os experimentos e por sempre compartilhar seus conhecimentos.

Não poderia deixar de agradecer aos funcionários terceirizados da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em especial àqueles dos setores de transporte, limpeza e manutenção. Agradeço a todos os motoristas que nos acompanharam durante as coletas de jitiirana e flor-de-seda, e em particular ao querido Naldecio Santiago, que sempre valorizou nosso exaustivo trabalho e nos auxiliou em tudo o que pôde.

A todos aqueles que já foram meus professores, por me guiarem com sabedoria e paciência, me ensinando a trilhar o caminho do conhecimento.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso deste trabalho, expresso minha sincera gratidão.

MUITO OBRIGADA.

Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.

Chico Xavier

BIOGRAFIA

Marianne Costa de Azevedo nasceu em 24 de maio de 1995, em Catolé do Rocha, Paraíba, é filha de Alcindo Ferreira de Azevedo e Maria Jucineide Costa de Azevedo. Iniciou sua jornada acadêmica no Centro de Ensino Fundamental Luzia Maia em 2000. Entre 2009 e 2011, concluiu o ensino médio integrado ao curso Técnico Agrícola. Em 2013, ingressou na graduação em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba - Campus II – Areia - PB, concluindo em 2018. Dando continuidade à sua formação acadêmica, fez mestrado em Agronomia na mesma Universidade, finalizado em 2021. Atualmente, está cursando doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Campus Mossoró - RN, iniciado em 2022.

AZEVEDO, Marianne Costa de. **Performance agrobioeconômica e qualidade da beterraba e feijão-caupi sob quantidades equitativas de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais**. 2025. 151f. (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró-RN, 2025.

RESUMO

Práticas culturais como cultivo consorciado e adubação verde podem ser utilizadas na agricultura para aumentar a produtividade de hortaliças e suprir a crescente demanda por alimentos orgânicos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho agrobioeconômico do consórcio beterraba e feijão-caupi, considerando a influência da adubação verde com *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera*, bem como o uso de diferentes densidades populacionais de feijão-caupi, em ambiente semiárido em dois anos de cultivo. Os experimentos foram realizados em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu em quantidades equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. Procera* nas quantidades de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca, e o segundo fator foram as densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹. As cultivares de beterraba e feijão-caupi plantadas foram 'Early Wonder' e 'BRS Tumucumaque', respectivamente. Foram avaliadas variáveis agrônomicas como produtividade em ambas as culturas, índices agromonetários dos sistemas consorciados para verificar a viabilidade do sistema consorciado e também a qualidade pós-colheita das raízes da beterraba e dos grãos verdes de feijão-caupi. A produção máxima de raízes comerciais de beterraba no consórcio com o feijão-caupi foi de 18,96 t ha⁻¹, usando 60,79 t ha⁻¹ de biomassa de *M. aegyptia* e *C. Procera*, na densidade populacional de 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare, ao passo que a produção máxima de feijão-caupi foi de 2,06 t ha⁻¹ com 68 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes na densidade populacional de 150 mil plantas de feijão-caupi por hectare. Os maiores retornos agrobioeconômicos do consórcio beterraba x feijão-caupi verde foram: razão equivalente de terra de 1,27; índice de eficiência produtiva de 0,94; escore da variável canônica de 3,60; razão competitiva de 2,05 e perda de rendimento real de 2,49. Os maiores valores dos índices econômicos foram renda líquida de 52.392,71 R\$ ha⁻¹, taxa de retorno de 2,72 por cada real investido e índice de lucratividade de 63,36 %. Tais valores foram alcançados quando se utilizou quantidades entre 49 e 68 t ha⁻¹ de adubos verde, com a população de feijão caupi entre 142 e 154 mil plantas por hectare. A aplicação de 68 t ha⁻¹ de jitrana e flor-de-seda proporcionou melhores resultados na qualidade pós-colheita das raízes de beterraba e dos grãos verdes de feijão-caupi. A beterraba obteve maior benefício quando cultivada em densidades de 110 a 200 mil plantas de feijão-caupi por ha⁻¹, ao passo que o feijão-caupi apresentou os melhores resultados na densidade de 200 mil plantas por ha⁻¹. O consórcio beterraba x feijão-caupi é viável em termos produtivos e econômicos, e a adubação com jitrana e flor-de-seda é eficiente para a produção de beterraba e feijão-caupi em ambiente semiárido.

Palavras-chave: adubação verde; *Beta vulgaris*; cultivo orgânico; plantas por hectare; *Vigna unguiculata*.

AZEVEDO, Marianne Costa de. **Agrobioeconomic performance and quality of beetroot and cowpea under equitable amounts of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* and population densities.** 2025. 151p. (Doctorate in Plant Science) - Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA). Mossoró- RN, 2025.

ABSTRACT

The use of cultural practices such as intercropping and green manure can be used in agriculture to increase vegetable productivity and meet the growing demand for organic foods. The objective of this study was to evaluate the bioeconomic performance of the intercropping of beetroot and cowpea, considering the influence of green manure with *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera*, as well as different population densities of cowpea, in a semi-arid environment over two years of cultivation. The first factor consisted of equal amounts of biomass of *M. aegyptia* and *C. Procera* at doses of 20, 36, 52, and 68 t ha⁻¹ on a dry basis, and the second factor was the population densities of cowpea of 80, 120, 160, and 200 thousand plants ha⁻¹. The cowpea and beetroot cultivars planted were 'BRS Tumucumaque' and 'Early Wonder', respectively. Agronomic variables such as productivity in both crops, agronomic indices to verify the viability of the intercropping system, and the post-harvest quality of beetroot roots and green cowpea grains were evaluated. The maximum production of commercial beetroot roots in the intercropping with cowpea was 18.96 t ha⁻¹, using 60.79 t ha⁻¹ of biomass of *M. aegyptia* and *C. Procera*, at the population density of 142 thousand cowpea plants per hectare, while the maximum cowpea production was 2.06 t ha⁻¹ with 68 t ha⁻¹ of biomass of green manures at the population density of 150 thousand cowpea plants per hectare. The highest agrobioeconomic returns of the beetroot x cowpea intercropping were: land equivalent ratio of 1.27; productive efficiency index of 0.94; canonical variable score of 3.60; competitive ratio of 2.05 and real yield loss of 2.49. The highest values of economic indices were net income of R\$ 52,392.71 ha⁻¹, rate of return of 2.72 for each real invested, and profitability index of 63.36%. These values were achieved when doses between 49 and 68 t ha⁻¹ of green manure were used, with a cowpea population between 142 and 154 thousand plants per hectare. The application of 68 t ha⁻¹ of *M. aegyptia* and *C. Procera* provided better results in the post-harvest quality of beetroot roots and green cowpea grains. Beetroot obtained the greatest benefit when cultivated at densities of 110 to 200 thousand cowpea plants per ha-1, while cowpea presented the best results at the density of 200 thousand plants per ha-1. The beetroot x cowpea intercropping is viable in terms of productivity and economic terms, and fertilization with *M. aegyptia* and *C. Procera* is efficient for the production of beetroot and cowpea in a semi-arid environment.

Keywords: green manure; *Beta vulgaris*; organic farming; plant population densities; *Vigna unguiculata*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - SUSTENTABILIDADE E RETORNO AGROMONETÁRIO EM SISTEMA CONSORCIADOS DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB INFLUÊNCIA DE ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

- Figura 1 - Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do ar em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi..... 33
- Figura 2 - Representação gráfica das parcelas experimentais em consórcio: (A) Beterraba consorciada com 80 mil plantas por hectare de feijão-caupi; (B) Beterraba consorciada com 120 mil plantas por hectare de feijão-caupi; (C) Beterraba consorciada com 160 mil plantas por hectare de feijão-caupi e (D) Beterraba consorciada com 200 mil plantas por hectare de feijão-caupi. 34
- Figura 4 - Altura de plantas e número de folhas por planta (A e B), massa fresca da parte aérea e massa seca de raízes (C e D) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jiterana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. 42
- Figura 5 - Produtividades de raízes graúdas e extra AA (A e B), produtividades de raízes extra A e extra (C e D) e produtividades de raízes comerciais e totais (E e F) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jiterana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi..... 45
- Figura 6 - Altura de plantas e número de vagens verdes por planta (A e B), comprimento de vagens verdes e peso de 100 grãos verdes (C e D), produtividade de vagens verdes e produtividade de grãos verdes (E e F) do feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jiterana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. 49
- Figura 7 - Índice de produtividade do sistema (IPS) (A), Coeficiente equivalente de terra (CET) (B) e Razão de equivalência monetária (REM) (C) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jiterana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. 52

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE AGROBIOECONÔMICA EM CONSÓRCIO BETERRABA X FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB MANEJO ORGÂNICO E DIFERENTES POPULAÇÕES DE FEIJÃO-CAUPI

Figura 1 - Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi.....	60
Figura 2 - Relação equivalente de terra – RET (A), vantagem do consórcio – VC (B), índice de eficiência produtiva – IEP (C), escore da variável canônica – Z (D) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi	70
Figura 3 - Índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi - ISb (A), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba - ISc (B), razão competitiva - RC (C) e perda de rendimento real - PRR (D) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi.	72
Figura 4 - Renda bruta – RB (A), renda líquida – RL (B), taxa de retorno – TR (C) e índice de lucratividade – IL (D) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes combinações de quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	75

CAPÍTULO 3 – QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADE DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI

Figura 1 - Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi.....	84
Figura 2 - pH (A), sólidos solúveis (B), acidez titulável (C), e relação sólidos solúveis e acidez titulável (D), da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	92

Figura 3 - Açúcares solúveis totais (A) e betalaína (B) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	93
Figura 4 - Ângulo Hue h° (A), luminosidade L^* (B) e croma C^* (C) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	96
Figura 5 - Representação da seção do espaço de cor de raízes de beterraba sob adubação verde com jitrana e flor-de-seda densidades populacionais de feijão-caupi, a partir das médias das coordenadas L^* , a^* , b^* e dos parâmetros C^* e h°	97
Figura 6 - Clorofila a (A), Clorofila b (B), Clorofila total (C), e carotenoides (D) de grãos de feijão-caupi verde consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – SUSTENTABILIDADE E RETORNO AGROMONETÁRIO EM SISTEMAS CONSORCIADOS DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB INFLUÊNCIA DE ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

Tabela 1 - Descrição das densidades populacionais de beterraba e feijão-caupi utilizadas nos sistemas consorciados e nos monocultivos, em seus respectivos espaçamentos.....	35
Tabela 2 - Valores de F para altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca de raízes (MSR) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	40
Tabela 3 - Valores de F para produtividades de raízes: graúdas, extra AA, extra A e extra, produtividades de raízes comerciais (PC) e produtividade de raízes total (PT) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	43
Tabela 4 - Valores de F para altura de plantas (AP), comprimento de vagens verdes (CVV), número de vagens verdes por planta (NVVP), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e produtividade de grãos verdes (PGV) de feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	47
Tabela 5 - Valores de F para o índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	50

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE AGROBIOECONÔMICA EM CONSÓRCIO BETERRABA x FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB MANEJO ORGÂNICO E DIFERENTES POPULAÇÕES DE FEIJÃO-CAUPI

Tabela 1 - Análise química dos solos antes da incorporação da jitrana e flor-de-seda nos anos de cultivo: 2022 e 2023.	61
Tabela 2 - Valores de F para a relação equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z), índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi (ISb), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (ISc), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi.	69
Tabela 3 - Valores de F para a renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) dos sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi.....	74

CAPÍTULO 3 – QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADE DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI

Tabela 1 - Análise química dos solos antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos 2022 e 2023.	84
Tabela 2 - Descrição das densidades populacionais de beterraba e feijão-caupi utilizadas nos sistemas consorciados e nos monocultivos, em seus respectivos espaçamentos.....	85
Tabela 3 - Análises químicas dos macronutrientes presentes na jitrana e flor-de-seda usados como adubos verdes nos anos de cultivos de 2022 e 2023.....	86
Tabela 4 - Valores de F para pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), açúcares solúveis totais (AST), e betalaina (Bet.) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e em densidades populacionais de feijão-caupi.	91

Tabela 5 - Valores de F para luminosidade (L^*), ângulo Hue (h°) e croma (C^*) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. 94

Tabela 6 - Valores de F para clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides de grãos de feijão-caupi verde consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de Jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. 98

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	106
Tabela 2 - Custos de produção por hectare do consórcio beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	108
Tabela 3 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	110
Tabela 4 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	112
Tabela 5 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	114
Tabela 6 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	116
Tabela 7 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	118
Tabela 8 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023	120
Tabela 9 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	122

Tabela 10 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	124
Tabela 11 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	126
Tabela 12 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	128
Tabela 13 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	130
Tabela 14 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	132
Tabela 15 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	134
Tabela 16 - Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha ⁻¹ . Mossoró, UFERSA, 2023.	136
Tabela 17 - Custos de produção por hectare do cultivo solteiro de beterraba adubado com 51 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca. Mossoró, UFERSA, 2023.	138
Tabela 18 - Custos de produção por hectare do cultivo solteiro de feijão-caupi adubado com 50 t ha ⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca. Mossoró, UFERSA, 2023.	140
Tabela 19 - Médias da altura de plantas (AP), comprimento de vagens verdes (CVV), número de vagens verdes por planta (NVVP), peso de 100 grãos verdes (P 100G), produtividade de grãos verdes (PGV), produtividade de vagens verdes (PVV) do feijão-caupi consorciado com	

beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	142
Tabela 20 - Médias das produtividades de raízes graúdas, raízes extra AA, raízes extra A, raízes extra, raízes comerciais (PC) e raízes totais (PT) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	143
Tabela 21 - Médias do número de folhas por planta (NF), altura de plantas (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca de raízes (MSR) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	144
Tabela 22 - Médias do índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	145
Tabela 23 - Médias da relação equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e diversas densidades populacionais de feijão-caupi.	146
Tabela 24 - Médias do índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi (ISb), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (ISc), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e diversas densidades populacionais de feijão-caupi.....	147
Tabela 25 - Médias da Renda bruta – RB, renda líquida – RL, taxa de retorno – TR e índice de lucratividade – IL da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes combinações de quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	148
Tabela 26 - Médias do pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), açúcares solúveis totais (AST) e betalaina (bet) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	149

Tabela 27 - Médias de luminosidade (L), angulo Hue (h°) e Croma da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.....	150
--	-----

Tabela 28 - Médias da clorofila a (cl a), clorofila b (cl b) clorofila total (cl total) e carotenoides (car) dos grãos verdes de feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.	151
---	-----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	24
CAPÍTULO 1 – SUSTENTABILIDADE E RETORNO AGROMONETÁRIO EM SISTEMAS CONSORCIADOS DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB INFLUÊNCIA DE ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS	29
RESUMO.....	29
ABSTRACT	30
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Localização dos experimentos	32
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	34
2.4 Variáveis analisadas	37
2.5 Análise estatística.....	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.1 Desempenho da cultura da beterraba.....	40
3.1.1 Características agronômicas da beterraba.....	40
3.2.2 Características produtivas da beterraba	43
3.3. Desempenho agromonetário do consórcio beterraba x feijão-caupi.....	50
4 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE AGROBIOECONÔMICA EM CONSÓRCIO BETERRABA x FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB MANEJO ORGÂNICO E DENSIDADES POPULACIONAIS DE FEIJÃO-CAUPI.....	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT	57
1 INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1. Localização dos experimentos	59
2.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	61
2.3 Instalação e condução do experimento	62
2.4 Características avaliadas	63
2.5 Análise estatística.....	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68

3.1 Índices agronômicos e de competição	68
3.2 Indicadores econômicos	74
4 CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
CAPÍTULO 3 – QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADE DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI	80
ABSTRACT	81
1 INTRODUÇÃO	82
2 MATERIAL E MÉTODOS	83
2.1 Localização dos experimentos	83
2.2 Instalação e condução do experimento	85
2.3 Características avaliadas	87
2.4 Análise estatística	90
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	90
3.1 Qualidade das raízes de beterraba	90
3.2 Pigmentos fotossintéticos dos grãos de feijão-caupi	98
4 CONCLUSÕES.....	100
REFERÊNCIAS.....	101
CONCLUSÕES GERAIS	104
APÊNDICE	105

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, tem-se observado crescente interesse no consumo de alimentos orgânicos no Brasil. Estudos recentes apontam que fatores socioeconômicos, como renda e, principalmente, escolaridade, são determinantes na escolha por esses alimentos. A busca por um estilo de vida mais saudável e sustentável, incentivada por profissionais da saúde e políticas públicas, aliada à maior disponibilidade de produtos orgânicos em diversos pontos de venda, tem contribuído significativamente para a conscientização da população e o incentivo ao consumo de alimentos orgânicos (Soto *et al.*, 2020; Sousa, Miguel & Santos, 2021).

Uma forma de aumentar a produção é o cultivo consorciado de culturas, que consiste em cultivar duas ou mais culturas em uma mesma área de produção. Normalmente, essas culturas possuem ciclos e arquiteturas vegetativas diferentes. Essa forma de cultivo permite o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como água, nutrientes minerais, luz solar e mão de obra (Arias *et al.*, 2022). O cultivo consorciado pode ser bastante vantajoso trazendo benefícios agrônômicos, ambientais e alimentares, principalmente quando se busca produzir uma variedade diversificada de produtos agrícolas. Em um estudo realizado por Li *et al.* (2023) reportaram que o cultivo consorciado resulta em uma economia significativa de terra em comparação com o cultivo solteiro.

Para que o desempenho de um cultivo consorciado seja bem sucedido, é necessário estar atento a alguns fatores, como densidade populacional e o arranjo espacial das culturas. A competição, tanto entre plantas da mesma espécie quanto entre diferentes espécies, é moldada pela disposição das plantas no campo, pelos espaçamentos entre as fileiras e dentro das fileiras e pelo momento em que essa competição começa. Sendo assim, o arranjo espacial das culturas e a densidade populacional são fatores cruciais na competição entre plantas, influenciando diretamente a eficiência agrônômica e biológica dos sistemas de cultivo consorciado (Chaves *et al.*, 2020).

A avaliação da eficiência de sistemas consorciados engloba tanto aspectos agrônômicos quanto econômicos: as variáveis agrônômicas, como a altura de plantas, número de folhas por planta, peso da matéria seca e produtividade total avaliam o desempenho das culturas, ao passo que as análises econômicas consideram o valor comercial dos produtos, levando em conta fatores como classificação, qualidade e época de cultivo. Indicadores econômicos como renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade são cruciais para a avaliação da viabilidade dos sistemas consorciados, pois dependem diretamente dos custos de produção. Valores mais

elevados desses indicadores indicam maior benefício econômico e, conseqüentemente, maior sustentabilidade dos sistemas (Lino *et al.*, 2023).

O uso de plantas espontâneas como adubo verde também é um aspecto importante e vem sendo estudado por vários pesquisadores, como opção de adubação orgânica em cultivos consorciados, na região do semiárido brasileiro (Silva *et al.*, 2013; Batista *et al.*, 2016; Bezerra Neto *et al.*, 2019; Guerra *et al.*, 2021; Lino *et al.*, 2021). De acordo com esses estudos, o uso das espécies *Merremia aegyptia* (jitirana) e *Calotropis procera* (flor-de-seda) como adubo verde tem proporcionado aumento de produtividade de culturas como beterraba, alface, rabanete, cenoura e feijão-caupi, tanto em cultivos solteiros quanto em cultivos consorciados. A jitirana e a flor de seda possuem relação C/N entre 20/1 e 30/1, sendo considerados materiais de fácil decomposição e rápida liberação de nutrientes no solo (Linhares *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2018), tornando-os ideais para o uso como adubos verdes; além disso, essas espécies são encontradas com facilidade na zona rural dos municípios nordestinos, o que facilita o acesso do produtor a essa nova forma de adubação orgânica.

A beterraba (*Beta vulgaris*) é considerada uma das hortaliças mais importantes no Brasil. Segundo dados da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), no ano de 2023 a produção de beterraba no Nordeste se concentrou nos municípios de Juazeiro – BA, Petrolina – PE, Irecê – BA e Lapão – BA. A beterraba é um vegetal rico em vitaminas, minerais e diversos compostos nutricionais de interesse, em especial, a betalaína, que, além de antioxidante, é usada como corante alimentício. Pode ser considerada uma cultura rentável, pois a maior durabilidade da hortaliça faz com que o período de comercialização seja ampliado. Após a colheita, a beterraba sem folhas pode ser conservada de quatro a seis semanas. A parte mais valorizada da beterraba é a raiz, amplamente consumida em saladas, tanto cozidas quanto cruas. Apesar de ser altamente nutritiva, a parte aérea da planta normalmente não é consumida, sendo descartada ainda no campo (Tivelli *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2021).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é cultivado em grande parte do território nacional e recebe diversos nomes populares, como feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-de-praia, feijão-de-estrada e feijão-miúdo. O feijão-caupi possui grande importância alimentar, como também na geração de emprego e renda. É rico em proteína, minerais e fibras e constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste, onde o grão é mais cultivado. Os grãos verdes de feijão-caupi (imaturo) apresentam preços atrativos, sendo mais valorizados que o grão seco; esse sistema de produção é realizado majoritariamente pela agricultura familiar, uma vez que a colheita e a debulha são feitas manualmente. A comercialização desse tipo de grão normalmente é feita a granel, em feiras

livres e também em supermercados, onde os grãos são empacotados e mantidos sob refrigeração (Freire Filho, 2011).

Considerando a importância econômica e social da beterraba e do feijão-caupi para a região nordeste, bem como o crescente interesse no consumo de alimentos orgânicos no Brasil e a necessidade de aumentar a produtividade sem o comprometimento dos princípios agroecológicos, se faz necessário verificar a viabilidade agroeconômica do cultivo consorciado da beterraba com feijão-caupi. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho produtivo, bioeconômico e a qualidade pós-colheita das raízes de beterraba e dos grãos verdes de feijão-caupi, provenientes do consórcio entre beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera*, bem como distintas densidades populacionais de feijão-caupi, ao longo de dois anos de cultivo em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

- ARIAS, C. M. *et al.* **Benefícios da diversificação vegetal em agroecossistemas**. São Carlos, SP: Editora Científica Digital, 2022. p. 102-115.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100005>
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Productive viability and profitability of carrot-cowpea intercropping using different amounts of *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 62-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n107rc>
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>
- CONAB. **Portal de Informações Agropecuárias: mercado atacadista hortigranjeiro**. Mercado Atacadista Hortigranjeiro. 2023. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/mercado-atacadista-hortigranjeiro.html>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- FREIRE FILHO, F.R. (Ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- GUERRA, N. M. *et al.* Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10510413883-e10510413883, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13883>
- LI, C. *et al.* The productive performance of intercropping. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, n. 2, p. e2201886120, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2201886120>
- LINHARES, P. C. F. *et al.* Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agrônomo do coentro. **Ciência Rural**, v. 42, p. 243-248, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000200010>
- LINO, F. K. K. S. *et al.* Maximizing agro-bioeconomic benefits in intercropped systems of radish and lettuce in the semi-arid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 121-131, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p121-131>
- LINO, V. A. S. *et al.* Beetroot and radish production under different doses of green manures. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e66101623205-e66101623205, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23205>
- NUNES, R. L. C. *et al.* Agro-economic responsiveness of radish associations with cowpea in the presence of different amounts of *Calotropis procera*, spatial arrangements and agricultural crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 350-363, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424010318>

SANTOS, M. L. P. L. *et al.* Características de consumo e aproveitamento integral da beterraba (*Beta Vulgaris*) Characteristics of consumption and full use of beet (*Beta Vulgaris*). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 79770-79780, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-270>

SILVA, M. L. *et al.* Produção de cenoura fertilizada com flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R. Br.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 732-740, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400009>

SOTO, G. El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. **Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)**, v. 54, n. 1, p. 215-226, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.13>

SOUSA, B. J.; MIGUEL, T. B. V.; SANTOS, S. C. L. Alimentos orgânicos no Brasil: uma revisão de literatura. **Holos**, v. 37, n. 4, p. 1-16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.9619>

TIVELLI, S. W. *et al.* **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011.

CAPÍTULO 1 – SUSTENTABILIDADE E RETORNO AGROMONETÁRIO EM SISTEMAS CONSORCIADOS DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB INFLUÊNCIA DE ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADES POPULACIONAIS

RESUMO

Um dos questionamentos que têm sido feitos na consorciação de beterraba com feijão-caupi é sobre como usar adequadamente a adubação verde e a densidade populacional das culturas componentes e sua interação na sustentabilidade do sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar os benefícios agromonetários e a sustentabilidade de consórcios entre beterraba e feijão-caupi verde, considerando a influência da adubação com *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera*, além de diferentes densidades populacionais de feijão-caupi, em um ambiente semiárido ao longo de dois anos de cultivo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu a quantidades equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. Procera* nas quantidades de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca, o segundo fator foram densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹. As cultivares de beterraba e feijão-caupi plantadas foram 'Early Wonder' e 'BRS Tumucumaque', respectivamente. Foram avaliadas a produtividade comercial de raízes da beterraba e a produtividade dos grãos verdes de feijão-caupi, além dos índices de sistema índice de produtividade (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM). O consórcio beterraba x feijão-caupi apresentou maior produtividade (18,96 e 2,06 t ha⁻¹, respectivamente) quando a biomassa de *M. aegyptia* e *C. procera* foi incorporada ao solo em quantidades de 60,79 t ha⁻¹ e 68 t ha⁻¹, respectivamente, associadas a densidades populacionais de 142 mil e 150 mil plantas por hectare para beterraba e feijão-caupi, respectivamente. As maiores vantagens agroeconômicas do consórcio de beterraba x feijão-caupi verde foram alcançadas com um IPS de 35,37 t ha⁻¹, CET de 0,35 e REM de 1,79, respectivamente, nas combinações de quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes de 62,19; 62,07 e 61,63 t ha⁻¹ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 142 mil plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: Adubação orgânica. *Beta vulgaris*. *Calotropis procera*. *Merremia aegyptia*. *Vigna unguiculata*.

**CHAPTER 1 - SUSTAINABILITY AND AGRONOMIC RETURN IN
INTERCROPPED BEETROOT AND GREEN MANURE COWPEA SYSTEMS
UNDER THE INFLUENCE OF GREEN MANURE AND PLANT POPULATION
DENSITIES.**

ABSTRACT

One of the questions that have been raised in the intercropping of beetroot with cowpea is how to adequately use green manure and the population density of the component crops and their interaction in the sustainability of the system. The objective of this study was to evaluate the agronomic and economic benefits and the sustainability of intercropping between beetroot and green cowpea, considering the influence of fertilization with *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera*, as well as different population densities of cowpea, in a semi-arid environment over two years of cultivation. The experimental design used was a randomized block design, with treatments arranged in a 4x4 factorial scheme, with four replications. The first factor of this scheme consisted of equal amounts of biomass of *M. aegyptia* and *C. Procera* at doses of 20, 36, 52, and 68 t ha⁻¹ on a dry basis, and the second factor was the population densities of cowpea of 80, 120, 160, and 200 thousand plants ha⁻¹. The cowpea and beetroot cultivars planted were 'BRS Tumucumaque' and 'Early Wonder', respectively. The commercial productivity of beetroot roots and the productivity of green cowpea grains were evaluated, as well as the system indices: productivity index (SPI), land equivalent ratio (LER), and monetary equivalent ratio (MER). The beetroot x cowpea intercropping showed higher productivity when the biomass of *M. aegyptia* and *C. procera* was incorporated into the soil at doses of 60.79 t ha⁻¹ and 68 t ha⁻¹, respectively, associated with population densities of 142 thousand and 150 thousand plants per hectare for beetroot and cowpea, respectively. The greatest agroeconomic advantages of the beetroot x green cowpea intercropping were achieved with a PI of 35.37 t ha⁻¹, LER of 0.35, and MER of 1.79, respectively, in the combinations of equal amounts of biomass of green manures of 62.19; 62.07 and 61.63 t ha⁻¹ at population densities of cowpea of 142 thousand plants ha⁻¹.

Keywords: Green manure. *Beta vulgaris*. *Calotropis procera*. *Merremia aegyptia*. *Vigna unguiculata*.

1 INTRODUÇÃO

A associação entre plantas é uma prática agroecológica que consiste no cultivo de duas ou mais espécies agrícolas em uma mesma área de produção. Essas espécies ocupam diferentes estratos radiculares e vegetativos, minimizando a competição e promovendo mais eficiência no uso dos recursos disponíveis. Busca-se com essa prática otimizar o espaço, a mão de obra, os recursos disponíveis, bem como estabelecer consórcios que promovam relações benéficas entre as espécies, melhorando a qualidade de vida dos agricultores e dos consumidores (Arias *et al.*, 2022). No entanto, o maior desafio deste sistema de produção está na forma como as culturas devem ser associadas, principalmente no que diz respeito à escolha das culturas em combinação, a adubação e a densidade populacional das culturas componentes do sistema e ao atendimento dos interesses dos produtores.

Uma das contribuições da adubação verde está no fornecimento de nutrientes essenciais e manutenção do teor de matéria orgânica no solo, promovendo melhorias das características químicas, físicas e biológica do solo. Dentre as plantas utilizadas para essa finalidade, se destacam a jitrana (*Merremia aegyptia* L. Urb.) e a flor-de-seda (*Calotropis procera* (Ait.) R.Br.), espécies exóticas e consideradas plantas daninhas em áreas agricultáveis no Nordeste brasileiro (Linhares *et al.*, 2012; Linhares *et al.*, 2022). Estudos indicam que a adubação com a biomassa seca dessas espécies promovem ganhos significativos na produtividade de diversas espécies vegetais, incluindo feijão-caupi (Desravines *et al.*, 2022), cenoura (Freitas *et al.*, 2023), rabanete e alface consorciados (Lino *et al.*, 2022), beterraba e alface consorciados (Guerra *et al.*, 2021), além de beterraba e rúcula consorciados (Lino *et al.*, 2021).

Um fator de produção que afeta os sistemas de produção consorciada de hortaliças é a densidade populacional das culturas componentes, pois induz uma série de alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas e precisa ser conhecida com mais detalhes para determinar o rendimento e a eficiência produtiva do sistema (Bezerra Neto *et al.*, 2005). Sabe-se que o aumento na densidade populacional pode influenciar na qualidade das raízes tuberosas, como exemplo da beterraba, aumentando o número de raízes extras e reduzindo o tamanho médio das raízes, devido à maior competição por água e nutrientes imposta às plantas. O aumento da densidade populacional também interfere na parte aérea das plantas, aumentando a produção de ramos e diminuindo o seu diâmetro (Oliveira *et al.*, 2017).

Este estudo visa a avaliar o potencial do consórcio entre beterraba e feijão-caupi como alternativa para aumentar a produtividade e a sustentabilidade da produção agrícola. Espera-se

que a utilização de jitrana e flor-de-seda como adubo verde contribua para o desenvolvimento saudável das culturas, resultando em rendimentos iguais ou superiores aos cultivos solteiros. Além disso, busca-se determinar a dose ideal de adubação verde para maximizar a produtividade do sistema consorciado.

Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desempenho agromonetário e a sustentabilidade de consórcios de beterraba e feijão-caupi, quando submetido a diferentes quantidades de biomassa dos adubos verdes, jitrana e flor-de-seda em densidades populacionais de feijão-caupi, durante dois anos de cultivos, em ambiente semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização dos experimentos

Dois experimentos de campo foram conduzidos, o primeiro de setembro a dezembro de 2022 e o segundo de setembro a novembro de 2023, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A fazenda está localizada no distrito de Lagoinha, a 20 km da cidade de Mossoró, RN, nas coordenadas geográficas, 5° 03' 37" S, 37° 23' 50" W, na altitude de 80 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSh – seco e muito quente, apresentando duas estações distintas: uma estação tipicamente seca de junho a janeiro, e uma estação chuvosa de fevereiro a maio. Durante o período de realização dos experimentos, as médias de temperaturas máximas foram de 35,1 e 36,3 °C, umidade relativa de 72,2 e 70,9 % e pluviosidade de 107,4 e 94 mm, em 2022 e 2023, respectivamente. Os dados climatológicos foram obtidos da Estação Meteorológica Automática, instalada na Fazenda, e estão representados na Figura 1.

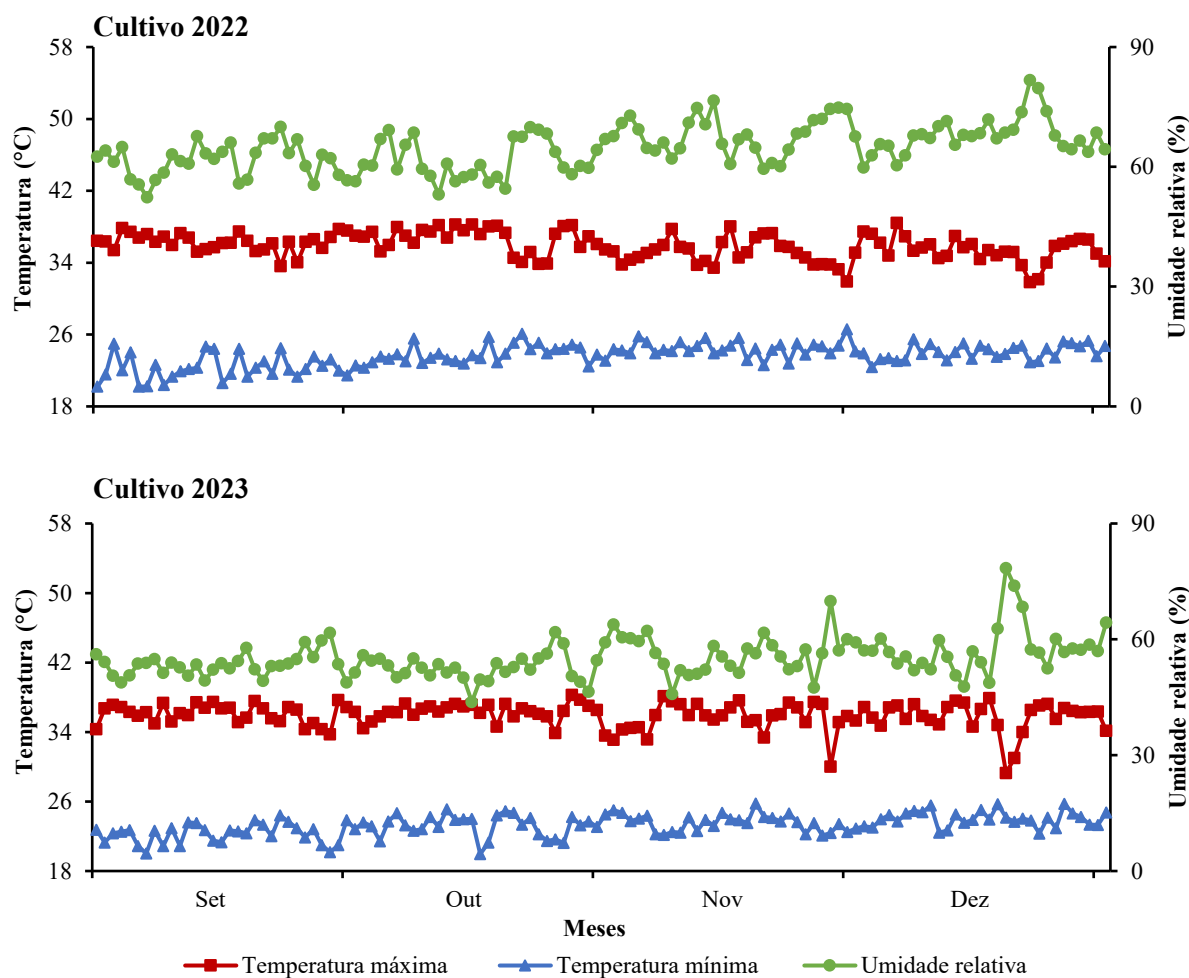


Figura 1. Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do ar em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi. Fonte: A autora (2025).

Os solos das áreas experimentais foram classificados como típicos Argissolos Vermelhos distróficos (Santos *et al.*, 2018). Em cada área experimental, foram coletadas amostras simples de solo da camada superficial de 0-20 cm, homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta representativa da área. Posteriormente, essas amostras foram enviadas a um laboratório para determinação dos atributos químicos. Os resultados no cultivo de 2022 foram: pH (água) = 7,4; CE = 0,34 dS m⁻¹; MO = 7,84 g kg⁻¹; P = 6,0 mg dm⁻³; K = 1,35 mmol_c dm⁻³; Ca = 3,28 mmol_c dm⁻³; Mg = 5,9 mmol_c dm⁻³; Na = 1,74 mmol_c dm⁻³; Cu = 0,20 mg dm⁻³; Fe = 5,2 mg dm⁻³; Mn = 10,8 mg dm⁻³; Zn = 1,10 mg dm⁻³ e B = 0,34 mg dm⁻³. No cultivo de 2023 foram: pH (água) = 5,8; CE = 0,41 dS m⁻¹; MO = 13,25 g kg⁻¹; P = 7,0 mg dm⁻³; K = 1,77 mmol_c dm⁻³; Ca = 8,4 mmol_c dm⁻³; Mg = 2,7 mmol_c dm⁻³; Na = 1,49 mmol_c dm⁻³; Cu = 0,22 mg dm⁻³; Fe = 18,7 mg dm⁻³; Mn = 4,9 mg dm⁻³; Zn = 0,60 mg dm⁻³ e B = 0,44 mg dm⁻³.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelas quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda (20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca), ao passo que o segundo fator consistiu das densidades populacionais de feijão-caupi (80, 120, 160 e 200 mil plantas por ha⁻¹). Em cada bloco, foram plantadas duas parcelas com os monocultivos da beterraba e do feijão-caupi, adubados com 49,87 e 50,48 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, jitirana e flor-de-seda, otimizadas pela pesquisa na região, para obtenção dos índices agromonetários (Lino *et al.*, 2021; Desravines *et al.*, 2022).

O consórcio da beterraba com feijão-caupi foi estabelecido em faixas alternadas, na proporção de 50% da área cultivada com beterraba e 50% da área cultivada com feijão-caupi. Em cada parcela experimental, as faixas alternadas foram compostas por quatro fileiras de cada cultura, ladeadas por duas fileiras de feijão-caupi de um lado e duas fileiras de beterraba do outro lado, utilizadas como bordaduras (Figura 2).

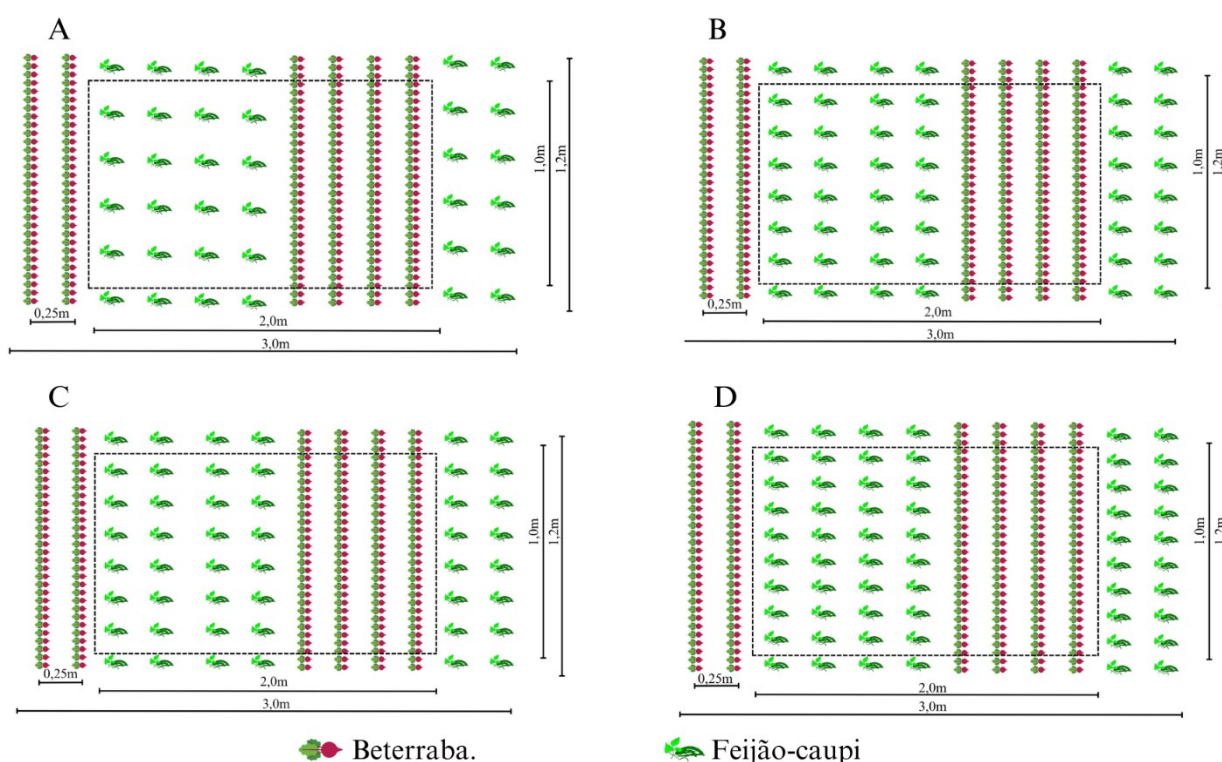


Figura 2. Representação gráfica das parcelas experimentais em consórcio: (A) Beterraba consorciada com 80 mil plantas por hectare de feijão-caupi; (B) Beterraba consorciada com 120 mil plantas por hectare de feijão-caupi; (C) Beterraba consorciada com 160 mil plantas por hectare de feijão-caupi e (D) Beterraba consorciada com 200 mil plantas por hectare de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025).

A área total de cada parcela foi de 3,60 m² (3,00 m x 1,20 m), e a área útil foi de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m). Essa área útil das parcelas consorciadas foi constituída pelas duas faixas centrais de plantas de cada cultura, excluindo-se as duas fileiras externas das culturas em cada lado e as duas últimas plantas de cada fileira nas faixas, utilizadas como bordaduras (Figura 2). Na Tabela 1, estão descritas todas as densidades populacionais usados em cada tratamento do experimento.

Tabela 1. Descrição das densidades populacionais de beterraba e feijão-caupi utilizadas nos sistemas consorciados e nos monocultivos, em seus respectivos espaçamentos.

Densidades populacionais de culturas consorciadas (mil plantas ha⁻¹)		Espaçamentos (m)	
Beterraba	Feijão-caupi	Beterraba	Feijão-caupi
500	80	0,25 x 0,04	0,25 x 0,20
500	120	0,25 x 0,04	0,25 x 0,15
500	160	0,25 x 0,04	0,25 x 0,12
500	200	0,25 x 0,04	0,25 x 0,10
Densidades populacionais das culturas em monocultivo (mil plantas ha⁻¹)			
Beterraba	500	0,20 x 0,10	
Feijão-caupi	200		0,50 x 0,10

Fonte: A autora (2025).

O monocultivo da beterraba foi estabelecido em uma área total de 1,44 m² (1,20 m x 1,20 m), contendo seis fileiras, e uma área útil de 0,80 m² (0,80 m x 1,00 m), contendo quatro fileiras. Por outro lado, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de 3,60 m² (3,00 m x 1,20 m), contendo seis fileiras, e uma área útil de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m), contendo quatro fileiras (Figura 3). A colheita das culturas tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo foi realizada nas quatro linhas centrais de cultivo, excluindo as linhas laterais, bem como as primeiras e últimas plantas de cada linha de cultivo, consideradas bordaduras.

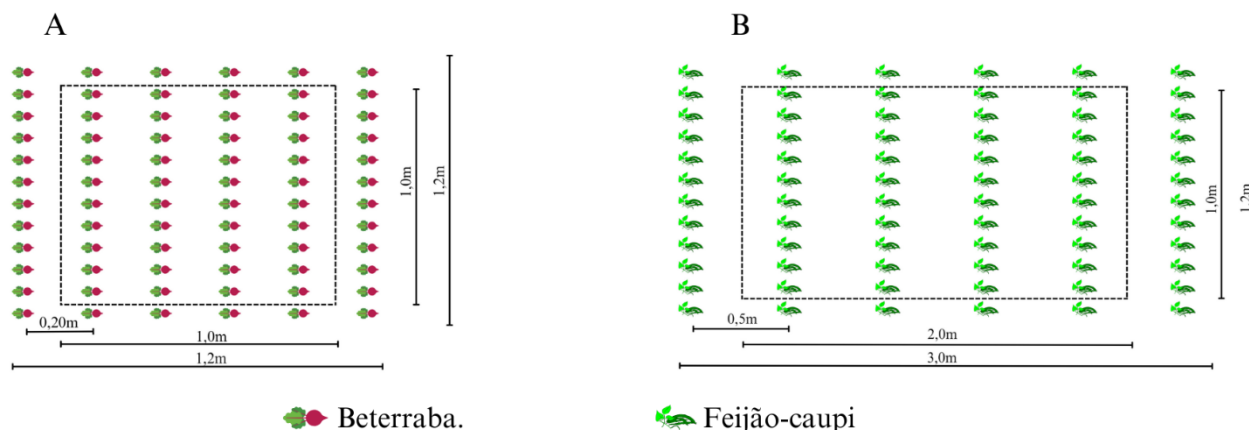


Figura 3. Representação gráfica das parcelas experimentais das culturas em monocultivo: (A) Beterraba com 500 mil plantas por hectare e (B) Feijão-caupi com 200 mil plantas por hectare. Fonte: A autora (2025).

2.3 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação dos experimentos, os solos das áreas experimentais foram limpos mecanicamente com auxílio de um trator com arado acoplado. Após isso, foi realizado o levantamento dos canteiros de plantio com um encanteirador. Em seguida, foi realizada solarização pré-plantio nos canteiros com plástico transparente tipo Vulca Brilho Bril Flex (30 microns), que permaneceu por 30 dias a fim de combater os microrganismos fitopatogênicos presentes no solo que poderiam afetar a produtividade das culturas.

Os materiais utilizados como adubos verdes foram a jitirana (*M. aegyptia*) e a flor-de-seda (*C. procera*), coletados na vegetação nativa em diversas localidades da zona rural do município de Mossoró, RN, antes do início da floração. Após a coleta dos adubos verdes, estes foram triturados em forrageira convencional para obtenção de fragmentos de 2 a 3 cm. Em seguida, foram desidratados em temperatura ambiente até atingirem aproximadamente 10% de umidade, posteriormente sendo submetidos a análises laboratoriais. Os atributos químicos dos adubos verdes no cultivo de 2022 para a jitirana foram: N = 18,98 g kg⁻¹, P = 2,65 g kg⁻¹, K = 34,6 g kg⁻¹, Mg = 5,18 g kg⁻¹, Ca = 18,43 g kg⁻¹ e C:N = 25:1 e para flor-de-seda: N = 15,35 g kg⁻¹, P = 1,25 g kg⁻¹, K = 33,0 g kg⁻¹, Mg = 5,29 g kg⁻¹, Ca = 10,28 g kg⁻¹ e C:N = 27:1. No cultivo de 2023, os atributos químicos foram para jitirana: N = 18,56 g kg⁻¹, P = 2,58 g kg⁻¹, K = 32,8 g kg⁻¹, Mg = 4,48 g kg⁻¹, Ca = 17,88 g kg⁻¹ e C:N = 24:1, e para flor-de-seda: N = 14,66 g kg⁻¹, P = 1,27 g kg⁻¹, K = 31,0 g kg⁻¹, Mg = 5,4 g kg⁻¹, Ca = 11,6 g kg⁻¹ e C:N = 28:1.

Após o período da solarização, os materiais utilizados como fertilizantes verdes foram incorporados nos canteiros com uso de enxadas em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada

a incorporação com 50% das quantidades testadas em cada parcela experimental. Aos 20 dias após essa primeira incorporação, realizou-se a semeadura das culturas que se deu no primeiro cultivo no dia 11 de outubro de 2022 e no segundo cultivo no dia 27 de setembro de 2023, respectivamente. Aos 20 dias após a semeadura das culturas, foi realizada a segunda incorporação com os 50% restante das quantidades dos adubos verdes, mais especificamente no dia 31 de outubro de 2022 no primeiro cultivo e no dia 17 de outubro de 2023, no segundo cultivo, respectivamente, através de sulco aberto no espaço entre as linhas de plantio.

A cultivar de beterraba semeada foi a '*Early Wonder*', e a de feijão-caupi semeada foi a 'BRS Tumucumaque'. Ambas foram semeadas em covas de aproximadamente 3 cm de profundidade, com três a quatro sementes por cova, e cobertas com substrato comercial para germinação. O desbaste das culturas da beterraba e do feijão-caupi foi realizado aos quatorze e sete dias após a semeadura, respectivamente. Após o desbaste, manteve-se apenas uma planta por cova em ambas as culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo. Durante todo o período de condução dos experimentos, foram realizadas capinas manuais e amontoa na beterraba sempre que necessário. Os bio-inseticidas, Azamax[®] e Trichodermil[®], foram utilizados para controlar lagartas desfolhadoras e cercosporiose, respectivamente, observadas tanto na primeira quanto na segunda safra.

Irrigações foram realizadas diariamente pelo sistema de irrigação por microaspersão, divididas em dois turnos (manhã e tarde). A quantidade de água fornecida foi determinada com base no coeficiente de cultivo da beterraba (cultura principal) obtido na região (Kc médio de 0,83) (Oliveira Neto *et al.*, 2011), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente de 8 mm por dia.

A beterraba foi colhida aos 65 dias após a semeadura (DAS) no primeiro cultivo, e aos 69 DAS no segundo cultivo. As colheitas do feijão-caupi foram realizadas aos 57 e 60 DAS, no primeiro cultivo, e no segundo cultivo as colheitas foram realizadas aos 48, 51 e 56 DAS. O material coletado foi encaminhado ao laboratório para avaliações.

2.4 Variáveis analisadas

Na cultura da beterraba, foram avaliadas:

a) Altura de plantas (cm): Em cada parcela experimental, a altura de 20 plantas de beterraba foi medida utilizando uma régua métrica, e a média da altura foi calculada;

- b) Número de folhas por planta: O número de folhas de 20 plantas de beterraba em cada parcela foi contado individualmente, em seguida calculou-se a média;
- c) Massa fresca da parte aérea ($t\ ha^{-1}$): A parte aérea das plantas da área útil de cada parcela foi coletada e pesada em balança analítica. O valor obtido foi convertido para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$);
- d) Massa seca de raízes ($t\ ha^{-1}$): após a classificação das raízes, as raízes comerciais foram cortadas em cubos de aproximadamente 1 cm, e foram colocadas em uma estufa com fluxo de ar forçado a 60°C até a obtenção de peso constante. O valor da massa seca foi convertido para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$);
- e) Produtividade comercial e total de raízes ($t\ ha^{-1}$): A produtividade comercial de raízes foi classificada quanto ao diâmetro, em graúdas ($> 7\ cm$), extra AA (≥ 6 e $< 7\ cm$), extra A (≥ 5 e $< 6\ cm$), extra (> 4 e $< 5\ cm$) (Horta *et al.*, 2001). A produtividade total foi calculada somando a produtividade comercial ao refugo, que inclui raízes com diâmetro inferior a 4 cm ou com defeitos (rachaduras, ataque de pragas e doenças).

No feijão-caupi, foram avaliadas as seguintes características:

- a) Altura de plantas (cm): A altura do ramo principal de 12 plantas de feijão-caupi em cada parcela foi medida com uma régua métrica, e a média da altura foi calculada;
- b) Número de vagens verdes por planta: O número de vagens verdes em 12 plantas de feijão-caupi em cada parcela foi contado individualmente, e a média foi calculada;
- c) Comprimento de vagens verdes (cm): O comprimento das vagens verdes foi medido utilizando uma régua métrica;
- d) Peso de 100 grãos verdes (g): Quatro amostras de 100 grãos verdes de cada parcela foram pesadas, e a média do peso foi calculada;
- e) Produtividade de vagens verdes ($t\ ha^{-1}$): Todas as vagens verdes da área útil de cada parcela foram pesadas, e o valor obtido foi convertido para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$);
- f) Produtividade de grãos verdes ($t\ ha^{-1}$): Apenas os grãos verdes da área útil de cada parcela foram pesados, e o valor obtido foi convertido para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

Nos sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi, foram avaliados os seguintes índices agromonetários:

- a) O índice de produtividade do sistema (IPS) proposto por Amanullah *et al.*, (2020):

$$IPS = [(Y_b/Y_c) \times Y_{cb}] + Y_{bc} \quad (1)$$

Onde: Y_b representa a produtividade comercial de raízes de beterraba (cultura principal) em monocultivo, e Y_c , a produtividade de grãos verdes do feijão-caupi (cultura secundária) em monocultivo; Y_{cb} é a produtividade de grãos verdes do feijão-caupi em sistema consorciado com beterraba; Y_{bc} é a produtividade comercial de raízes da beterraba em consórcio com feijão-caupi.

b) O coeficiente equivalente de terra (CET) foi determinado pela fórmula usada por Diniz *et al.* (2017):

$$CET = RET_b \times RET_c \quad (2)$$

Onde: RET_b e RET_c representam as relações parciais de equivalência de terra das culturas da beterraba e feijão-caupi em consórcio, respectivamente.

c) A razão de equivalência monetária (REM) foi determinada pela fórmula utilizada por Afe & Atanda (2015):

$$REM = (RB_{bc} + RB_{cb})/RB_b \quad (3)$$

Onde: RB_{bc} é a renda bruta da beterraba em consórcio com feijão-caupi. RB_{cb} é a renda bruta do feijão-caupi em consórcio com a beterraba; RB_b é a maior renda bruta da beterraba em monocultivo, em comparação com a do feijão-caupi. A renda bruta (RB) foi determinada multiplicando-se o valor da produção obtida por hectare pelo preço pago ao produtor no mercado da região em dezembro de 2022 e 2023. Os preços pagos aos produtores da região oeste do estado do Rio Grande do Norte pelos grãos verdes de feijão-caupi em 2022 e 2023 foram de R\$ 12,00 e R\$ 14,00 por quilo, respectivamente, e para raízes de beterraba os preços foram de R\$ 3,00 e R\$ 3,25 por quilo (CONAB – RN, 2024).

2.5 Análise estatística

Foi utilizada análise de variância univariada, visando a avaliar a homogeneidade das variâncias entre os cultivos em cada característica ou índice analisado pelo *software* SAS (SAS, 2015). Dada a homogeneidade das variâncias, conforme observado pelo cumprimento do pressuposto de que a razão dos quadrados médios dos erros dos dois cultivos não deve ser superior a 7, foi calculada a média dos valores obtidos em cada tratamento nos dois cultivos (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002). Em seguida, realizou-se uma análise de regressão para cada variável, empregando um procedimento de ajuste de uma superfície de resposta em função das

quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e das densidades populacionais do feijão-caupi, utilizando o *software* Table Curve 3D (Systat Software, 2021). O teste F foi empregado para verificar se houve diferença significativa entre o sistema consorciado e o monocultivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho da cultura da beterraba

3.1.1 Características agronômicas da beterraba

Não houve interação significativa entre as quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi para nenhuma das características agronômicas estudadas na cultura da beterraba (Tabela 2). Entretanto, avaliando os sistemas de cultivos estudados, foi possível observar diferenças significativas entre eles na altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e na massa seca de raízes (MSR) de beterraba consorciada com feijão-caupi. Na AP, o sistema consorciado se sobressaiu do monocultivo em 2,9 cm, ao passo que na NFP, MFPA e MSR o monocultivo se sobressaiu do consórcio em 1,13 folhas, 0,86 t ha⁻¹, e 2,02 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de F para altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca de raízes (MSR) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	AP	NFP	MFPA	MSR
Blocos	3	1,01 ^{ns}	3,42*	2,49 ^{ns}	9,64**
Quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda (Q)	3	7,22**	6,38**	7,56**	3,94*
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	4,71**	0,40 ^{ns}	2,68*	3,31*
Q x D	9	1,17 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,48 ^{ns}
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	7,25**	14,94**	22,58**	184,22**
Regressão (Superfície de resposta)		9,97**	69,12**	14,79**	26,09**
Erro		1,2079	0,0057	0,0154	0,0064
Sistemas de cultivos		AP	NFP	MFPA	MSR

	(cm)		(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
Monocultivo	40,92 b	8,70 a	2,82 a	3,74 a
Consortiado	43,83 a	7,57 b	1,97 b	1,71 b
CV (%)	4,79	7,40	17,27	15,93

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F no nível de probabilidade de 5%. CV – Coeficiente de variação.

Um ajuste de superfície de resposta foi realizado em cada característica agrônômica avaliada na beterraba. Nas características AP, MFPA e MSR (Figuras 4A, 4C e 4D), a combinação das densidades de feijão-caupi com as quantidades testadas apresentou maximização e otimização do grau de complementaridade entre as culturas, registrando valores máximos de 46,35 cm, 2,45 e 1,97 t ha⁻¹ nas densidades de 140, 152 e 124 mil plantas ha⁻¹ de feijão-campi na dose de 68 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, respectivamente (Figura 4). Para NFP, o valor máximo foi 8,03 folhas por planta na combinação de densidade de 200 mil plantas ha⁻¹ de feijão e dose de 57,66 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes (Figura 4D).

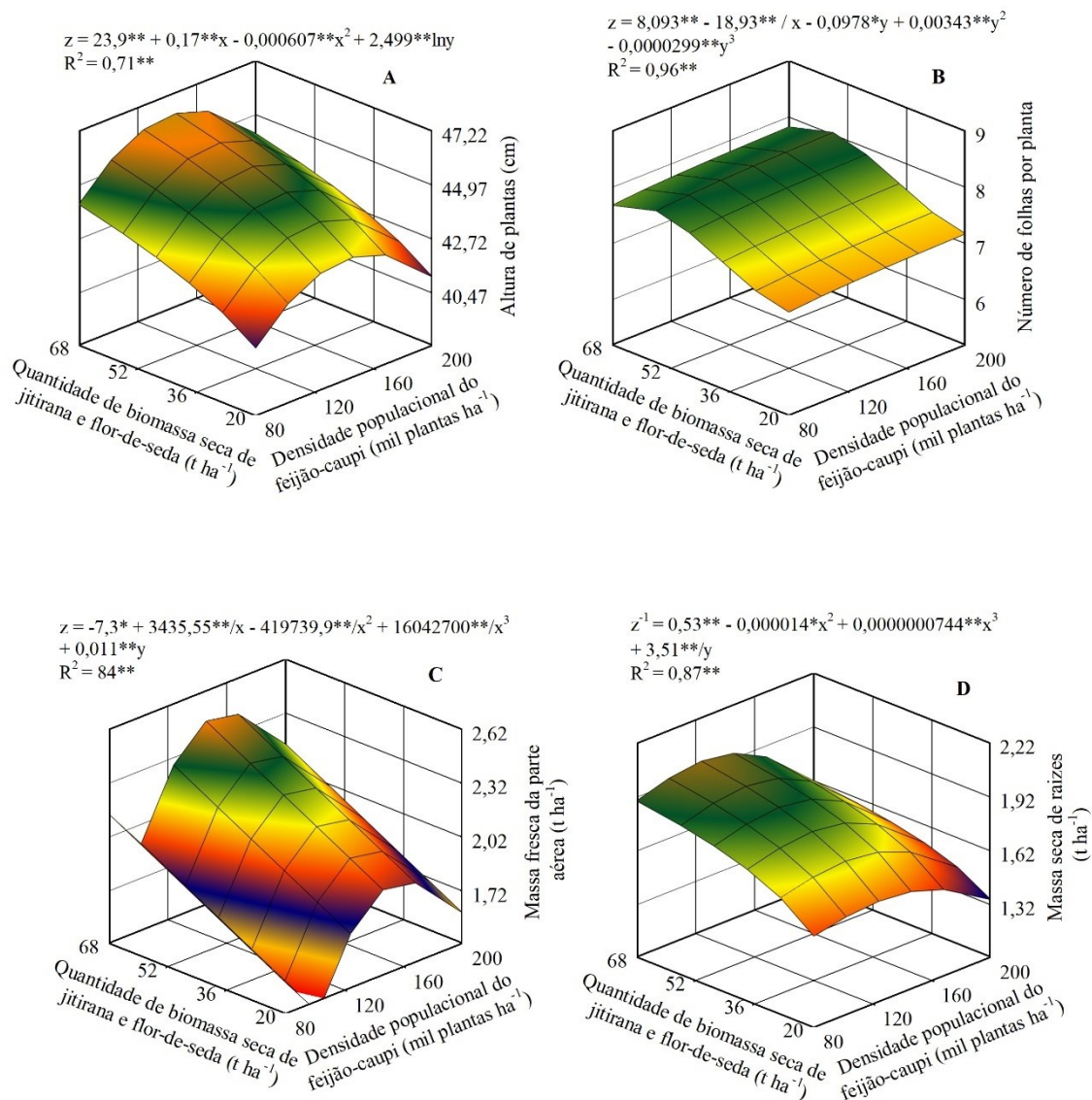


Figura 3 - Altura de plantas e número de folhas por planta (A e B), massa fresca da parte aérea e massa seca de raízes (C e D) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F

Em geral, AP, MFPA e MSR foram mais afetados pela quantidade dos adubos verdes incorporados ao solo do que pelas densidades do feijão-caupi. O NFP foi mais afetado pela densidade do feijão-caupi do que pela massa seca de jitrana e for-de-seda adicionadas ao solo (Figura 4).

Altas densidades populacionais de feijão-caupi (acima de 140 mil plantas por hectare) fizeram com que as plantas de beterraba tivessem alturas de plantas mais curtas, menor massa de parte aérea e menor massa seca de raízes. Provavelmente, o sombreamento causado pelas

plantas de feijão-caupi e a competição interespécies por recursos naturais dificultaram o desenvolvimento das plantas de beterraba. Neste caso, as plantas de feijão-caupi interceptaram parte da radiação solar, pois eram mais altas que as plantas de beterraba. Com menos luz disponível, provavelmente houve redução da fotossíntese e da produção de fotoassimilados e, consequentemente, redução do desenvolvimento das plantas de beterraba (Peixoto *et al.*, 2020).

3.2.2 Características produtivas da beterraba

Não houve interação significativa entre os fatores, quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi nas produtividades de raízes: graúdas, extra AA, extra A e extra de beterraba (Tabela 3). No entanto, foi registrada interação significativa entre esses fatores-tratamentos nas produtividades de raízes comerciais e totais. Avaliando os sistemas de cultivos estudados, foram observadas diferenças significativas entre eles nas características produtivas da beterraba, exceto na produtividade de raízes Extra A. Nas produtividades de raízes graúdas e extra AA, bem como nas produtividades de raízes comerciais e totais, o sistema de monocultivo se destacou do sistema consorciado, ao passo que na produtividade de raízes extra o sistema consorciado superou o de monocultivo (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de F para produtividades de raízes: graúdas, extra AA, extra A e extra, produtividades de raízes comerciais (PC) e produtividade de raízes total (PT) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	Graúdas	Extra AA	Extra A	Extra	PC	PT
Blocos	3	2,92*	6,98**	3,24*	0,02ns	5,14**	10,81**
Quantidades de biomassa de jitrana e flor-de-seda (Q)	3	28,30**	31,53**	8,74**	9,90**	145,24**	63,55*
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	8,77**	8,86**	7,22**	8,46**	62,05**	20,93**
Q x D	9	0,96ns	1,70ns	0,30ns	0,37ns	2,89*	3,45**
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	578,24**	30,77**	1,05ns	13,64**	851,98**	772,04**
Regressão (Superfície de resposta)		36,90**	12,14**	25,67**	11,34**	33,17**	19,56**
Erro		0,2544	0,3076	0,0385	0,05969	0,89921	0,16076
Sistemas de cultivos							

Monocultivo	17,44 a	5,90 a	2,74 a	2,34 b	28,41 a	32,28 a
Consortiado	4,79 b	4,01 b	3,01 a	3,16 a	14,97 b	16,90 b
CV (%)	18,44	16,02	17,38	13,93	5,66	6,03

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F no nível de probabilidade de 5%. CV – Coeficiente de variação.

Uma superfície de resposta foi ajustada em todas as características produtivas da beterraba em função dos fatores-tratamentos, quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com beterraba (Figura 5). Para as características produtividades de raízes Graúdas, Extra AA, Extra A, Extra e produtividades de raízes comerciais e totais (Figuras 5A, 5B, 5C, 5D, 5E e 5F), os valores máximos de 7,19; 5,46; 3,74; 3,68; 18,96 e 19,94 t ha⁻¹ foram alcançados nessas características nas combinações das densidades de feijão de 142; 115; 136; 200; 142 e 137 mil plantas ha⁻¹ e com as quantidades de 68; 68; 68; 46,48; 60,79 e 68 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, respectivamente.

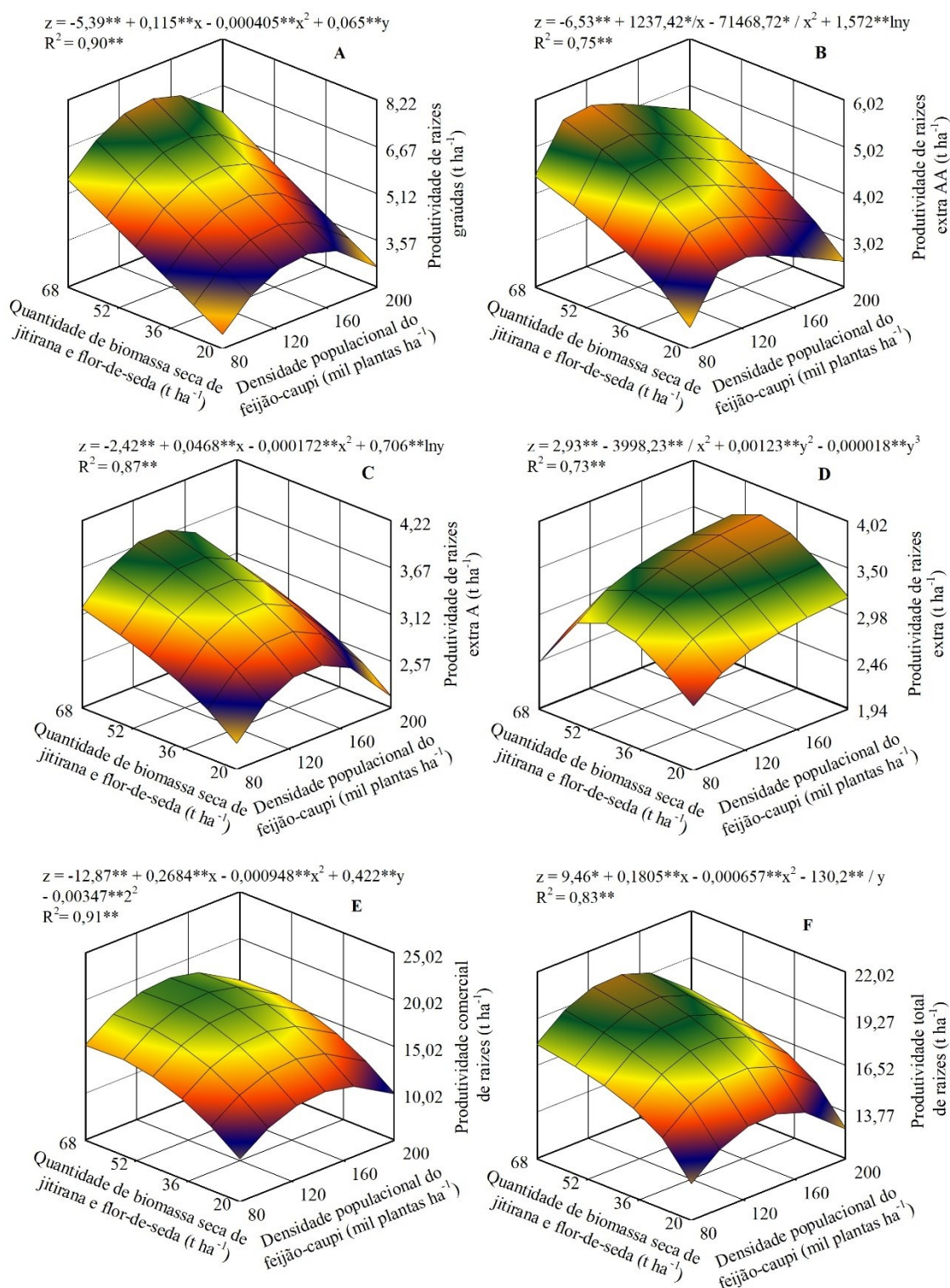


Figura 4 - Produtividades de raízes graúdas e extra AA (A e B), produtividades de raízes extra A e extra (C e D) e produtividades de raízes comerciais e totais (E e F) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

As produtividades de raízes graúdas, extra AA e extra A e a produtividade total de raízes foram mais afetadas pelas quantidades dos adubos verdes testadas, pois seus pontos de máximo foram alcançados na dose máxima dos adubos verdes e em densidades intermediárias de feijão-caupi estudadas. Por outro lado, a produtividade de raízes extra fora mais afetada pelas densidades de feijão-caupi, onde seu ponto de máximo foi alcançado na maior densidade populacional de feijão-caupi (200 mil plantas ha⁻¹), quando adubada em dose intermediária dos adubos verdes (46,48 t ha⁻¹). Raízes extra são pequenas, medem entre 4 e 5 cm de diâmetro; possivelmente a alta competição com o feijão-caupi favoreceu a alta produtividade desse tipo de raiz. Por sua vez, a produtividade de raízes comerciais foi afetada tanto pelas quantidades dos adubos verdes quanto pela densidade de feijão-caupi, pois seu ponto máximo foi alcançado em densidade e dose intermediárias dos adubos verdes.

O resultado da produtividade comercial de raízes conseguida em dose dos fertilizantes verdes e em densidade populacional do feijão-caupi intermediária evidencia que a complementaridade do sistema consorciado foi conseguida por meio das características das culturas como a arquitetura, ciclo e exigência nutricional, dentre outras. Tal comportamento pode ser explicado pela rápida mineralização e disponibilidade de nutrientes liberados pelos adubos verdes (Linhares *et al.*, 2012). Em determinado momento do ciclo das plantas, a exigência nutricional atinge uma exigência máxima; no presente estudo, este momento pode ter acontecido na liberação dos nutrientes, havendo sincronia e, conseqüentemente, melhor aproveitamento desse recurso (Bezerra Neto *et al.*, 2014).

A produtividade total de raízes comerciais no sistema consorciado beterraba x feijão-caupi alcançou 14,97 t ha⁻¹, distribuídas em 4,79 t ha⁻¹ de raízes graúdas, 4,01 t ha⁻¹ de extra AA, 3,01 t ha⁻¹ de extra A e 3,16 t ha⁻¹ de extra. As maiores produtividades foram observadas nos tipos de raízes graúdas e extra AA, resultado que se alinha ao estudo de Guerra *et al.* (2021), que também encontraram predominância desses tipos de raízes ao utilizar a cultivar 'Early Wonder' consorciada com alface e adubada com quantidades equitativas de jitirana e flor-de-seda. Em seu estudo, Guerra *et al.* (2021) alcançaram maior produtividade total de raízes de beterraba (24,79 t ha⁻¹), o que pode ser atribuído ao uso de culturas secundárias distintas e a variações das condições experimentais, como temperatura, umidade relativa do ar, incidência solar e os fatores-tratamentos utilizados.

3.2. Desempenho da cultura do feijão-caupi

Os resultados das análises de variância e de regressão das características agrônômicas avaliadas no feijão-caupi estão apresentados na Tabela 4. Não foi observada interação significativa entre os fatores-tratamentos, quantidades de adubos verdes e densidades populacionais do feijão-caupi na altura de plantas (AP), no comprimento de vagens verdes (CV), no número de vagens verdes por planta (NVVP), no peso de 100 grãos verdes (P100GV), na produtividade de vagens verdes (PVV) e na produtividade de grãos verdes (PGV). Por outro lado, foi possível observar diferenças significativas entre os sistemas de produção estudados no número de vagens por planta (NVP), na produtividade vagens verdes (PVV) e na produtividade de grãos verdes (PGV), com o monocultivo sobressaindo-se ao sistema consorciado (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de F para altura de plantas (AP), comprimento de vagens verdes (CVV), número de vagens verdes por planta (NVVP), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e produtividade de grãos verdes (PGV) de feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	AP	CVV	NVVP	P100GV	PVV	PGV
Blocos	3	5,53**	1,66 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda (Q)	3	6,75**	6,17**	4,76**	2,76*	11,39**	7,68**
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	3,13*	7,87**	3,08*	0,64 ^{ns}	4,15**	2,73*
Q x D	9	0,45 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	0,25 ^{ns}	2,59 ^{ns}	20,43**	0,11 ^{ns}	129,62**	121,14**
Regressão (Superfície de resposta)		15,51**	8,74**	8,86**	6,40**	23,78**	14,14**
Erro		1,13788	0,14422	0,07288	0,24593	0,05355	0,01100
Sistemas de cultivos							
Monocultivo		66,95 a	22,07 a	6,71 a	44,58 a	7,29 a	3,38 a
Consortiado		66,22 a	21,42 a	4,98 b	44,27 a	3,77 b	1,68 b
CV (%)		4,24	3,68	14,59	4,08	15,08	16,77

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F no nível de probabilidade de 5%. CV – Coeficiente de variação

No entanto, uma superfície de resposta foi ajustada em todas essas características do feijão-caupi em função dos fatores, quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com beterraba (Figura 6). Os maiores valores de AP, PVV e PGV de 69,48 cm, 4,53 e 2,06 t ha⁻¹ foram alcançados nas combinações de quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes de 68 t ha⁻¹ e densidades populacionais de feijão-caupi de 145, 150 e 150 mil plantas ha⁻¹ (Figuras 6A, 6E e 6F). Para CVV, NVP e P100GV, os valores máximos obtidos foram de 22,44 cm, 5,9 e 45,65 g nas combinações de quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes de 50,28; 56,41 e 57,24 t ha⁻¹ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 80 e 138 mil plantas ha⁻¹ (Figuras 6C, 6B e 6D).

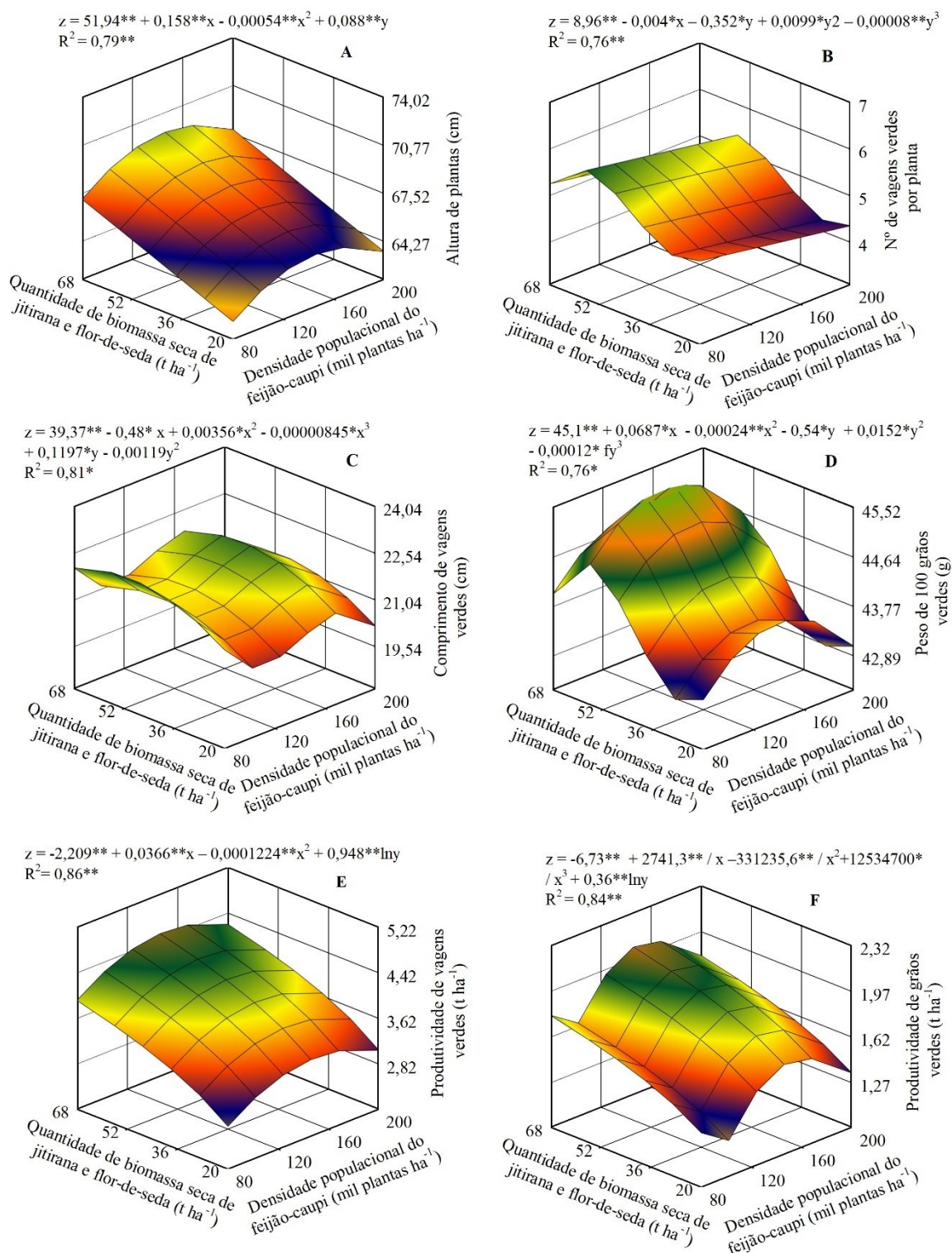


Figura 5. Altura de plantas e número de vagens verdes por planta (A e B), comprimento de vagens verdes e peso de 100 grãos verdes (C e D), produtividade de vagens verdes e produtividade de grãos verdes (E e F) do feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Pode-se observar pelos resultados obtidos na AP, PVV e PGV que essas características foram mais afetadas pelo fator quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda, pois seus pontos de máximo foram alcançados na dose máxima dos adubos verdes testadas (68 t ha^{-1}). Segundo Shimada *et al.* (2000), quando o feijão-caupi é submetido a aumento de densidade de plantio há efeito compensatório no rendimento de grãos, em virtude do aumento da população de plantas por área e do aumento da massa das sementes, razão pela qual estes valores máximos de produção obtidos por unidade de área determinam a população ideal da cultura.

Os resultados obtidos para CVV, NVP e P100GV foram alcançados com quantidades menores do que a máxima incorporada e em densidades populacionais baixas de feijão-caupi. Isso provavelmente se deve à natureza genética das características avaliadas, que não permitem influência expressiva de tratamentos quantitativos na sua expressão. Esses diferentes resultados evidenciam que a cultivar de feijão-caupi "BRS Tumucumaque" possui razoável adaptabilidade a diferentes situações de densidade populacional e quantidades dos adubos. Além disso, sabe-se que, ao diminuir o espaçamento dentro das fileiras, a densidade populacional aumenta e, dentro de certos limites, a produção pode permanecer estável ou com pouca variação porque o nível de competição não é forte o suficiente para alterar significativamente seu comportamento (Chaves *et al.*, 2020).

As características avaliadas no feijão-caupi tiveram médias maiores no monocultivo do que no sistema consorciado. Esses resultados se devem ao tipo de competição dos dois sistemas. No monocultivo, o tipo competição registrado é a intraespecífica, ao passo que no sistema consorciado ocorrem dois tipos de competição: a intraespecífica e a interespecífica. Nos sistemas consorciados com culturas companheiras, sempre há maximização do grau de complementaridade entre as culturas componentes, minimizando os tipos de competição entre elas, promovendo vantagens ao sistema consorciado (Barot *et al.*, 2017).

3.3. Desempenho agromonetário do consórcio beterraba x feijão-caupi

Não foi registrada interação significativa entre os fatores-tratamentos estudados, quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi no índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM).

Tabela 5. Valores de F para o índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da beterraba consorciada com feijão-

caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	IPS	CET	REM
Blocos	3	2,42 ns	2,20ns	4,05*
Quantidades de biomassa de jitrana e flor-de-seda (Q)	3	60,22**	53,47**	111,38**
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	22,72**	20,83**	43,80**
Q x D	9	0,60ns	0,74ns	1,33ns
Regressão (Superfície de resposta)		29,30**	21,77**	33,42**
Erro		2,5778	0,0011	0,0063
CV (%)		7,83	15,80	6,13

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F. CV – Coeficiente de variação.

No entanto, uma superfície de resposta para cada indicador agromonetário foi ajustada (Figura 7). Os valores máximos alcançados para IPS, CET e REM foram 35,37 t ha⁻¹, 0,35 e 1,79 nas combinações de quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes de 62,19; 62,07 e 61,63 t ha⁻¹ nas densidades populacionais de feijão-caupi de 142; 142 e 142 mil plantas de caupi por hectare, respectivamente (Figuras 7A, 7B e 7C).

O índice de produtividade do sistema (IPS) padroniza a produtividade da cultura secundária (feijão-caupi) em relação à da cultura principal (beterraba). Quanto maior for o valor desse índice, mais eficiente será o sistema consorciado. O coeficiente equivalente de terra (CET) evidencia se o sistema consorciado apresenta vantagem de produção, sendo o seu valor mínimo 0,25, acima do qual o sistema consorciado é mais produtivo que o cultivo solteiro. Por sua vez, a razão de equivalência monetária (REM) mede a superioridade econômica, ou não, do consórcio sobre o monocultivo da cultura mais econômica. Quanto maior for o valor desse índice, mais viável será o sistema de cultivo (Lino *et al.*, 2022).

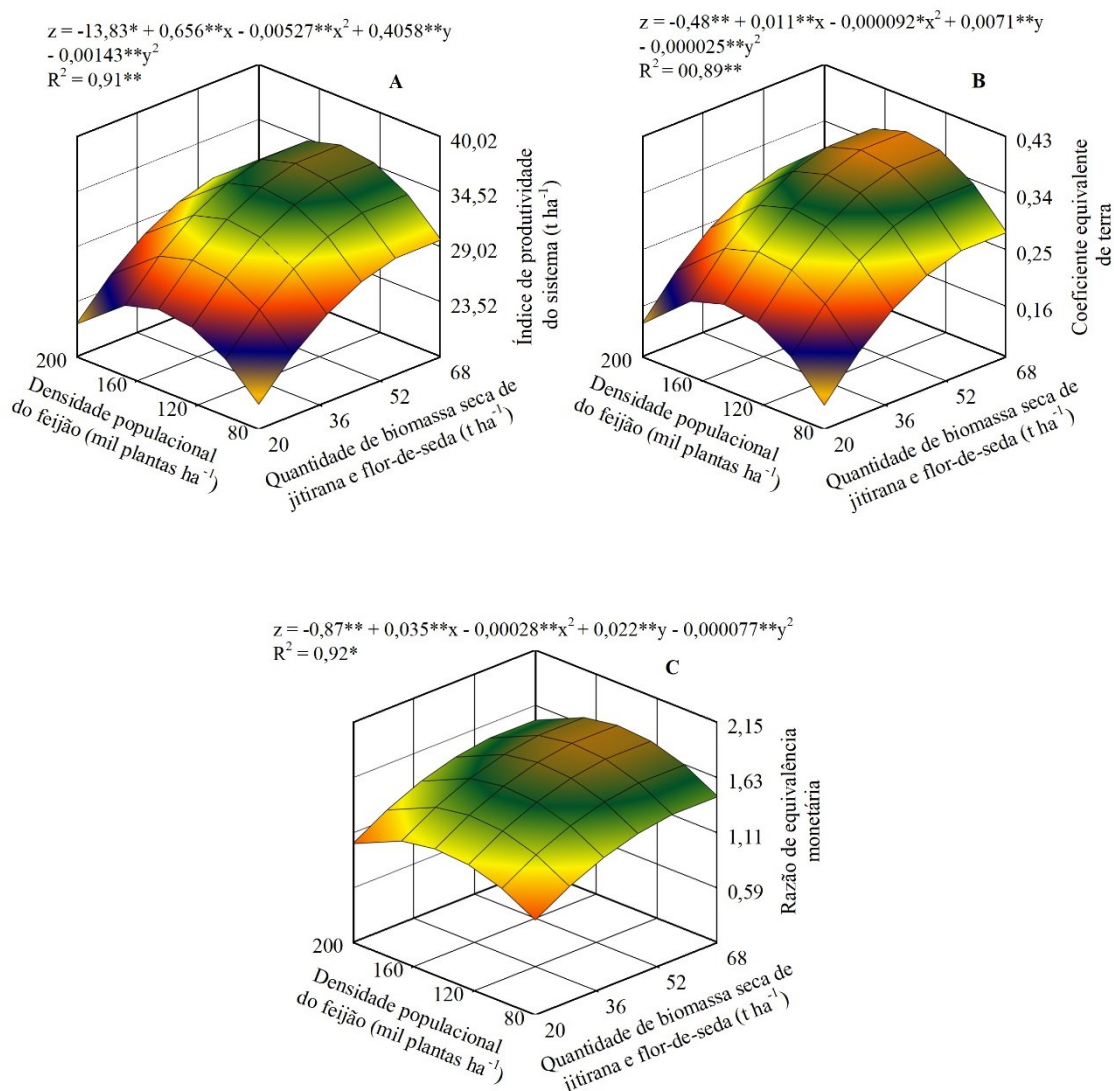


Figura 6. Índice de produtividade do sistema (IPS) (A), Coeficiente equivalente de terra (CET) (B) e Razão de equivalência monetária (REM) (C) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitarana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Diante desses resultados, observa-se que as quantidades equitativas de biomassa de jitarana e flor-de-seda foi o fator que mais afetou os valores desses índices, quando em combinação com a densidade populacional de feijão-caupi de 142 mil plantas por hectare, densidade essa de valor intermediário. O alto valor de IPS (35,37 t ha⁻¹) obtido na combinação de 62,19 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes com 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare demonstra a eficiência agrônômica do sistema consorciado de beterraba x feijão-caupi nessa combinação em relação aos sistemas de monocultivo dessas culturas. Esse índice é utilizado para padronizar a produtividade da cultura primária (beterraba) em relação à cultura secundária

(feijão-caupi) (Jardim *et al.*, 2021).

O valor de 0,35 obtido com o CET expressou a mesma eficiência agrônômica do cultivo consorciado dessas duas hortaliças na combinação de 62,07 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes com 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare. Sabe-se que quando o valor de CET é superior a 0,25 o sistema consorciado apresenta vantagem de produção em relação aos monocultivos (Lino *et al.*, 2022).

Com relação ao indicador monetário REM (1,79), pode-se observar pelo valor obtido que a eficiência agrônômica do consórcio beterraba x feijão-caupi foi traduzida em termos econômicos. Segundo Afe & Atanda (2015), quando o REM é maior que 1,0 os sistemas consorciados são considerados mais rentáveis em comparação aos monocultivos das culturas componentes. Esta superioridade do REM também pode ser atribuída à natureza de complementaridade das culturas envolvidas no sistema.

A obtenção de bons indicadores agromonetários pode ser explicada tanto pelo bom aporte nutricional fornecido pelos adubos verdes quanto pela capacidade das culturas consorciadas expressarem o seu potencial agrônômico, mesmo em altas densidades. É possível verificar que, mesmo em alta densidade da cultura secundária (feijão-caupi) a competição interespecífica pode ter sido reduzida porque as culturas componentes eram capazes de explorar nichos ecológicos distintos, fortalecendo o grau de complementaridade entre as culturas componentes (Costa *et al.*, 2017).

4 CONCLUSÕES

A utilização de misturas de biomassas de jitrana e flor-de-seda mostrou-se uma tecnologia viável para produtores que praticam o cultivo de beterraba com feijão-caupi em sistemas consorciados em ambiente semiárido.

Os índices agroeconômicos mostram que o cultivo consorciado de beterraba e feijão-caupi é mais vantajoso que o cultivo solteiro dessas espécies.

Com base na produtividade das culturas e dos índices agroeconômicos, a dose de adubo verde à base de jitrana e flor-de-seda recomendada para o cultivo consorciado de beterraba e feijão-caupi é de 62 t ha⁻¹, e a população recomendada é de 142 mil plantas de feijão-caupi ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- AFE, A. I.; ATANDA, S. Percentage yield difference, an index for evaluating intercropping efficiency. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 5, n. 5, p. 459-465, 2015. DOI: 10.9734/AJEA/2015/12405
- AMANULLAH; K. *et al.* Influence of irrigation regimes on competition indexes of winter and summer intercropping system under semi-arid regions of Pakistan. **Scientific Reports**, v. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65195-7>
- ARIAS, C. M. *et al.* **Benefícios da diversificação vegetal em agroecossistemas**. São Carlos, SP: Editora Científica Digital, v. 1, p. 102-115, 2022.
- BAROT, S. *et al.* Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, p. 1-20, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0418-x>
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Associação de densidades populacionais de cenoura e alface no desempenho agrônomo da cenoura em cultivo consorciado em faixa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 233-237. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200014>
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jirirana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 305-311, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200011>
- CEASA-RN. **Cotações**. 2024. Disponível em: <https://transparencia.ceasa.rn.gov.br/cotacoes>. Acesso em: 01 mar. 2024.
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p.192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>
- COSTA, A. P. *et al.* Intercropping of carrot x cowpea-vegetables: evaluation of cultivar combinations fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 30, p. 633-641, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n311rc>
- DESRAVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>
- DINIZ, W. J. S. *et al.* Consórcio palma forrageira-sorgo em diferentes lâminas de irrigação no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p.724-733, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017000900004>
- FREITAS, I. A. S. *et al.* Productivity and optimized economic efficiency of carrot roots in monocropping under green manuring. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 572-584, 2023. DOI: 10.1590/1983-21252023v36n310rc
- GUERRA, N. M. *et al.* Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e10510413883, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13883>

HORTA, A. C. S. *et al.* Relação entre produção de beterraba, *Beta vulgaris* var. *conditiva*, e diferentes métodos de plantio. **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 1123-1129, 2001.

JARDIM, A. M. R. F. *et al.* Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 104464, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

LINHARES, P. C. F. *et al.* **Adubação verde com flor-deseda [*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton] em culturas olerícolas na região semiárida.** Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022.

LINHARES, P. C. F. *et al.* Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agrônomo do coentro. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 243-248, 2012. DOI: 10.1590/S0103-84782012000200010.

LINO, F. K. K. S. *et al.* Agro-economic benefits in radish-lettuce intercropping under optimized green manuring and planting density. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 302-310, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/hb.v40i3.2471>

LINO, V. A. S. *et al.* Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 432-443, 2021.

OLIVEIRA NETO, D. H. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3 p. 330-334, 2011. DOI: 10.1590/S0102-05362011000300012

OLIVEIRA, L. J. *et al.* Viability of polycultures of arugula-carrot-coriander fertilized with hairy woodrose under different population densities. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 9, p. 611-617, 2017. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n9p611-617

PEIXOTO, C. P. *et al.* **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática.** Rio de Janeiro: PoD, 2020.

PEREIRA, M. F. S. *et al.* Productive performance of cowpea-radish intercropping 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. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p965-971

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos** [prefácio]. Piracicaba: FEALQ, 2002.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SAS. SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide.** Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.

SHIMADA, M. M. *et al.* Comportamento do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, p. 181-187, 2000.

SYSTAT SOFTWARE INC. **Table curve 3D Academic Edition.** San Jose, CA: Systat Software Inc, 2021.

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE AGROBIOECONÔMICA EM CONSÓRCIO BETERRABA x FEIJÃO-CAUPI VERDE SOB MANEJO ORGÂNICO E DENSIDADES POPULACIONAIS DE FEIJÃO-CAUPI

RESUMO

O uso dos índices agronômicos, de competição e dos indicadores econômicos é de grande utilidade para avaliar a eficiência agronômica e econômica dos sistemas de plantio consorciados. O objetivo deste trabalho foi avaliar se há viabilidade agrobioeconômica na associação de beterraba com feijão-caupi, sob diferentes quantidades equivalentes de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* e populações de plantas por área de feijão-caupi em dois anos de cultivos. Foram montados dois experimentos de campo em fatorial, com o primeiro fator sendo quantidades equitativas de biomassa de *M. aegyptia* e *C. Procera* nas quantidades de 20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹ em base seca, e o segundo fator, densidades populacionais de feijão-caupi de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹. Foram avaliadas a produtividade de grãos verdes de feijão-caupi e a produtividade comercial de raízes de beterraba, bem como os índices agronômicos: razão equivalente de terra (RET), índice de eficiência produtiva (IEP) e escore da variável canônica (Z); os índices de competição: razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) e os indicadores econômicos: renda líquida (NI), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL). Os maiores retornos agrobioeconômicos do consórcio beterraba x feijão-caupi verde foram alcançados na RET de 1,27, IEP de 0,94, Z de 3,60, RC de 2,05, PRR de 2,49, na RL de 52.392,71 R\$ ha⁻¹, na TR de 2,72 por cada real investido e IL de 63,36 % nas combinações de aporte de biomassa dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi de 65 e 142; 52,55 e 141; 68 e 142; 50 e 154; 68 e 150; 49,96 e 142; 49,46 e 142; e de 49,63 t ha⁻¹ e 142 mil plantas de feijão por hectare, respectivamente. O cultivo consorciado entre beterraba e feijão-caupi e a adubação com biomassa seca de jitrana e flor-de-seda são viáveis economicamente.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*. *Vigna unguiculata*. *Merremia aegyptia*. *Calotropis procera*. Receitas em culturas consorciadas.

CHAPTER 2 - ECONOMIC AND AGRONOMIC VIABILITY OF BEETROOT-COWPEA INTERCROPPING UNDER ORGANIC MANAGEMENT AND VARYING COWPEA PLANT DENSITIES

ABSTRACT

The use of agronomic, competition and economic indices is of great utility for evaluating the agronomic and economic efficiency of intercropping systems. The objective of this work was to evaluate the agrobioeconomic feasibility of the association of beetroot with cowpea, under different equivalent amounts of biomass of *Merremia aegyptia* and *Calotropis procera* and plant populations per area of cowpea over two years of cultivation. Two field experiments were set up in a factorial design with the first factor being equal amounts of biomass of *M. aegyptia* and *C. Procera* at doses of 20, 36, 52, and 68 t ha⁻¹ on a dry basis, and the second factor being the population densities of cowpea of 80, 120, 160, and 200 thousand plants ha⁻¹. The productivity of green cowpea grains and the commercial productivity of beetroot roots were evaluated, as well as the agronomic indices: land equivalent ratio (LER), productive efficiency index (PEI), and canonical variable score (Z); the competition indices: competitive ratio (CR) and real yield loss (RYL); and the economic indicators: net income (NI), rate of return (RR), and profit margin (PM). The highest agrobioeconomic returns of the beetroot x green cowpea intercropping were achieved with a LER of 1.27, PEI of 0.94, Z of 3.60, CR of 2.05, RYL of 2.49, NI of R\$ 52,392.71 ha⁻¹, RR of 2.72 for each real invested, and PI of 63.36% in the combinations of input of biomass of green manures and population densities of cowpea of 65 and 142; 52.55 and 141; 68 and 142; 50 and 154; 68 and 150; 49.96 and 142; 49.46 and 142; and 49.63 t ha⁻¹ and 142 thousand cowpea plants per hectare, respectively. The intercropping of beetroot and cowpea, and fertilization with dry biomass of *M. aegyptia* and *C. procera* are economically viable.

Keywords: *Beta vulgaris*. *Vigna unguiculata*. *Merremia aegyptia*. *Calotropis procera*. Associated-cropping revenues.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso da associação de culturas com hortaliças em regiões semiáridas depende do tipo de culturas cultivadas e da manipulação adequada de fatores como adubação, densidades de plantio, arranjos espaciais, dentre outros (Meira *et al.*, 2012). A beterraba e o feijão-caupi são duas culturas companheiras de valor econômico, social e nutricional no semiárido brasileiro; quando plantadas juntas, se beneficiam uma da outra, não só da ocupação do espaço, como também do aproveitamento da área cultivada, aumentando a umidade do solo devido à maior cobertura e sombreamento do terreno, reduzindo então as perdas de água pela transpiração das plantas, diminuindo a erosão do solo, controlando ervas daninhas e possíveis pragas e doenças, maximizando, dessa forma, o espaço de cultivo (Chaves *et al.*, 2020).

O uso correto de tipos e quantidades de fertilizantes verdes do bioma Caatinga e de densidades de plantio das culturas componentes é outro requisito para o sucesso agroecológico da prática do consórcio na região semiárida (Guerra *et al.*, 2021; Lino *et al.*, 2021b). Dentre os tipos de fertilizantes que se destacam como adubos verdes na Caatinga, estão a jitrana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*) (Lino *et al.*, 2021b; Sá *et al.*, 2021).

Pesquisa com beterraba em consórcio com folhosa em ambiente semiárido tem sido realizada com resultados satisfatórios em termos de eficiência biológica, produtiva e econômica. Guerra *et al.* (2022), consorciando beterraba com alface sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de *Merremia aegyptia* e *Calotropis procera* (20, 35, 50 e 65 t ha⁻¹ em base seca) e densidades populacionais de alface (150, 200, 250 e 300 mil plantas de alface ha⁻¹), combinadas com 500 mil plantas por hectare de beterraba em dois anos de cultivos em ambiente semiárido, obtiveram os maiores retornos agroeconômicos com RET, IEP, Z, PRR, RL e TR de 2,59; 0,97; 2,32; 10,66, 59.121,45 R\$ ha⁻¹ e de R\$ 2,75 para cada real investido, respectivamente, na combinação de 65 t ha⁻¹ de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidade populacional de alface de 300 mil plantas por hectare.

O cultivo consorciado de beterraba com feijão-caupi vem ganhando importância social e econômica no Nordeste brasileiro, principalmente em termos agroecológicos, apresentando diversas vantagens nos aspectos produtivo, nutricional, econômico e ambiental. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes (jitrana e flor-de-seda) em densidades populacionais de caupi nos parâmetros agrônomicos e biológicos e econômicos do consórcio beterraba-caupi, bem como determinar a interação entre esses fatores-tratamentos para proporcionar maior retorno agrobioeconômico em ambiente semiárido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização dos experimentos

Foram realizados dois experimentos em campo, com o primeiro de setembro a dezembro de 2022 e o segundo de setembro a novembro de 2023, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Localizada nas coordenadas geográficas 5° 03' 37" S e 37° 23' 50" W, a uma altitude de 80 metros, na cidade de Mossoró, RN.

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região possui um clima BShw, caracterizado por ser seco e quente, com duas estações bem definidas: uma estação seca, que geralmente vai de junho a janeiro, e uma estação chuvosa, que ocorre de fevereiro a maio. Durante os períodos em que os experimentos foram realizados nos anos de 2022 e 2023, as médias das temperaturas máximas registradas foram de 35,1 °C e 36,3 °C, respectivamente, com umidade relativa de 72,2% e 70,9%, e precipitação acumulada de 107,4 mm e 94 mm. Os valores diários das temperaturas máximas e mínimas, bem como da umidade relativa média para cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi, estão apresentados na Figura 1.

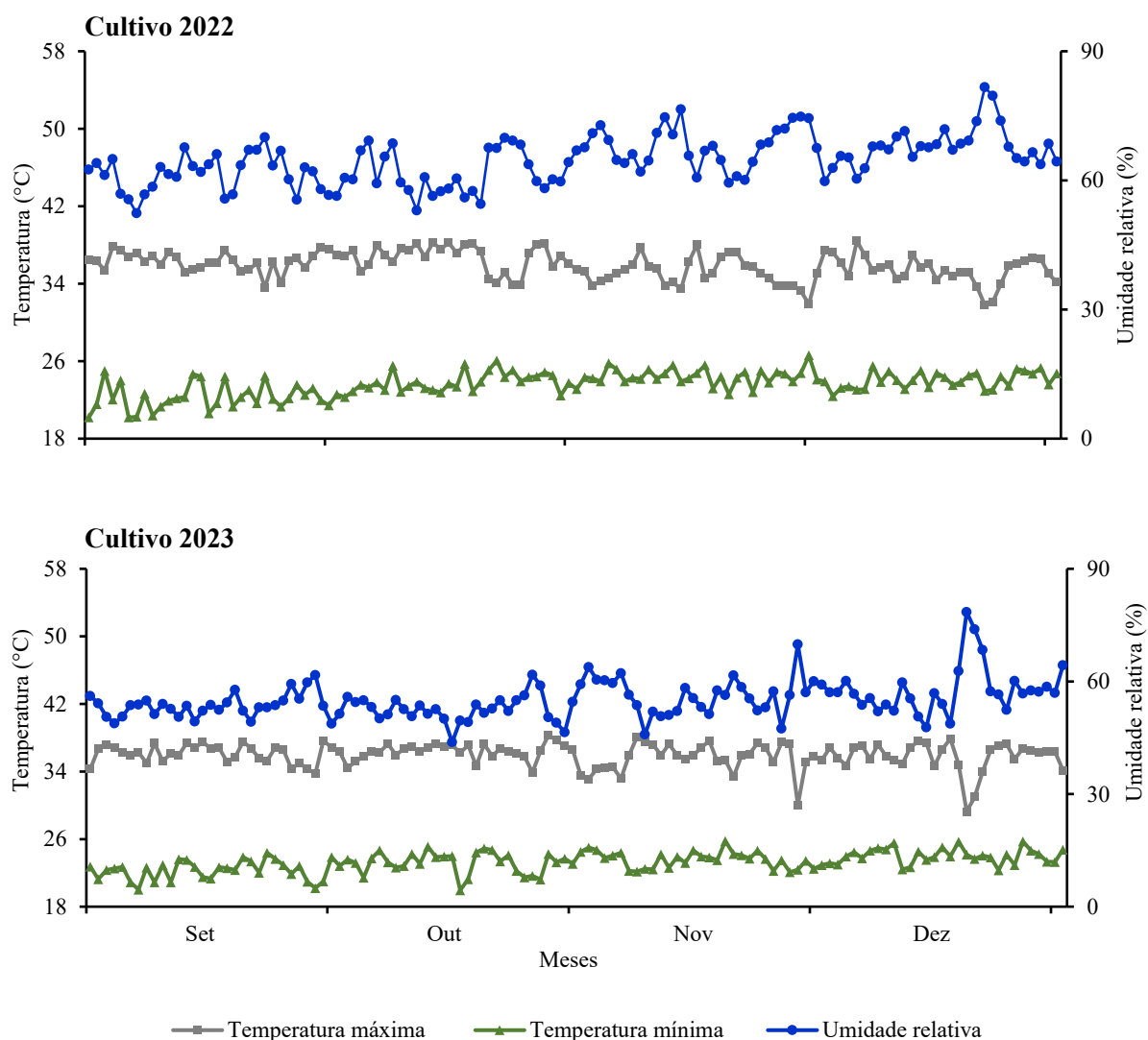


Figura 1. Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi. Fonte: A autora (2025).

Os solos das áreas experimentais foram classificados como típicos Argissolos Vermelhos (Santos *et al.*, 2018). Em cada área experimental, foram coletadas amostras simples de solo da camada superficial de 0-20 cm, homogêneas para obtenção de uma amostra composta representativa da área. Essas amostras foram enviadas a um laboratório para a análise de seus atributos químicos. Os resultados obtidos para os dois anos de cultivo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química dos solos antes da incorporação da jitirana e flor-de-seda nos anos de cultivo: 2022 e 2023.

Análise de solo antes da incorporação da jitirana e flor-de-seda							
Anos de cultivo	M.O. g kg ⁻¹	C.E. ds m ⁻¹	pH (H ₂ O)	Ca ²⁺ -----mmol _c dm ⁻³ -----	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
2022	7,84	0,34	7,4	3,28	5,9	1,35	1,74
2023	13,25	0,41	5,8	8,4	2,7	1,77	
	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
	-----Mg dm ⁻³ -----						
2022	6,0	0,20	5,2	10,8	1,10	0,34	
2023	7,0	0,22	18,7	4,9	0,60		

Fonte: A autora (2025). M.O.: matéria orgânica; C.E.: condutividade elétrica; pH: potencial hidrogeniônico; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; K⁺: potássio; Na⁺: sódio; P: fósforo; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; B: boro.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram delineados em blocos completos casualizados em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu a diferentes quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda (20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹), ao passo que o segundo fator correspondeu às densidades de plantio do feijão-caupi (80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹). Como testemunhas em cada bloco, foram cultivadas parcelas com monoculturas de beterraba e feijão-caupi, adubadas com 49,87 e 50,48 t ha⁻¹ de biomassa dos adubos verdes, jitirana e flor-de-seda, conforme estudos prévios (Lino *et al.*, 2021b; Desravines *et al.*, 2022).

O consórcio da beterraba com feijão-caupi foi estabelecido em faixas alternadas, onde cada cultura ocupou 50% da área. Em cada parcela experimental, as faixas alternadas foram compostas por quatro fileiras de cada cultura, ladeadas por duas fileiras de feijão-caupi de um lado e duas fileiras de beterraba do outro lado, utilizadas como bordaduras. A área total de cada parcela do consórcio foi de 3,60 m² (3,00 m x 1,20 m), e a área útil de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m).

A área útil de cada parcela foi composta pelas duas faixas centrais de cada cultura, excluindo-se as bordaduras compostas pelas duas fileiras externas de cada cultura e pelas duas últimas plantas de cada fileira nas faixas centrais. O espaçamento da beterraba nos tratamentos consorciados foi de 0,25 m x 0,04 m, proporcionando uma população de 500 mil plantas ha⁻¹. Cada área útil da parcela do consórcio continha 100 plantas de beterraba. Os espaçamentos do feijão-caupi nos tratamentos avaliados foram de 0,25 m x 0,20 m; 0,25 m x 0,15 m; 0,25 m x 0,12 m; 0,25 m x 0,10 m e proporcionando as populações de plantas de 80, 120, 160 e 200 mil plantas ha⁻¹. Os números de plantas de feijão-caupi na área útil nesses espaçamentos avaliados

foram de 16, 24, 32 e 40, respectivamente.

O monocultivo da beterraba foi estabelecido em uma área total de 1,44 m² (1,20 m x 1,20 m), com seis fileiras, e uma área útil de 0,80 m² (0,80 m x 1,00 m), com quatro fileiras, realizado no espaçamento de plantio de 0,20 m x 0,10 m. Por outro lado, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de 3,60 m² (3,00 m x 1,20 m), com seis fileiras, e uma área útil de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m), com quatro fileiras, realizado no espaçamento de 0,50 m x 0,10 m.

2.3 Instalação e condução do experimento

Antes do estabelecimento dos experimentos, as áreas foram preparadas mecanicamente, com aração do solo utilizando trator. Posteriormente, os canteiros para plantio foram moldados e submetidos à solarização por 30 dias, utilizando plástico transparente tipo Vulca Brilho Bril Flex (30 microns). Essa prática visa a combater os microrganismos fitopatogênicos presentes no solo que poderiam afetar a produtividade das culturas.

O processo de incorporação dos fertilizantes verdes ao solo iniciou-se após o período de solarização, em duas etapas. A primeira incorporação, correspondente a 50% da dose total, ocorreu vinte dias antes do plantio das culturas, nos dias 11 de outubro de 2022 e 27 de setembro de 2023, respectivamente. A segunda incorporação, com os 50% restantes, foi realizada 20 dias após a semeadura, por meio de sulcos abertos entre as linhas de plantio, nos dias 31 de outubro de 2022 e 17 de outubro de 2023, respectivamente.

As espécies utilizadas como adubos verdes foram a jirirana e a flor-de-seda, coletadas na vegetação nativa do município de Mossoró, RN, antes do início da floração. Após a coleta, as plantas foram trituradas em fragmentos de 2 a 3 cm e submetidas à secagem até atingirem aproximadamente 10% de umidade. Em seguida, foram realizadas análises laboratoriais para caracterização dos materiais. Os atributos químicos dos adubos verdes no cultivo de 2022 foram para jirirana: N = 18,98 g kg⁻¹, P = 2,65 g kg⁻¹, K = 34,6 g kg⁻¹, Mg = 5,18 g kg⁻¹, Ca = 18,43 g kg⁻¹ e C:N = 25:1 e para flor-de-seda: N = 15,35 g kg⁻¹, P = 1,25 g kg⁻¹, K = 33,0 g kg⁻¹, Mg = 5,29 g kg⁻¹, Ca = 10,28 g kg⁻¹ e C:N = 27:1. No cultivo de 2023, os atributos químicos foram para jirirana: N = 18,56 g kg⁻¹, P = 2,58 g kg⁻¹, K = 32,8 g kg⁻¹, Mg = 4,48 g kg⁻¹, Ca = 17,88 g kg⁻¹ e C:N = 24:1, e para flor-de-seda: N = 14,66 g kg⁻¹, P = 1,27 g kg⁻¹, K = 31,0 g kg⁻¹, Mg = 5,4 g kg⁻¹, Ca = 11,6 g kg⁻¹ e C:N = 28:1.

A cultivar de beterraba semeada foi a '*Early Wonder*' e a de feijão-caupi foi a 'BRS Tumucumaque'. Ambas foram semeadas em covas de aproximadamente 3 cm de profundidade, com três a quatro sementes por cova, e cobertas com substrato comercial para germinação. O desbaste nas culturas do feijão e da beterraba foi realizado aos sete e quatorze dias após a semeadura, respectivamente. Foi deixada após o desbaste apenas uma planta por cova para ambas as culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo. Durante todo o período de condução dos experimentos, foram realizadas capinas manuais e amontoa na beterraba sempre que necessário. Durante a primeira e segunda safra de cultivo, foi observado o aparecimento de algumas lagartas desfolhadoras e cercosporiose, que foram controladas pelo uso dos bio-inseticidas Azamax® e Trichodermil®.

Irrigações foram realizadas diariamente pelo sistema de irrigação por microaspersão, divididas em dois turnos (manhã e tarde). A quantidade de água fornecida foi determinada com base no coeficiente de cultivo da beterraba (cultura principal) obtido na região (K_c médio de 0,83) (Oliveira Neto *et al.*, 2011), fornecendo uma lâmina de água de aproximadamente de 8 mm por dia.

A beterraba foi colhida aos 65 dias após semeadura (DAS) no primeiro cultivo, e aos 69 DAS no segundo cultivo. As colheitas do feijão-caupi foram realizadas aos 57 e 60 DAS, no primeiro cultivo, e no segundo cultivo as colheitas foram realizadas aos 48, 51 e 56 DAS. Os produtos dessas colheitas, tanto da beterraba quanto do feijão-caupi, foram encaminhados ao laboratório para avaliações.

A produtividade comercial de raízes de beterraba foi quantificada pela massa fresca de raízes das plantas na área de colheita com tamanho mínimo de 4 cm, isentas de deformações (Lino *et al.*, 2021b), expressa em $t\ ha^{-1}$, e a produtividade de grãos verdes de feijão-caupi foi quantificada pela massa fresca de todos os grãos verdes colhidos das vagens verdes na área de colheita, expressa em $t\ ha^{-1}$ (Desravines *et al.*, 2022).

2.4 Características avaliadas

As eficiências agrobioeconômicas dos sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi foram determinadas por meio de índices agrônômicos, de competição e de indicadores econômicos:

a) A razão equivalente de terra (RET) foi calculada por meio da expressão utilizada por Bezerra Neto *et al.* (2019).

$$RET = \frac{Y_{bc}}{Y_b} + \frac{Y_{cb}}{c} \quad (1)$$

onde: RET - razão equivalente de terra; Y_{bc} – produtividade de raízes comerciais de beterraba consorciadas com feijão-caupi; Y_{cb} - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi consorciados com beterraba; Y_b - produtividade de raízes comerciais de beterraba em monocultivo; e Y_c - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi em monocultivo.

Esse índice agrônômico é definido como a área de terra relativa sob condições de monocultivo necessária para fornecer as produtividades alcançadas no cultivo consorciado. Quando o valor da RET é maior que 1, o cultivo consorciado favorece o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das culturas componentes. Por outro lado, quando a RET é menor que 1, o cultivo consorciado entre as culturas componentes é afetado negativamente, prejudicando o desenvolvimento, o crescimento e as produtividades das culturas.

b) A vantagem do consórcio (VC) foi determinada pela expressão utilizada por Lino *et al.* (2023):

$$VC = VC_b + VC_c \quad (2).$$

$$VC_b = PRR_b \times P_b \quad (3)$$

$$VC_c = PRR_c \times P_c \quad (4)$$

onde: VC - vantagem do consórcio; VC_b - vantagem do consórcio de beterraba com feijão-caupi; VC_c - vantagem do consórcio de feijão-caupi com beterraba; PRR_b e PRR_c - definidos na descrição da perda de rendimento real (PRR); P_b - preço de raízes de beterraba em R\$ kg^{-1} ; e P_c - preço de grãos verdes de feijão-caupi em R\$ kg^{-1} . Esses preços foram os pagos aos produtores da região oeste do estado do Rio Grande do Norte em 2022 e 2023. Os preços pelas raízes de beterraba foram de R\$ 3,25 e R\$ 3,25 por quilo e pelos grãos verdes de feijão-caupi foram de R\$ 12,00 e R\$ 14,00 por quilo, nos dois anos de cultivo, respectivamente (CEASA-RN, 2024). Valores positivos para VC indicam vantagem do consórcio. Quanto maior é o valor positivo de VC, mais vantajoso é o sistema consorciado.

c) O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado para cada tratamento utilizando o modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*) com retornos constantes de escala, pois não houve evidências de diferenças significativas de escala. O modelo DEA tem a seguinte formulação matemática:

$$\text{MAX } z = \sum_{j=1}^r \mu_j X_{jo} \quad (5)$$

sujeito as seguintes restrições:

$$\sum_{i=1}^S v_i w_{io} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^r \mu_j X_{jk} - \sum_{i=1}^S v_i w_{ik} \leq 0 \quad (7)$$

$$k = 1 \dots n; \mu_j, v_i \geq 0, i = 1 \dots s, j = 1 \dots r,$$

onde: MAX z - medida máxima de eficiência de z do tratamento; X_{jo} - valor do recurso j para a parcela em análise o; X_{jk} - valor do produto j para a parcela k; r - valor do produto; S - valor do recurso; n - número de parcelas; w_{ik} - valor de entrada i ($i = 1 \dots s$), para o tratamento k ($k = 1 \dots n$); v_i e μ_j - pesos atribuídos às entradas e saídas, respectivamente; e, o - tratamento em análise (Bezerra Neto *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2018).

Para medir a eficiência de cada parcela experimental (tratamento), foram assumidos insumos unitários para todas as unidades. Os tratamentos (consórcios) foram usados como unidades de avaliação, dezesseis no total. Como saídas, foram utilizadas as produtividades de raízes comerciais de beterraba e de grãos verdes de feijão-caupi. Para avaliar o desempenho de cada parcela, considerou-se que cada uma utiliza um único recurso com nível unitário, uma vez que as saídas incorporaram os possíveis insumos. Assim, quanto mais próximo o valor do IEP estiver de 1, mais vantajoso agronomicamente será o sistema consorciado testado.

d) A eficiência do sistema consorciado também foi avaliada pelo índice agrônomo, escore da variável canônica (Z), obtido pela análise de variância bivariada (Andrade Filho *et al.*, 2020) das produtividades de grãos verdes de feijão-caupi e de raízes comerciais de beterraba. Quanto maior e mais positivo o valor de Z, mais eficiente agronomicamente é o sistema consorciado avaliado.

Os índices de competição avaliados nos sistemas consorciados foram: os índices de superação das culturas (IS_b e IS_c), a razão competitiva (RC) e a perda de rendimento real do sistema (PRR).

e) O índice de superação (IS) é um índice que indica quanto do aumento relativo da produção da cultura componente b (beterraba neste caso) é maior do que a da cultura

componente c (feijão-caupi) em um sistema consorciado. Este índice foi determinado pelas seguintes expressões utilizadas por Cecílio Filho *et al.* (2015).

$$IS_b = \left(\frac{Y_{bc}}{Y_b Z_{bc}} \right) - \left(\frac{Y_{cb}}{Y_c Z_{cb}} \right) \quad (8)$$

$$IS_c = \left(\frac{Y_{cb}}{Y_c Z_{cb}} \right) - \left(\frac{Y_{bc}}{Y_b Z_{bc}} \right) \quad (9)$$

onde: IS_b e IS_c - índices de superação da beterraba e do feijão-caupi em cultivo consorciado; Y_{bc} - produtividade comercial de raízes de beterraba consorciadas com feijão-caupi; Y_b - produtividade comercial de raízes de beterraba em monocultivo; Z_{bc} - proporção da área plantada da beterraba consorciada com feijão-caupi; Y_{cb} - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi consorciados com beterraba; Y_c - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi em monocultivo; e, Z_{cb} - proporção da área plantada com feijão-caupi consorciado com beterraba.

Se IS for positivo, a cultura componente com sinal positivo será dominante, e a com sinal negativo será a dominada. Se o valor de IS for zero, ambas as culturas serão igualmente competitivas.

f) A razão competitiva (RC) do sistema consorciado também foi obtida pela fórmula utilizada por Cecílio Filho *et al.* (2015), onde:

$$RC = RC_b + RC_c \quad (10)$$

$$RC_b = \left[\left(\frac{RET_b}{RET_c} \times \frac{Z_{cb}}{Z_{bc}} \right) \right] \quad (11)$$

$$RC_c = \left[\left(\frac{RET_c}{RET_b} \times \frac{Z_{bc}}{Z_{cb}} \right) \right] \quad (12)$$

onde: RC_b - a razão competitiva da beterraba em cultivo consorciado com feijão-caupi; e, RC_c - a razão competitiva do feijão-caupi em cultivo consorciado com beterraba; RET_b - a razão equivalente de terra parcial da beterraba; e, RET_c - a razão equivalente de terra parcial do feijão-caupi. Os termos Z_{cb} e Z_{bc} estão definidos anteriormente.

A razão competitiva fornece o grau exato de competição ao indicar o número de vezes que a espécie dominante é mais competitiva do que a espécie dominada (Eskandari & Ghanbari, 2010). A cultura com RC mais alta faz melhor uso dos recursos ambientais.

g) A perda de rendimento real (PRR) do sistema consorciado foi determinada pela expressão utilizada por Silva *et al.* (2021):

$$PRR = PRR_b + PRR_c \quad (13)$$

$$PRR_b = \left[\left\{ \left(\frac{Y_{bc}}{Z_{bc}} \right) \div \left(\frac{y_b}{Z_b} \right) \right\} - 1 \right] \quad (14)$$

$$PRR_c = \left[\left\{ \left(\frac{Y_{cb}}{Z_{lr}} \right) \div \left(\frac{y_c}{Z_c} \right) \right\} - 1 \right] \quad (15)$$

onde: PRR_b - perda de rendimento real da beterraba; PRR_c - perda de rendimento real do feijão-caupi; Y_{bc} - produtividade de raízes comerciais da beterraba consorciada com feijão-caupi; Z_{bc} - proporção de plantio da beterraba consorciada com feijão-caupi; y_b - produtividade de raízes comerciais da beterraba em monocultivo; Z_b - proporção de plantio da beterraba em monocultivo; Y_{cb} - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi consorciado com beterraba; Z_{cb} - proporção de plantio do feijão-caupi consorciado com beterraba; y_c - produtividade de grãos verdes de feijão-caupi em monocultivo; e Z_c - proporção de plantio de feijão-caupi em monocultivo.

Se $PRR > 0$, há vantagem do cultivo consorciado em relação ao monocultivo; se $PRR < 0$, há desvantagem do sistema de cultivo consorciado.

Para avaliar a viabilidade econômica dos sistemas consorciados, foram utilizados os indicadores de renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL). A RB foi determinada pelo produto da produção agrícola por hectare e o preço medio pago ao produtor no mercado da região em dezembro de 2022 e 2023. Os preços médios pagos foram de 13,00 R\$ kg⁻¹ para os grãos verdes de feijão-caupi e de 3,25 R\$ kg⁻¹ para as raízes comerciais de beterraba (CEASA-RN, 2024). Este indicador não considera os custos totais (CT) de produção dos produtos envolvidos. Conforme Cecílio Filho *et al.* (2010), os custos totais de produção em sistemas consorciados englobam todos os gastos por hectare a nível experimental, incluindo os serviços prestados pelo capital estável (depreciação, Mão de obra fixa e custos associados ao capital de giro), preços dos insumos e valor dos custos alternativos (também chamados de custos de oportunidade).

A RL foi calculada subtraindo-se da renda bruta (RB) os custos totais de produção (CT) do sistema por hectare. A TR foi obtida a partir da relação entre a renda bruta (RB) e os custos totais (CT), ou seja, $TR = RB/CT$, correspondendo ao valor em Reais (R\$) obtido para cada Real (R\$) investido na aplicação do tratamento do consórcio de beterraba e feijão-caupi. O IL foi obtido a partir da razão entre a renda líquida (RL) e a renda bruta (RB), expressa em porcentagem.

2.5 Análise estatística

Análises de variância univariadas em todos os índices e indicadores avaliados foram realizadas por meio do SAS *software* (SAS, 2015). Devido à homogeneidade das variâncias entre os anos de cultivos, uma média foi calculada entre esses anos para cada tratamento. Posteriormente, foi realizada análise de regressão em cada variável. Em seguida, foi ajustada uma superfície de resposta em função das quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e das densidades populacionais de plantas de feijão-caupi testadas usando o *software* Table Curve 3D (SYSTAT SOFTWARE, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índices agronômicos e de competição

Uma interação significativa entre as quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e as densidades populacionais de feijão-caupi foi registrada apenas no escore da variável canônica (Z) (Tabela 2). Por outro lado, nenhuma interação significativa foi registrada entre esses fatores-tratamentos testados nos outros índices agronomicos e de competição, a saber, relação equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi (IS_b), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (IS_c), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) nos sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de F para a relação equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z), índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi (ISb), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (ISc), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	RET	VC	IEP	Z	ISb	ISc	RC	PRR
Blocos	3	2,42 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,75*	5,20**	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,42 ^{ns}
Quantidades de biomassa (Q)	3	22,74**	7,30**	37,26**	64,29**	5,85**	5,85**	0,16 ^{ns}	22,76**
Densidades populacionais de feijão-caupi (D)	3	60,29**	20,45**	9,75**	154,33**	2,63 ^{ns}	2,63 ^{ns}	0,60 ^{ns}	60,36**
Q x D	9	0,60 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,96 ^{ns}	2,62*	0,73 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Regressão (Superfície de resposta)	2	29,30**	20,26**	29,43**	30,60**	12,38**	12,17**	7,28**	33,82**
Erro	45	0,003494	1,123537	0,000471	0,040658	0,001532	0,001535	0,000131	0,014430
CV (%)		7,82	11,91	6,39	5,61	61,84	-61,84	2,12	7,81

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo na $p \leq 0,05$ e na $p \leq 0,01$, e não-significativo na $p > 0,05$ pelo teste F; CV – Coeficiente de variação.

Um dos desafios no cultivo consorciado de uma hortaliça tuberosa (beterraba) com uma cultura leguminosa (feijão-caupi) é reconhecer se há vantagem agrônomo-biológica (devido à competição) nessa associação.

Uma superfície de resposta foi ajustada para todos esses índices agrônômicos dos sistemas consorciados em função das quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e das densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com a beterraba. Os valores dos índices agrônômicos RET, VC, IEP e Z aumentaram com o aumento das quantidades dos adubos verdes e com as densidades populacionais de feijão-caupi, alcançando os valores máximos de 1,27; 19,71; 0,94 e 3,60, respectivamente, nas combinações de 65 e 142; 68 e 142; 52,55 e 141, e 68 t ha⁻¹ dos adubos verdes incorporados ao solo e densidade populacional de 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D).

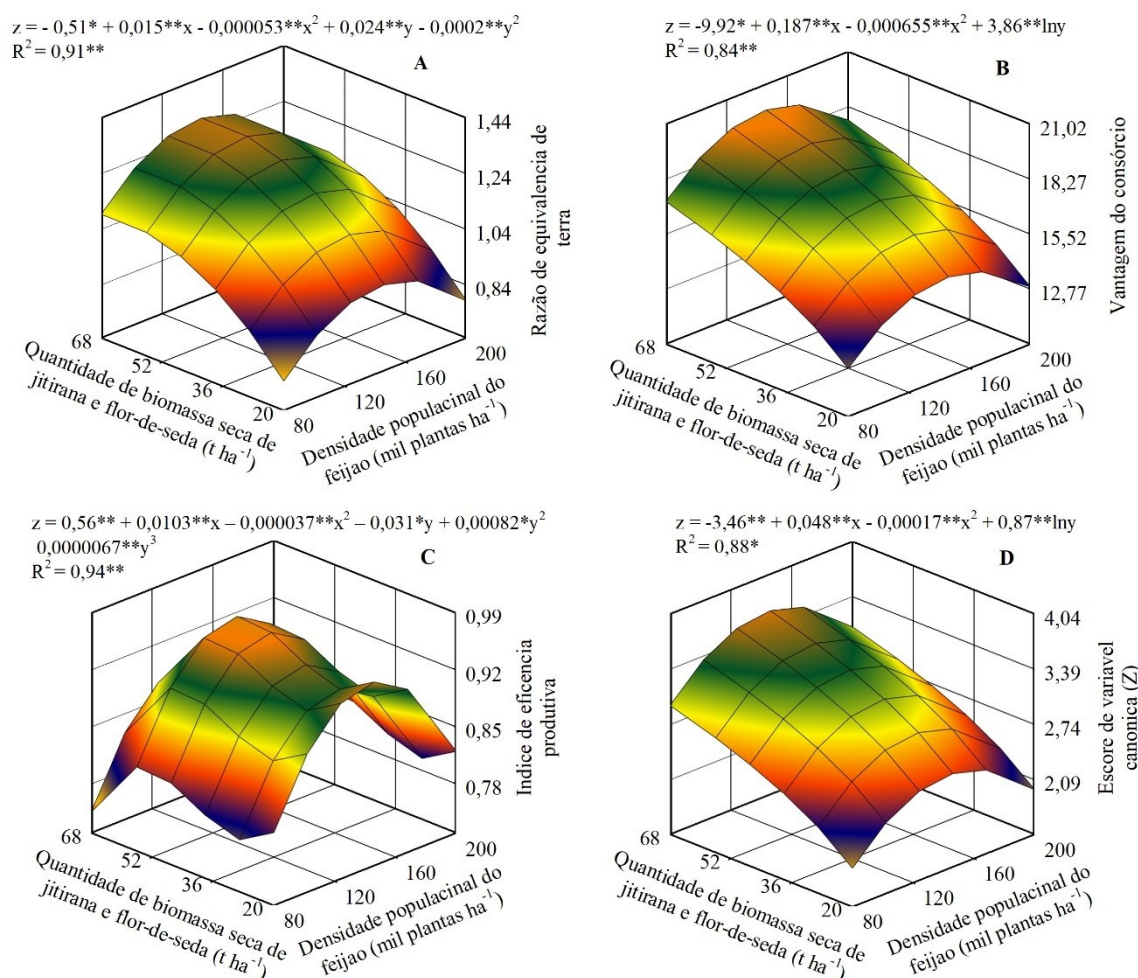


Figura 2. Relação equivalente de terra – RET (A), vantagem do consórcio – VC (B), índice de eficiência produtiva – IEP (C), escore da variável canônica – Z (D) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F

Os valores máximos obtidos para RET (1,27), VC (19,71), IEP (0,94) e Z (3,60) mostram que os sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi testados foram vantajosos (ver os valores de referência na descrição desses índices), determinados pelo grau de complementaridade no uso dos recursos ambientais entre as culturas componentes (Cecílio Filho *et al.*, 2015), podendo essas vantagens ser convertidas em lucros para o produtor.

Quando o valor da RET é maior que 1, o consórcio favorece o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das culturas componentes do sistema, expressando vantagem ao sistema consorciado. Quanto maior for o valor acima de 1, mais vantajoso será o sistema consorciado. Para VC e Z, quanto maiores e positivos forem esses valores, mais vantajosos agronomicamente os sistemas consorciados serão (Lino *et al.*, 2023; Andrade Filho *et al.*,

2020). O valor de VC, além de indicar vantagem agrônômica, pode ser considerado um indicador da viabilidade econômica dos sistemas consorciados (Dhima *et al.*, 2007). Os resultados obtidos com esses índices indicaram que todos os sistemas consorciados avaliados foram vantajosos. Por outro lado, para o IEP, quanto mais próximo esse valor estiver de 1, mais vantajoso agronomicamente será o sistema consorciado avaliado (Bezerra Neto *et al.*, 2012). Pelos resultados obtidos, observa-se que todos os sistemas consorciados avaliados foram vantajosos.

As vantagens obtidas nos sistemas consorciados avaliados, como mostram os índices agrônômicos, comprovam que a fertilização orgânica feita à base dos adubos verdes jitirana e flor-de-seda, em densidade populacional adequada da cultura secundária (feijão-caupi), melhorou as propriedades químicas do solo e contribuiu para a obtenção de maiores rendimentos dos sistemas consorciados. Segundo Higashikawa *et al.* (2022), compostos orgânicos podem substituir os fertilizantes minerais na cultura da cebola; além disso, o estudo evidencia que o uso de composto orgânico resultou em aumento da CTC e dos teores de M.O.S, P, K, Cu e Zn do solo. Lanna *et al.* (2018) relatam que a fertilização orgânica traz alguns benefícios ao solo, como aumento da penetração e retenção de água; melhoria da estrutura, aeração e porosidade; aumento da vida microbiana; aumento da disponibilidade e absorção de nutrientes para atender à demanda da cultura. Os resultados obtidos na máxima eficiência agrônômica desses índices permitem ao produtor de beterraba e feijão-caupi escolher a quantidade ideal dos adubos verdes para incorporação em combinação com a densidade ideal de plantio da cultura secundária baseado no indicador agrônômico que melhor lhe convier em termos de rendimento agrônômico do sistema consorciado.

Em relação aos índices de competição das culturas, foi registrado que o índice de superação da beterraba sobre o caupi (IS_c) cresceu com o aumento das densidades populacionais de feijão-caupi e com o aumento das quantidades dos adubos verdes aplicados, atingindo o valor máximo de 0,24 na combinação de 158 mil plantas de feijão-caupi por hectare e 68 t ha⁻¹ dos adubos verdes incorporados ao solo (Figura 3A).

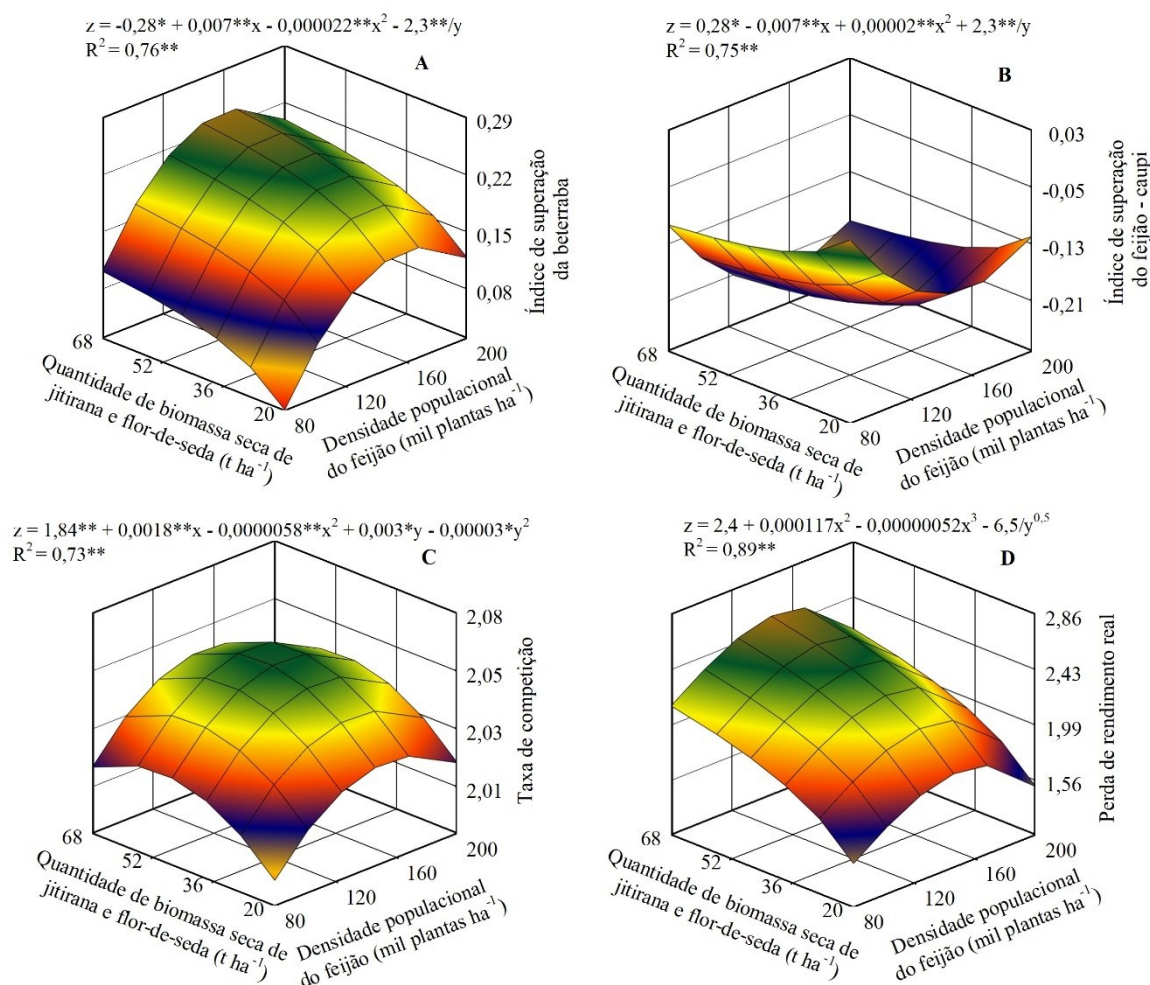


Figura 3. Índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi - ISb (A), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba - ISc (B), razão competitiva - RC (C) e perda de rendimento real - PRR (D) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Os valores positivos do índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi no consórcio indicam que esta tuberosa foi a cultura dominante no sistema e mais competitiva, tendo em vista que a densidade de plantio do feijão-caupi aumentou e as quantidades dos adubos verdes aumentaram até o ponto de máximo. Comportamento semelhante do sistema consorciado foi obtido por Sá *et al.* (2021), ao consorciar rabanete com rúcula em diferentes doses de fertilizantes orgânicos em diversas densidades populacionais da cultura folhosa, obtendo valores positivos do índice de superação do rabanete sobre a cultura folhosa, indicando que esta tuberosa foi a cultura dominante no sistema. Este comportamento pode ser atribuído a fatores relacionados à morfologia, fisiologia e necessidades nutricionais da cultura. Segundo Passos *et al.* (2019), a competitividade da cultura é proporcional ao aumento da densidade

populacional de plantas na área plantada. Assim, com o aumento da densidade populacional de feijão-caupi e com o aumento das quantidades dos adubos verdes, observou-se que a capacidade competitiva da beterraba aumentou, e a da cultura do feijão-caupi diminuiu.

Por outro lado, o índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (IS_c) aumentou com a diminuição das quantidades dos adubos verdes aplicados e com a diminuição das densidades populacionais de feijão-caupi, atingindo o valor máximo de -0,04 na combinação de 20 t ha⁻¹ dos adubos verdes incorporados ao solo e 80 mil plantas de feijão-caupi por hectare (Figura 3B). Os valores negativos do índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba indicam que essa leguminosa é a cultura dominada, considerando que a quantidade dos adubos verdes e a densidade populacional do feijão-caupi aumentaram. Esses resultados também indicam que o feijão-caupi tem menor capacidade de competição interespecífica quando comparada ao da beterraba, independentemente do número de plantas na área. Em geral, a densidade de plantas e a proporção relativa das culturas componentes são essenciais para determinar a eficiência dos sistemas consorciados. Segundo Zhang *et al.* (2015), a diferença na arquitetura das plantas, especialmente de cultura de raízes, determina como elas acessam e utilizam os nutrientes do solo.

A razão competitiva (RC) e a perda de rendimento real (PRR) dos sistemas consorciados testados aumentaram com o aumento das quantidades dos adubos verdes aplicados e com o aumento das densidades populacionais de feijão-caupi, atingindo os valores máximos de 2,05 e 2,49 nas combinações de 50,22 e 154 e 68 t ha⁻¹ dos adubos verdes aplicados e 150 mil plantas de feijão-caupi por hectare, respectivamente (Figuras 3C e 3D). Esses valores de RC e PRR, muito superior a 1, resultantes de aumento nas quantidades dos adubos verdes e das densidades populacionais de feijão-caupi, influenciaram positivamente a competição intra e interespecífica das culturas da beterraba e feijão-caupi, resultante do melhor aproveitamento dos recursos ambientais, proporcionando consórcios mais vantajosos do que seus monocultivos. A RC fornece o grau exato de competição ao indicar o número de vezes que a espécie dominante é mais competitiva do que a espécie dominada (Eskandari & Ghanbari, 2010). Por isso, é importante ressaltar que os valores da RC e da PRR forneçam informações precisas sobre a competição entre as culturas companheiras nos sistemas de consorciado, tanto intra quanto interespecífica (Dhima *et al.*, 2007). Diante disso, os valores obtidos nas relações competitivas mostram a capacidade de utilização dos recursos de forma mais eficiente, como luz, nutrientes e água (Nunes *et al.*, 2018). Por meio dos índices RC e PRR, é possível obter o grau adequado de competitividade entre as espécies, indicando o número de vezes que a espécie dominante é mais eficiente no uso desses recursos ambientais disponíveis do que a cultura dominada.

3.2 Indicadores econômicos

Não foi observada interação significativa entre as quantidades equitativas de biomassa de Jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e as densidades populacionais de feijão-caupi nos indicadores: renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) dos sistemas consorciados (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de F para a renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) dos sistemas consorciados de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	RB	RL	TR	IL
Blocos	3	4,05*	4,05*	4,07*	4,81**
Quantidades de biomassa de jitirana e flor-de-seda (Q)	3	43,86**	43,84**	42,24**	39,38**
Densidades populacionais de feijão-caupi (D)	3	111,39**	32,39**	30,97**	33,43**
Q x D	9	1,33 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Regressão (Superfície de resposta)	2	33,412**	15,40**	27,15**	53,88**
Erro	45	15483412	15551172	0,0088645	1,641079
CV (%)		6,13	10,90	6,43	2,85

Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo na $p \leq 0,05$ e na $p \leq 0,01$, e não-significativo na $p > 0,05$ pelo teste F; CV – Coeficiente de variação.

No entanto, uma superfície de resposta para todos esses indicadores econômicos dos sistemas consorciados foi ajustada de acordo com os fatores-tratamentos testados, quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com beterraba, onde os valores máximos para RB e RL de 87.115,24 e 52.392,71 R\$ ha⁻¹ foram obtidos nas combinações de quantidades equitativas de biomassa dos adubos verdes e densidades populacionais de feijão-caupi de 61,60 e 142 e de 49,96 t ha⁻¹ dos adubos verdes e 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare, respectivamente (Figuras 4A e 4B).

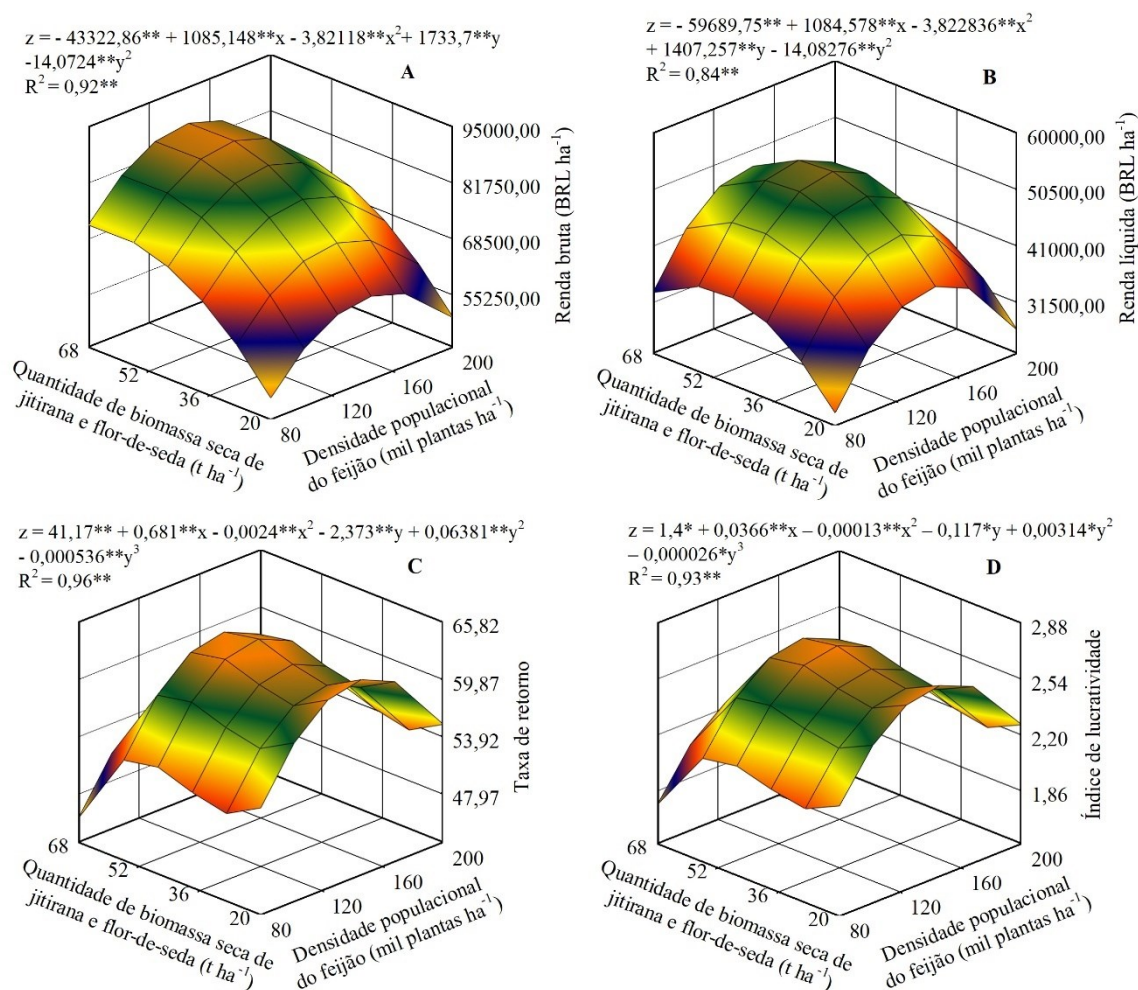


Figura 4 - Renda bruta – RB (A), renda líquida – RL (B), taxa de retorno – TR (C) e índice de lucratividade – IL (D) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes combinações de quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Para a TR e IL, os valores máximos de R\$ 2,72 para cada real investido e de 63,36% foram obtidos nas combinações de 49,46 e 142 e de 49,63 t ha⁻¹ dos adubos verdes e 142 mil plantas de feijão-caupi por hectare, respectivamente (Figuras 4C e 4D). Como podem ser observados, os valores de RB, RL, TR e IL aumentaram com o aumento das quantidades dos adubos verdes e das densidades populacionais de feijão-caupi (Figura 4). Essa harmonia no comportamento provavelmente se deve aos custos totais de produção de cada tratamento testado.

Lino *et al.* (2021a), avaliando o consórcio de beterraba e rúcula em função de quantidades equitativas crescentes de biomassa de jirirana e flor-de-seda incorporadas ao solo e densidades populacionais de rúcula, obtiveram valores máximos para RB e RL de 85.827,79 e 65.425,01 R\$ ha⁻¹, TR de R\$ 4,24 para cada real investido e IL de 77,02%. As diferenças

entre essa pesquisa e o trabalho de Lino *et al.* (2021a) se devem principalmente ao tipo de cultura secundária envolvida no consórcio (a cultura folhosa da rúcula), conseqüentemente também às diferenças nos custos totais de produção das culturas componentes que fazem parte dos sistemas do cultivo consorciado.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, os indicadores econômicos apontam que o consórcio entre a hortaliça beterraba e a leguminosa feijão-caupi, quando fertilizada com as espécies jitirana e flor-de-seda em densidade da cultura secundária adequada, é altamente promissor para o semiárido, pois converte benefícios bioagronômicos em eficiência econômica. Dessa forma, tal consórcio é visto como um sistema de produção eficiente e altamente econômico, pois aumenta a produção por unidade de área e melhora a eficiência do uso dos recursos ambientais.

4 CONCLUSÕES

O consórcio de feijão-caupi e beterraba é viável quando adequadamente adubado com biomassa de jitirana e flor-de-seda, pois expressa viabilidade e sustentabilidade agrônômica e econômica em ambiente semiárido.

Populações de feijão-caupi entre 120 e 160 mil plantas ha^{-1} e a máxima dose de jitirana e flor-de-seda (68 t ha^{-1}) ofereceram maiores vantagens agrônômico-biológicas ao sistema consorciado de beterraba e feijão-caupi.

Do ponto de vista econômico, quantidades intermediárias de jitirana e flor-de-seda (entre 36 e 52 t ha^{-1}) e populações de 120 a 160 plantas de feijão-caupi por hectare são as opções mais viáveis.

O uso da biomassa de jitirana e flor-de-seda mostrou-se uma tecnologia viável para produtores que praticam o cultivo consorciado de beterraba e feijão-caupi em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, F. C. *et al.* Agro-economic viability from two croppings of broadleaf vegetables intercropped with beet fertilized with roostertree in different population densities. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 52, p. 210-224, 2020.
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Productive viability and profitability of carrot-cowpea intercropping using different amounts of *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 62-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n107rc>
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Assessment of agroeconomic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni- and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, v. 14, p. 11-17, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.006>
- CEASA-RN. **Cotações**. 2024. Disponível em: <https://transparencia.ceasa.rn.gov.br/cotacoes>. Acesso em: 1º mar. 2024.
- CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Economic analysis of the intercropping of lettuce and tomato in different seasons under protected cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 326-336, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300015>
- CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Índices of bio-agroeconomic efficiency in intercropping systems of cucumber and lettuce in greenhouse. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 1154-1164, 2015. DOI: <http://hdl.handle.net/11449/168331>
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p.192-203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>
- DESRAVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>
- DHIMA, K. V. *et al.* Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, p. 249-256, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008>
- ESKANDARI, H. *et al.* Environmental resource consumption in wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) intercropping: Comparison of nutrient uptake and light interception. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 2, p. 100-103, 2010. DOI:10.15835/nsb.2.3.4787
- GUERRA, N. M. *et al.* Agroeconomic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 82-91, 2022. DOI: 10.1590/s0102-0536-20220111
- GUERRA, N. M. *et al.* Productive and agro-economic benefits in beet-lettuce intercropping under organic manuring and population densities. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e10510413883, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.13883
- HIGASHIKAWA, F. S. *et al.* Aplicações anuais de adubação mineral e orgânica em plantio direto de cebola: efeito no rendimento e na fertilidade do solo. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 130-153, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V21.2022.130-153.2490>

- LANNA, N. B. L. *et al.* Residual effect of organic fertilization on radish production. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 47-53, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180108>
- LINHARES, P. C. F. *et al.* Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agrônomo do coentro. **Ciência Rural**, v. 42, p. 243-248, 2012. DOI: 10.1590/S0103-84782012000200010.
- LINO, F. K. K. S. *et al.* Maximizing agro-bioeconomic benefits in intercropped systems of radish and lettuce in the semi-arid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 121-131, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p121-131>
- LINO, V. A. S. *et al.* Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 432-443, 2021a. DOI: 10.1590/s0102-0536-20210413
- LINO, V. A. S. *et al.* Bio-economic return from the green fertilizing and plant population in strip-intercropping of beet and rocket. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e20910817112, 2021b. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17112
- MEIRA, A. L. *et al.* **Plantas companheiras**. São Paulo: Coordenação de Agroecologia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.
- NUNES, R. L. C. *et al.* Agro-economic responsiveness of radish associations with cowpea in the presence of different amounts of *Calotropis procera*, spatial arrangements and agricultural crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 350-364, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018424010318
- OLIVEIRA NETO, D. H. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3 p. 330-334, 2011. DOI: 10.1590/S0102-05362011000300012
- PASSOS, F. D. A. *et al.* Produtividade de milho em diferentes populações de plantio. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, p. 1-11, 2019.
- PEREIRA, M. F. S. *et al.* Productive performance of cowpea-radish intercropping 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. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p965-971
- SÁ, J. M. *et al.* Agro-economic efficiency in radish-arugula intercropping as a function of green manuring and population density. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e5310514867, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14867
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- SAS. SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.

SILVA, I. N. *et al.* Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 451-457, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p451-457>

SILVA, J. N. *et al.* Sustainability of carrot-cowpea intercropping systems through optimization of green manuring and spatial arrangements. **Ciência Rural**, v. 51, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190838>

SYSTAT SOFTWARE INC. **Table curve 3D Academic Edition**. San Jose, CA: Systat Software Inc, 2021.

ZHANG, W. *et al.* Temporal and spatial distribution of roots as affected by interspecific interactions in a young walnut/wheat alley cropping system in northwest China. **Agroforestry Systems**, v. 89, p. 327-343, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9770-x>

CAPÍTULO 3 – QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA E FEIJÃO-CAUPI EM CONSÓRCIO SOB EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE E DENSIDADE DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI

RESUMO

O cultivo consorciado entre plantas e a adubação verde promove ganhos de produtividade das culturas, e esses benefícios se estendem à qualidade pós-colheita das hortaliças. Objetivou-se avaliar a influência da adubação verde e densidade de plantio na qualidade de beterraba e feijão-caupi em diferentes safras. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com tratamentos dispostos em esquema fatorial 4×4 , com quatro repetições. Quatro quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda (20, 36, 58 e 68 t ha^{-1} em base seca) e quatro densidades populacionais de feijão-caupi (80, 120, 160 e 200 mil plantas ha^{-1}) foram testadas. Na cultura da beterraba, foram avaliados pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, betalaína e cor. Nos grãos verdes do feijão caupi, foram avaliados os teores de pigmentos fotossintetizantes. A qualidade pós colheita da beterraba e do feijão-caupi não foi alterada com o cultivo consorciado dessas culturas. A dose de 68 t ha^{-1} de jitirana e flor-de-seda promoveu melhores resultados na qualidade pós-colheita das raízes de beterraba e nos grãos verdes de feijão-caupi. A beterraba foi mais beneficiada quando cultivada em densidades de 110 a 200 mil plantas de feijão-caupi/ha; por sua vez, o feijão-caupi foi mais beneficiado na densidade de 200 mil plantas por hectare. Ambos os cultivos se beneficiaram da adubação verde, resultando em melhor qualidade pós-colheita.

Palavras-chave: Pigmentos fotossintetizantes. Adubação orgânica. Qualidade de raízes. Betalaína.

CHAPTER 3 - POST-HARVEST QUALITY OF BEETROOT AND COWPEA IN INTERCROPPING SYSTEMS UNDER THE EFFECTS OF GREEN MANURE AND COWPEA PLANTING DENSITY

ABSTRACT

Intercropping and green manure promote increased crop productivity, and these benefits include the post-harvest quality of vegetables. This study aimed to evaluate the influence of green manure and planting density on the quality of beetroot and cowpea in different seasons. A randomized complete block design was used, with treatments arranged in a 4×4 factorial scheme with four replications. Four equal amounts of jitirana and silk flower biomass (20, 36, 58, and 68 t ha⁻¹ on a dry basis) and four cowpea population densities (80, 120, 160, and 200 thousand plants ha⁻¹) were tested. In beetroot, pH, soluble solids, titratable acidity, total soluble sugars, betalain, and color were evaluated. In green cowpea grains, photosynthetic pigment content was evaluated. Post-harvest quality of beetroot and cowpea was not altered by intercropping. The dose of 68 t ha⁻¹ of jitirana and silk flower promoted better post-harvest quality of beetroot roots and green cowpea grains. Beetroot benefited more when cultivated at densities of 110 to 200 thousand cowpea plants ha⁻¹, while cowpea benefited more at a density of 200 thousand plants ha⁻¹. Both crops benefited from green manure, resulting in improved post-harvest quality.

Keywords: photosynthetic pigments, organic fertilization, root quality, betalain.

1 INTRODUÇÃO

A beterraba e o feijão-caupi são culturas de grande relevância econômica e nutricional, especialmente para a região Nordeste do Brasil. A beterraba destaca-se por seu alto teor de nutrientes e antioxidantes, ao passo que o feijão-caupi é uma valiosa fonte de proteínas e vitaminas, ambos com significativo potencial para o consumo humano e a promoção da segurança alimentar (ABCSEM, 2020). A aceitação desses alimentos no mercado consumidor está fortemente ligada a atributos sensoriais, como aparência, sabor e qualidade nutricional. Esses fatores, por sua vez, estão diretamente associados a características físico-químicas, incluindo cor, teor de clorofila e carotenoides, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (AT) e potencial hidrogeniônico (pH) (Silva *et al.*, 2023).

A beterraba pode ser cultivada de forma consorciada com outras culturas, como feijão-caupi, rúcula e alface. Essa prática proporciona mais aproveitamento dos recursos disponíveis, incluindo a melhor exploração do solo, da água, dos nutrientes, da luminosidade e da Mão de obra. Como resultado, é possível reduzir os custos de produção e otimizar o rendimento das propriedades agrícolas. Além disso, os mesmos autores observaram que a adubação verde com jitirana (*Merremia aegyptia*) e a flor-de-seda (*Calotropis procera*) é uma alternativa eficaz para a disponibilização de nutrientes às plantas. Essa prática pode substituir os fertilizantes químicos, contribuindo para a produção de alimentos mais saudáveis e ambientalmente sustentáveis (Chaves *et al.*, 2020; Lino *et al.*, 2023; Guerra *et al.*, 2022).

Apesar dos inúmeros benefícios provenientes do cultivo consorciado e da adubação verde, essas práticas, quando utilizadas sem os devidos cuidados, podem afetar negativamente a qualidade pós-colheita das raízes de beterraba e dos grãos de feijão-caupi. Altas densidades populacionais e baixa disponibilidade de nutrientes essenciais provocam mudanças no metabolismo das plantas, alterando sua fisiologia, morfologia e, sobretudo, suas interações bioquímicas, prejudicando o desenvolvimento das culturas e reduzindo sua qualidade pós-colheita (Bezerra Neto *et al.*, 2005; Taiz *et al.*, 2017). Portanto, é essencial aprofundar o conhecimento sobre a população ideal de plantas por hectare, bem como as quantidades recomendadas de jitirana e flor-de-seda, visando ao desenvolvimento adequado da beterraba e do feijão-caupi no sistema consorciado.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação à base de jitirana e flor-de-seda, utilizadas como adubo verde, bem como o impacto de diferentes densidades populacionais de feijão-caupi no consórcio com a beterraba, na qualidade pós-colheita das

raízes de beterraba e nos teores de pigmentos fotossintetizantes dos grãos verdes de feijão-caupi, em dois cultivos realizadas no semiárido brasileiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos em condições de campo, sendo o primeiro de setembro a dezembro de 2022 e o segundo de setembro a novembro de 2023, na Fazenda Experimental 'Rafael Fernandes' da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), nas coordenadas geográficas de 5° 03' 37" S e 37° 23' 50" W, na altitude de 80 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSh – seco e muito quente, apresentando duas estações distintas: uma estação seca tipicamente de junho a janeiro, e uma estação chuvosa de fevereiro a maio. Os dados meteorológicos diários, coletados durante o período experimental, estão apresentados na Figura 1.

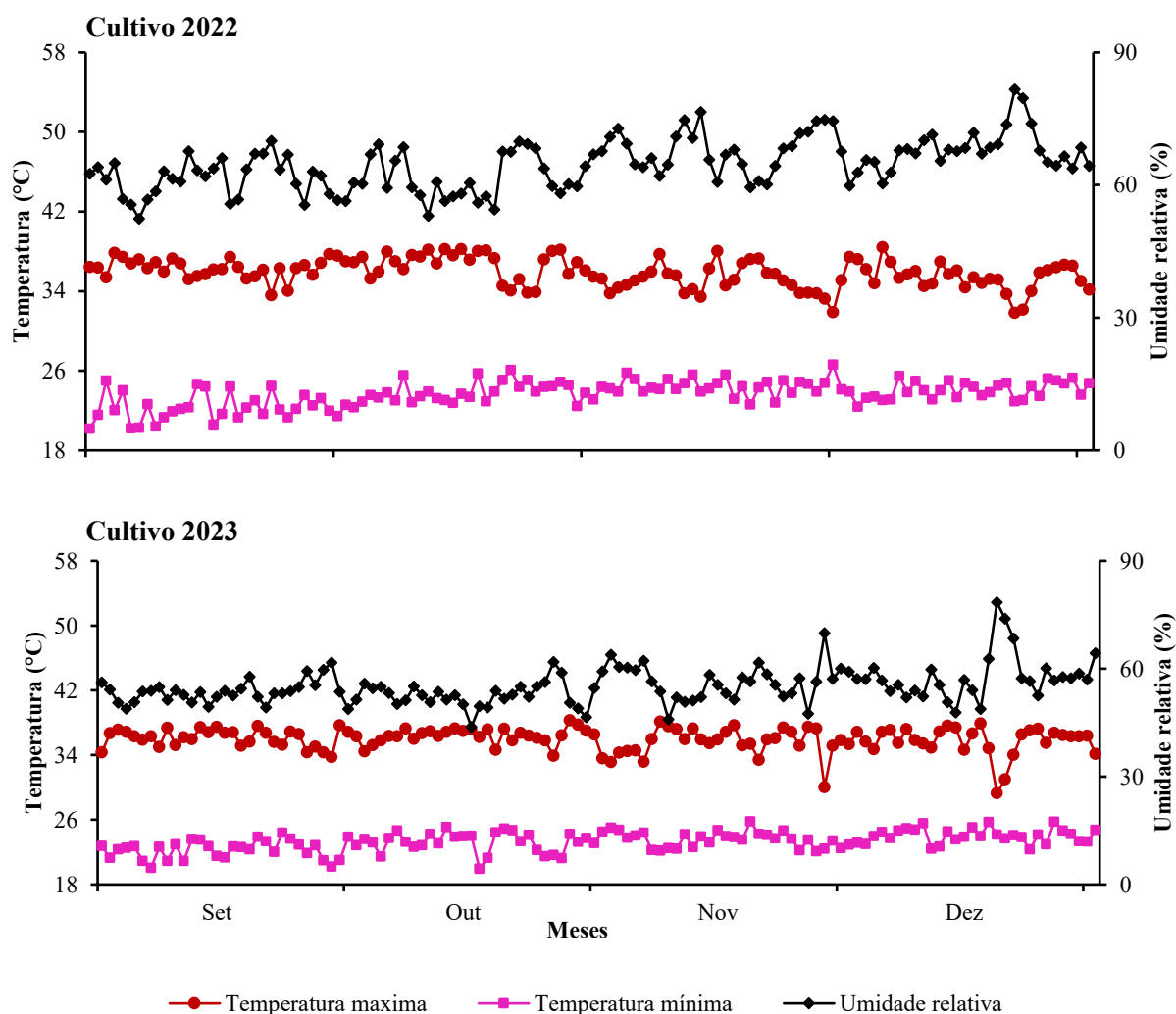


Figura 1. Dados meteorológicos diários das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa em cada ano de cultivo do consórcio beterraba x feijão-caupi. Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Rafael Fernandes.

Os solos das áreas experimentais foram classificados como típicos Argissolos Vermelhos (Santos *et al.*, 2018). Para caracterizar esses solos, amostras compostas da camada superficial (0-20 cm de profundidade) foram coletadas e submetidas a análises químicas em laboratório. Os resultados das análises químicas dos solos estão disponíveis na tabela 1.

Tabela 1. Análise química dos solos antes da incorporação dos adubos verdes nos cultivos 2022 e 2023.

Atributos		Anos de cultivo		Atributos		Anos de cultivo	
		2022	2023			2022	2023
pH	H ₂ O	7,40	5,80	P	mg dm ⁻³	6,00	7,00
CE	dS m ⁻¹	0,34	0,41	Cu	mg dm ⁻³	0,20	0,22
MO	g kg ⁻¹	7,84	13,25	Fe	mg dm ⁻³	5,20	18,70
K	mmol _c dm ⁻³	1,35	1,77	Mn	mg dm ⁻³	10,80	4,90
Mg	mmol _c dm ⁻³	5,90	2,70	Zn	mg dm ⁻³	1,10	0,60

Ca	mmol _c dm ⁻³	3,28	8,40	B	mg dm ⁻³	0,34	0,44
Na	mmol _c dm ⁻³	1,74	1,49				

Fonte: A autora (2025). pH: potencial hidrogeniônico; C.E.: condutividade elétrica; M.O.: matéria orgânica; K⁺: potássio; Mg²⁺: magnésio; Ca²⁺: cálcio; Na⁺: sódio; P: fósforo; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; B: boro.

2.2 Instalação e condução do experimento

Em ambos os experimentos, foi utilizado delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4x4 com quatro repetições. O primeiro fator experimental compreendeu diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda aplicados ao solo (20, 36, 52 e 68 t ha⁻¹) na base seca), o segundo fator variou a densidade de plantas de feijão-caupi por hectare (80, 120, 160 e 200 mil plantas). Foram incluídas parcelas com monoculturas de beterraba e feijão-caupi em cada bloco experimental, essas receberam as quantidades otimizadas de biomassa de jitirana e flor-de-seda (49,87 e 50,48 t ha⁻¹), respectivamente), conforme recomendações de estudos anteriores (Lino *et al.*, 2021a; Desravines *et al.*, 2022).

O consórcio da beterraba com feijão-caupi foi estabelecido em faixas alternadas, com 50% da área destinada à beterraba e os outros 50% ao feijão-caupi. Cada parcela experimental, com dimensões de 3,00 m por 1,20 m (área total de 3,60 m²), foi composta por duas faixas de quatro fileiras de cada cultura. Para evitar efeitos de borda, duas fileiras de beterraba e duas de feijão-caupi foram plantadas nas laterais de cada parcela. A área útil para coleta de dados foi de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m), correspondendo à área central da parcela.

O monocultivo da beterraba foi estabelecido em uma área total de 1,44 m² (1,20 m x 1,20 m), com seis fileiras, e uma área útil de 0,80 m² (0,80 m x 1,00 m), correspondendo às quatro fileiras centrais da parcela. Por outro lado, o monocultivo do feijão-caupi foi implantado em uma área total de 3,60 m² (3,00 m x 1,20 m), com seis fileiras, e uma área útil de 2,00 m² (2,00 m x 1,00 m), também considerando apenas as quatro fileiras centrais. Em ambos os sistemas, as bordaduras e as plantas das extremidades das fileiras foram excluídas da coleta de dados. Os detalhes dos espaçamentos utilizados nas parcelas experimentais do consórcio beterraba x feijão-caupi e nos monocultivos de beterraba e feijão-caupi encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição das densidades populacionais de beterraba e feijão-caupi utilizadas nos sistemas consorciados e nos monocultivos, em seus respectivos espaçamentos.

Densidades populacionais das culturas consorciadas (mil plantas ha ⁻¹)	Espaçamentos (m)
--	------------------

Beterraba	Feijão-caupi	Beterraba	Feijão-caupi
500	80	0,25 x 0,04	0,25 x 0,20
500	120	0,25 x 0,04	0,25 x 0,15
500	160	0,25 x 0,04	0,25 x 0,12
500	200	0,25 x 0,04	0,25 x 0,10
Densidades populacionais das culturas em monocultivo (mil plantas ha⁻¹)			
Beterraba	500	0,20 x 0,10	
Feijão-caupi	200		0,50 x 0,10

Fonte: A autora (2025).

As áreas experimentais foram preparadas para o plantio por meio de limpeza mecânica do solo, utilizando um trator com arado. Após a aração, os canteiros foram moldados com um encanteirador. Foi realizada solarização pré-plantio nesses canteiros com plástico transparente tipo Vulca Brilho Bril Flex (30 microns), onde permaneceu por 30 dias para combater os microrganismos fitopatogênicos presentes no solo, que poderiam afetar a produtividade das culturas.

Após o período de solarização, os materiais utilizados como fertilizantes verdes foram incorporados ao solo em duas etapas distintas, utilizando ferramentas manuais como a enxada. Na primeira etapa, 50% da quantidade total de cada tratamento foram incorporados ao solo, antes do plantio das culturas. A segunda etapa de incorporação ocorreu 20 dias após a semeadura, sendo adicionados os 50% restantes dos fertilizantes verdes em sulcos abertos entre as linhas de plantio.

A jitirana e a flor-de-seda, utilizadas como adubos verdes, foram coletadas em diversas áreas da zona rural de Mossoró-RN, na fase pré-floração, a fim de garantir maior concentração de nutrientes. Após a coleta, o material vegetal foi triturado em uma forrageira até obter fragmentos de 2 a 3 cm de comprimento. Em seguida, os materiais foram desidratados em condições ambientes até atingirem aproximadamente 10% de umidade. Por fim, as amostras foram encaminhadas para laboratório para análises químicas dos teores de nutrientes (Tabela 3).

Tabela 3 - Análises químicas dos macronutrientes presentes na jitirana e flor-de-seda usados como adubos verdes nos anos de cultivos de 2022 e 2023.

Adubos verdes	Teor de macronutrientes dos adubos verdes g kg ⁻¹					
	2022					
	N	P	K	Mg	Ca	C/N
	g kg ⁻¹					
Jitirana	18,98	2,65	34,6	5,18	18,43	25/1
Flor-de-seda	15,35	1,25	33	5,29	10,28	27/1

Adubos verdes	2023					
	N	P	K	Mg	Ca	C/N
	----- g kg ⁻¹ -----					
Jitirana	18,59	2,58	32,8	4,48	17,88	24/1
Flor-de-seda	14,66	1,27	31	5,4	11,6	28/1

Fonte: A autora (2025). N: nitrogênio; P: fósforo; K⁺: potássio; Mg²⁺: magnésio; Ca²⁺: cálcio; C/N: relação carbono nitrogênio.

As cultivares escolhidas para o experimento foram ‘*Early Wonder*’ para a beterraba e a ‘BRS Tumucumaque’ para o feijão-caupi. As sementes foram plantadas em covas com profundidade aproximada de 3 cm, sendo depositadas três a quatro sementes por cova e cobertas com substrato comercial para favorecer a germinação. O desbaste da beterraba e do feijão-caupi foi realizado aos 14 e sete dias após a semeadura, respectivamente, sendo mantida apenas uma planta por cova em ambas as culturas, tanto no sistema consorciado quanto no monocultivo. Durante o ciclo das culturas, foram realizadas capinas manuais e operações de amontoa na cultura da beterraba, sempre que necessário. Durante as duas safras de cultivo, apareceram algumas lagartas desfolhadoras e cercosporiose, controladas com Azamax® e Trichodermil®, respectivamente. Ambos são bioinseticidas recomendados para cultivos orgânicos.

A irrigação das culturas foi realizada diariamente, utilizando o sistema de microaspersão, dividido em dois turnos: manhã e tarde. A quantidade de água aplicada foi determinada com base no coeficiente de cultivo (Kc) da cultura principal do sistema (beterraba), com valor médio de 0,83 para a região (Oliveira Neto *et al.*, 2011), permitindo o fornecimento de uma lâmina de aproximadamente 8 mm por dia.

A colheita da beterraba ocorreu aos 65 dias após semeadura (DAS) no primeiro cultivo e aos 69 DAS no segundo cultivo. Por sua vez, o feijão-caupi foi colhido em diferentes momentos: no primeiro cultivo, as colheitas foram realizadas aos 57 e 60 DAS, ao passo que no segundo cultivo as colheitas ocorreram aos 48, 51 e 56 DAS. Após a colheita, tanto a beterraba quanto o feijão-caupi foram encaminhados para análises em laboratório.

2.3 Características avaliadas

As raízes de beterraba classificadas como comerciais (acima de 4 cm de diâmetro e isentas de deformidades, segundo Lino *et al.* (2021) foram submetidas a um processo de preparo para as análises. Inicialmente, foram lavadas em água corrente e secas em ambiente. Em seguida, foram trituradas em um processador extrator de sucos Juiceman® 3 em 1 JM3000 até a obtenção de aproximadamente 70 mL de suco. O suco obtido foi fracionado em alíquotas para

cada análise específica e todas as determinações foram realizadas em duplicata.

Para a determinação dos sólidos solúveis (SS), utilizou-se refratômetro digital portátil, modelo 104-D®, com correção automática de temperatura. Duas gotas do suco foram colocadas diretamente no prisma do refratômetro e a leitura foi expressa em °Brix. O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido em um medidor de pH de bancada, modelo 016A. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação ácido-base, utilizando-se alíquota de 1 mL do suco diluída em 49 mL de água destilada. Após a adição de duas gotas de fenolftaleína como indicador, a amostra foi titulada com solução padrão de NaOH 0,1 N até o ponto de viragem (róseo claro). Os resultados da titulação foram utilizados para calcular a acidez titulável, expressa em % de ácido cítrico (Equação 1). A razão entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável (SS/AT) foi calculada de acordo com as metodologias descritas por AOAC (2012) e IAL (2008).

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{10 \times \text{Fator do ácido} \times \text{Fator do NaOH} \times \text{NaOH gasto (ml)}}{\text{peso da amostra (g)}} \quad (1)$$

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada pelo método da antrona, proposto por Yemm e Willis (1954). Uma alíquota de 1 mL do suco foi diluída em 99 mL de água destilada e, em seguida, uma alíquota de 50 µL dessa solução diluída foi adicionada a um tubo de ensaio contendo 950 µL de água destilada. Os tubos permaneceram imersos em água gelada enquanto 2 mL de solução de antrona foram adicionados; em seguida, foram levados para o banho-maria em ebulição por oito minutos e depois resfriados em água fria. Para a construção da curva padrão, foram utilizadas soluções de glicose em diferentes concentrações (0, 5, 10, 15, 20, 25 30, 35 e 40 µg L⁻¹). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm, e os resultados foram expressos em porcentagem de açúcares totais, calculados pelas equações (2), (3) e (4).

$$\text{Concentração} = \frac{(\text{Absorbância} \pm b)}{a} \quad (2)$$

Onde *a* e *b* se referem a curva

$$\text{Massa do material} = \frac{(\text{Peso da amostra (g)} \times \text{alíquota (µg)})}{\text{diluição (ml)}} \quad (3)$$

$$\text{AST \%} = \frac{(\text{Concentração} \times 100)}{\text{massa do material}} \quad (4)$$

Para quantificar o teor de betalaína das raízes de beterraba, utilizou-se 1 mL de extrato de beterraba diluído em 99 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 536 nm. A quantificação foi realizada de acordo com a Lei de Beer Lambert-Bouguer, modificada por Tang e Norziah (2007)

$$B(mg L^{-1}) = \frac{Abs * 550 * 1000}{60000 * 1} \quad (5)$$

A determinação da cor interna das raízes de beterraba foi realizada por meio de um colorímetro Minolta CR-410 calibrado em superfície de porcelana branca, sob condições de iluminação e expresso no módulo de coordenadas L^* , a^* e b^* , que descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional. Para tanto, as raízes foram cortadas transversalmente e a leitura da cor foi realizada em duas posições distintas. A coordenada L^* representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco). A coordenada a^* indica a posição da cor entre o verde ($-a^*$) e o vermelho ($+a^*$), ao passo que a coordenada b^* representa a posição entre o azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$). A fim de obter informações mais precisas sobre a tonalidade e a saturação da cor, os valores de a^* e b^* foram convertidos para os índices de tonalidade h° (ângulo Hue) e saturação C^* (Croma), utilizando as equações propostas por McGuire (1992).

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (6)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (7)$$

No feijão-caupi, foram avaliados os teores de clorofila a , b , total e carotenoides. Para isso, dois grãos verdes de feijão-caupi foram macerados em um aumofariz, em seguida a amostra macerada foi pesada e colocada dentro de tubos de ensaio rosqueado com 15 mL de acetona a 80%, após o período de 24 horas foi realizada a leitura no espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 645, 652 e 663 nm. Com os valores do peso, volume do extrato e da absorbância no comprimento de onda indicado, foram calculados os teores de clorofila a (cl a), clorofila b (cl b), clorofila total (cl total) e dos carotenoides (car), conforme as equações (8), (9), (10) e (11) (Barbosa *et al.*, 2008):

$$Cl\ a\ (mg/g^{-1}) = \frac{(12,7 * A_{663} - 2,69 * A_{645}) * V}{1000 * P} \quad (8)$$

$$Cl\ b\ (mg/g^{-1}) = \frac{(22,9 * A_{645} - 4,68 * A_{663}) * V}{1000 * P} \quad (9)$$

$$Cl\ total\ (mg/g^{-1}) = \frac{(A_{652} * 1000) * \left(\frac{V}{1000 * P}\right)}{34,5} \quad (10)$$

$$Car\ (mg/g^{-1}) = \frac{\left[\frac{(1000 * A_{470} - 3,27 * Cl\ a - 104 * Cl\ b)}{229}\right]}{1000 * P} \quad (11)$$

Onde: A = absorbância no comprimento de onda indicado; V = volume da acetona mais os grãos verdes de feijão-caupi e P = peso dos grãos verdes de feijão-caupi. Os teores foram expressos em mg g⁻¹.

2.4 Análise estatística

Análise de variância univariada foi utilizada para avaliar a homogeneidade das variâncias entre os cultivos em cada variável analisada, por meio do *software* SAS (SAS, 2015). Dada a homogeneidade das variâncias (observada do cumprimento do pressuposto de que a razão dos quadrados médios dos erros dos dois cultivos não deve ser superior a 7), uma média dos valores obtidos em cada tratamento nos dois cultivos foi calculada (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002). Em seguida, foi realizada análise de regressão para cada variável, utilizando procedimento de ajuste de uma superfície de resposta em função das quantidades dos adubos verdes e das densidades populacionais do feijão-caupi, por meio do *software* Table Curve 3D (Systat Software, 2021). O teste F foi utilizado para verificar se houve diferença significativa entre o sistema consorciado e monocultivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Qualidade das raízes de beterraba

Os resultados da análise de variância e regressão das características pH, SS, AT, SS/AT, AST e betalaína da beterraba estão apresentados na Tabela 4. Não foi observada interação significativa entre os fatores-tratamento (densidades populacionais do feijão-caupi e quantidades de adubos verdes), entretanto observou-se diferenças significativas entre os

sistemas de cultivos (monocultivo e consorciado) nas variáveis pH, AT, -SS/AT e AST, evidenciando que o sistema de cultivo consorciado sobressaiu-se ao sistema de monocultivo.

Tabela 4. Valores de F para pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), açúcares solúveis totais (AST), e betalaina (Bet.) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e em densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	pH	SS	AT	SS/AT	AST	Bet.
Blocos	3	1,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	7,87**	1,70 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,28 ^{ns}	5,95**	332,68**
Quantidades de adubo verde (Q)	3	10,43**	3,31*	1,08 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,36*	263,39**
D x Q	9	2,13 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,24 ^{ns}	33,70 ^{ns}
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	6,01*	8,85 ^{ns}	7,09*	101,73**	4,25*	2,91 ^{ns}
Regressão (Superfície de resposta)		11,39	16,34	567,55	10,28	38,94	10,07
Erro		0,00594	0,03499	9,55E-08	2,44525	0,02001	12,24383
Sistemas de cultivos		pH	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT (%)	AST (%)	Bet. (mg 100g)
Monocultivo		6,075 b	8,375 a	0,154 a	36,775 b	5,982 b	44,220 a
Consortado		6,234 a	9,500 a	0,134 b	70,75906 a	6,604 a	47,817 a
CV (%)		2,03	7,78	11,03	9,51	8,90	16,75

Fonte: A autora (2025).

Uma superfície de resposta foi ajustada em todas essas características da beterraba em função dos fatores-tratamentos, quantidades dos adubos verdes e densidades populacionais de plantas de feijão-caupi consorciadas com beterraba (Figuras 4 e 5).

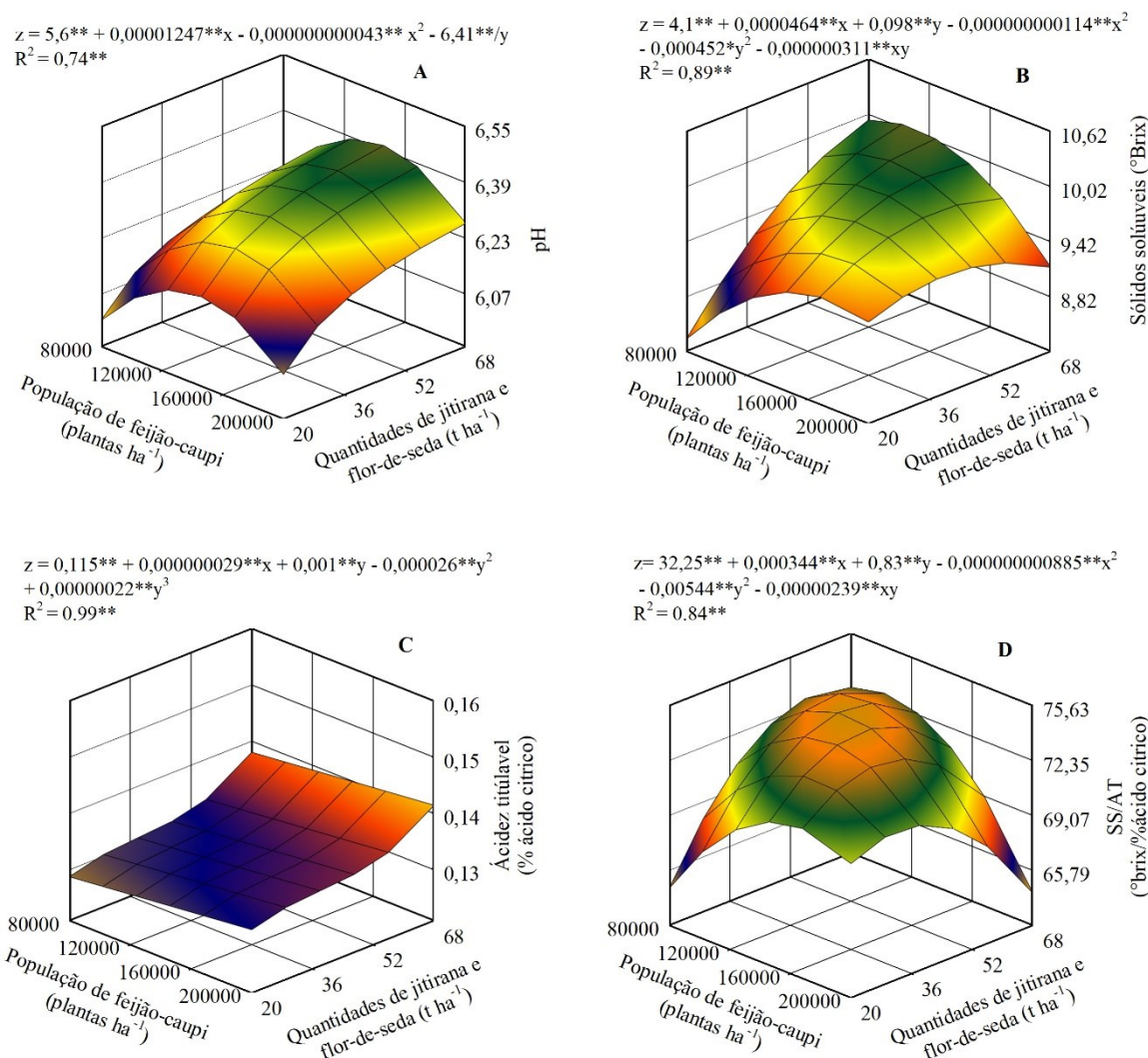


Figura 2 - pH (A), sólidos solúveis (B), acidez titulável (C), e relação sólidos solúveis e acidez titulável (D), da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F

Observe-se que o pH, os sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT) foram influenciados pelas quantidades de jirirana e flor-de-seda utilizadas como adubo verde. À medida que as quantidades de jirirana e flor-de-seda aumentam, também ocorre incremento dos valores de pH, SS e AT. Os maiores valores de pH (6,4), SS (10,06%) e AT (0,14%) foram alcançados utilizando a dosagem máxima de adubo verde a base de jirirana e flor-de-seda (68 t ha⁻¹), combinado com as populações de 145, 110 e 200 mil plantas de feijão-caupi por hectare. A relação SS/AT apresentou seu maior valor (74,41) na dose de 47 t ha⁻¹ de jirirana e flor-de-seda e na população de 130 mil plantas de feijão-caupi por hectare.

Semelhantemente a Guerra *et al.* (2022) e Lino *et al.* (2023), nossos resultados

evidenciam que tanto a densidade populacional da cultura secundária quanto as quantidades de adubo verde à base de jitrana e flor-de-seda exercem papel importante na determinação dos parâmetros pós-colheita da beterraba.

A escolha de uma espécie companheira Fabaceae, como o feijão-caupi, no consórcio é estratégica para o cultivo da beterraba. Essas plantas fixam nitrogênio (N) atmosférico, enriquecendo o solo e aumentando a disponibilidade desse nutriente para a beterraba. N é fundamental para a síntese de aminoácidos e açúcares, contribuindo para o aumento do teor de Brix na raiz da beterraba (Taiz *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2021).

Parâmetros como pH, SS, AT e a relação SS/AT influenciam diretamente o sabor dos alimentos. A diminuição da acidez aumenta a doçura e intensifica o sabor de frutas e hortaliças. Os sólidos solúveis são utilizados para avaliar o grau de doçura, ao passo que a relação SS/AT reflete o equilíbrio entre açúcares e ácidos, determinando o sabor final do produto (Chitarra; Chitarra, 2005; Pacheco *et al.*, 2021). Uma maior razão SS/AT resulta em um sabor mais doce (Silva *et al.*, 2023). Portanto, a avaliação desses parâmetros é crucial, uma vez que alta produtividade não garante a aceitação do consumidor se o sabor da beterraba não for agradável.

Observa-se que os fatores quantidades de adubo verde a base de jitrana e flor-de-seda e populações de feijão-caupi afetaram as características açúcares solúveis totais (AST) e betalaína (Figura 3).

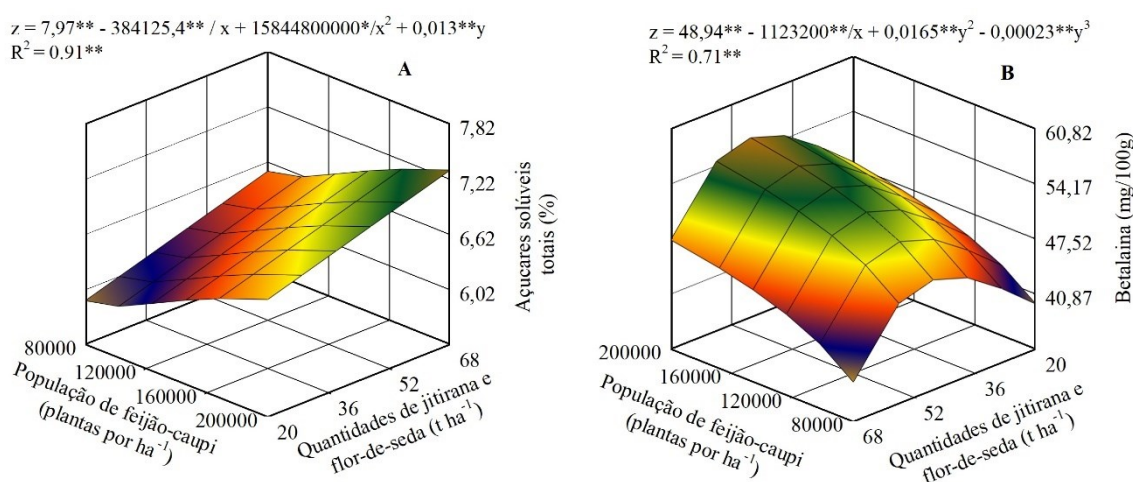


Figura 3 - Açúcares solúveis totais (A) e betalaína (B) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Os maiores teores de AST (7,32%) e betalaína foram obtidos com 68 e 47,9 t ha⁻¹ de adubo verde à base de jitrana e flor-de-seda, respectivamente, e na maior densidade

populacional de feijão caupi (200 mil plantas por hectare) (Figura 4). Comportamento semelhante foi encontrado em um estudo realizado por Lino *et al.* (2023), que também observaram que a dosagem de jitirana e flor-de-seda e a população da cultura secundária afetam essas características na beterraba.

O teor de AST pode estar relacionado à fixação de N atmosférico pelo feijão-caupi e pela mineralização do K e do N da jitirana e flor-de-seda ao longo do ciclo da beterraba. Esses nutrientes participam do processo de formação e translocação de açúcares e aumentam a concentração de sacarose, atuando na composição de aminoácidos (Taiz *et al.*, 2017). No entanto, o acúmulo de SS e, conseqüentemente, os teores de AST, nem sempre estão relacionados a uma maior quantidade de adubo incorporado ao solo, conforme observado por Guerra *et al.* (2022) e Silva *et al.* (2023).

O teor de betalaína está diretamente relacionado à cor da raiz da beterraba, sendo a tonalidade vermelho-arroxeadada resultado da presença desses pigmentos. De acordo com Sokolova *et al.* (2024), o teor de betalaína em cultivares de beterraba marrons pode ser até 77% maior do que em cultivares de beterraba amarela. O teor de nitrogênio no solo durante o desenvolvimento da beterraba pode influenciar diretamente o teor de betalaína em suas raízes, uma vez que as betalaínas são pigmentos nitrogenados derivados do ácido betalâmico (Pereira *et al.*, 2022).

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de variância para os parâmetros de cor da beterraba. Não houve interação significativa entre as densidades populacionais de feijão e quantidades de adubo verde à base de jitirana e flor-de-seda incorporada ao solo para nenhuma das características de cor estudadas na cultura da beterraba. Também não foram observadas diferenças estatísticas significativas nos parâmetros de cor da beterraba entre o sistema de monocultivo e o sistema de consórcio com feijão-caupi. Isso indica que o cultivo em consórcio não influenciou a coloração das raízes da beterraba.

Tabela 5. Valores de F para luminosidade (L*), ângulo Hue (h°) e croma (C*) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	L*	h°	C*
Blocos	3	0,26ns	0,03ns	0,02ns
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	6,27**	4,53**	6,49**
Quantidades de adubo verde (Q)	3	6,06**	4,13*	2,79ns
D x Q	9	0,48ns	0,97ns	0,92ns
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	0,29ns	0,00ns	0,13ns

Regressão (Superfície de resposta)	20,23	18,37	9,02
Erro	0,78778	0,00017	1,25050
Sistemas de cultivos	L*	h°	C*
Monocultivo	36,463 a	0,306 a	42,625 a
Consortiado	35,729 a	0,306 a	42,158 a
CV (%)	7,01	10,16	6,05

Fonte: A autora (2025).

Observa-se que as quantidades de adubo verde e as populações de feijão caupi afetaram a tonalidade (h°), a luminosidade (L^*) e a saturação (C^*) das raízes de beterraba (Figura 4). Resultados semelhantes foram relatados por Guerra *et al.* (2022): os maiores valores para esses atributos foram 0,34°; 39,12 e 44,99; esses valores foram atingidos usando 68, 47,27 e 42,91 t ha⁻¹ de jitirana e flor-de-seda como adubo verde, nas densidades populacionais de 80, 130 e 145 mil plantas de feijão caupi por hectare, respectivamente. É possível observar similaridade entre o comportamento da curva dos gráficos B e C, podendo sugerir que a densidade de feijão-caupi e a quantidades de jitirana e flor-de-seda influenciam de forma semelhante a luminosidade e a saturação da cor das raízes de beterraba.

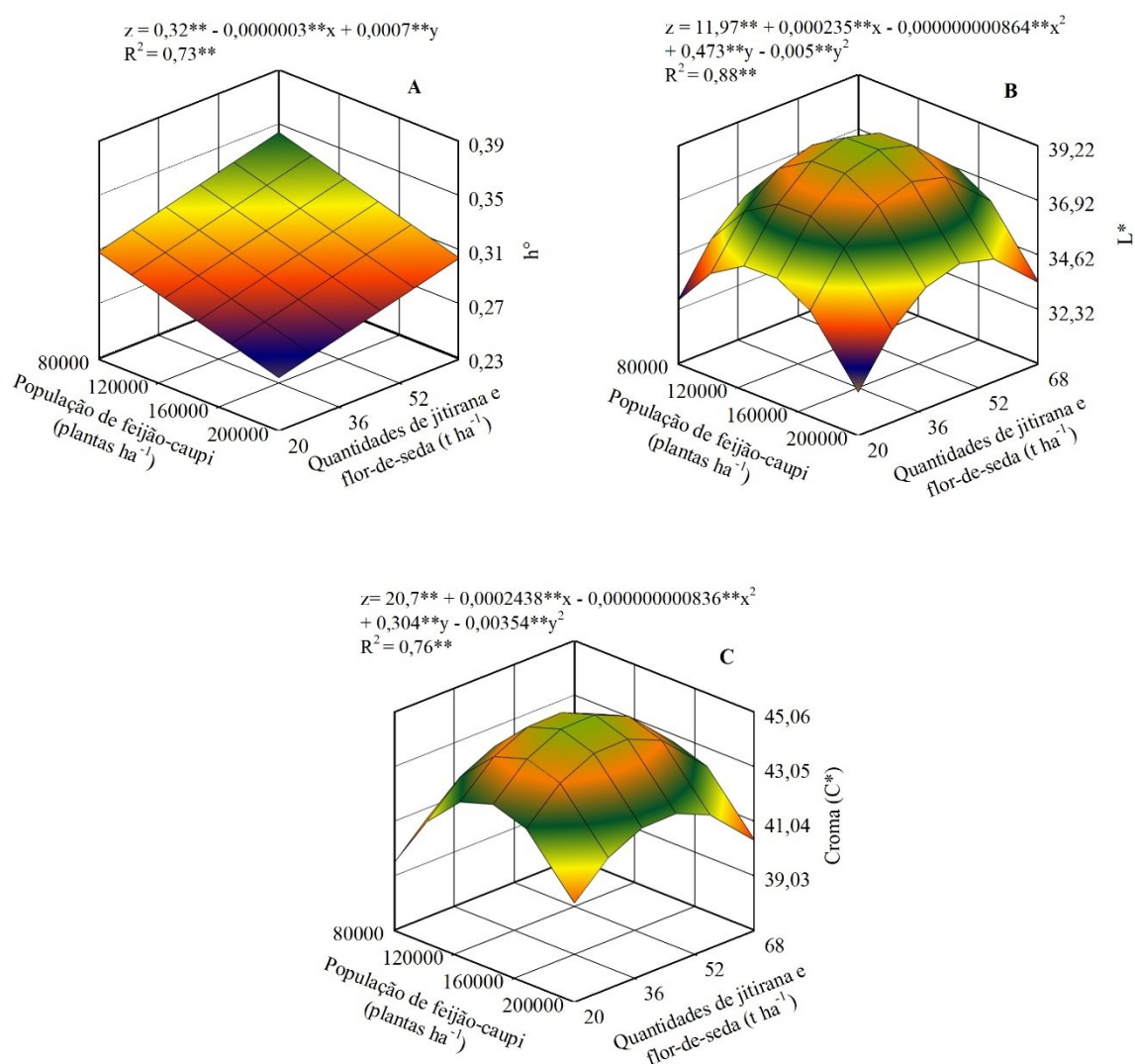


Figura 4 - Ângulo Hue h° (A), luminosidade L^* (B) e croma C^* (C) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

O ângulo Hue (h°) define a qualidade específica de uma cor, como o vermelho, o verde ou o azul. O ângulo de 0° é definido como a cor vermelha, o ângulo de 90° , amarelo, o ângulo de 180° , verde, e o ângulo de 270° , azul. Os valores de L variam de 0 a 100, onde valores mais próximos de 100 representam cores mais claras, e valores próximos de 0 representam cores mais escuras. O croma, por sua vez, refere-se à saturação da cor. Cores neutras, como o cinza, apresentam baixa saturação, ao passo que cores puras, como o vermelho ou o azul, possuem alta saturação, sendo mais brilhantes na percepção humana (Ferreira; Spricigo, 2017).

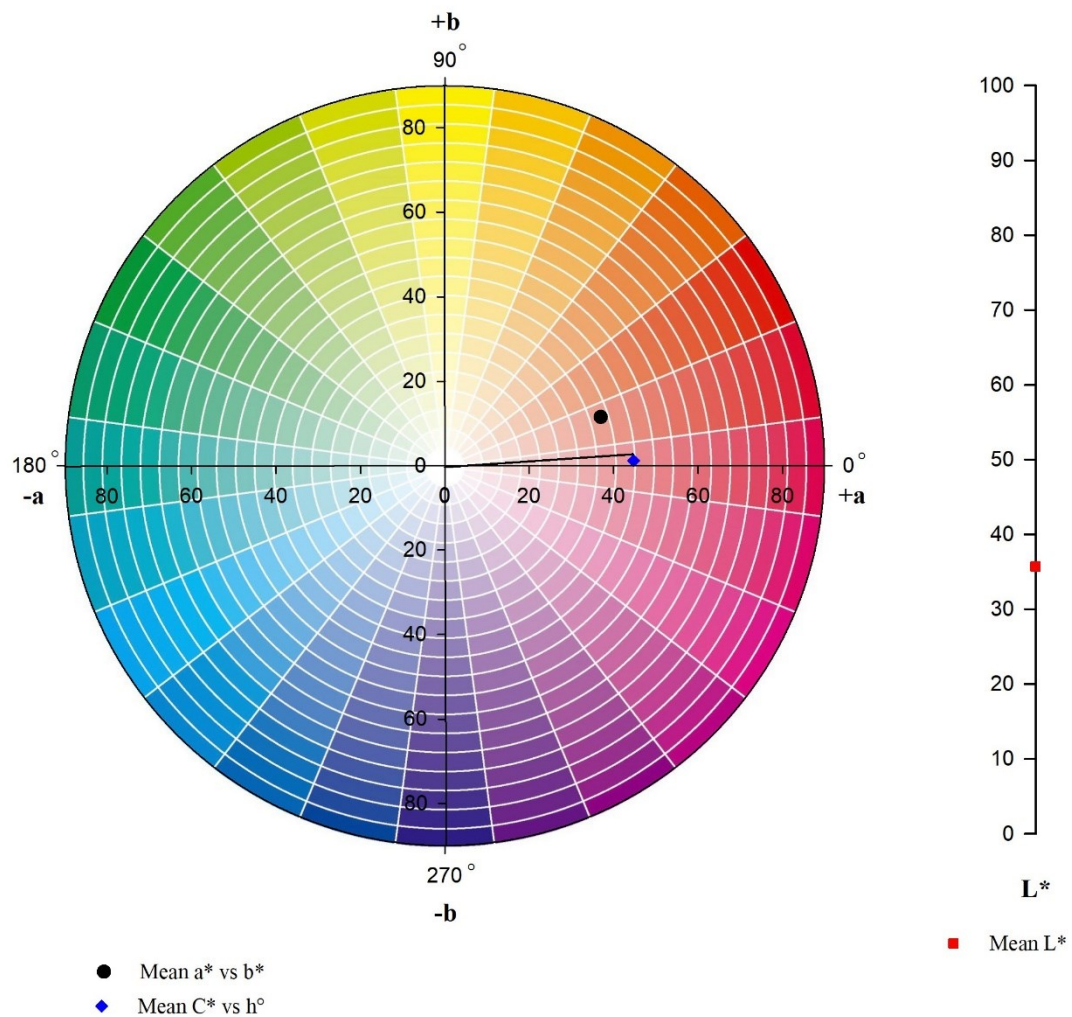


Figura 5 - Representação da seção do espaço de cor de raízes de beterraba sob adubação verde com jitirana e flor-de-seda densidades populacionais de feijão-caupi, a partir das médias das coordenadas L^* , a^* , b^* e dos parâmetros C^* e h° . Fonte: A autora (2025).

Altas densidades populacionais intensificam a competição, tanto entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica) quanto entre espécies diferentes (interespecífica). Esse estresse competitivo pode provocar a redução da produtividade e a diminuição da qualidade pós-colheita das raízes de beterraba (Bezerra Neto *et al.*, 2005). Além disso, o uso excessivo de adubo, mesmo que orgânico, pode levar ao acúmulo de nutrientes no solo, podendo causar toxicidade às plantas e reduzir a disponibilidade de outros nutrientes essenciais. Esse desequilíbrio nutricional pode afetar negativamente a qualidade dos produtos após a colheita, como cor, sabor, textura e valor nutricional (Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023).

3.2 Pigmentos fotossintéticos dos grãos de feijão-caupi

Na tabela 6, estão apresentados os valores de F para clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila total (Cl total) e carotenoides (Car) de grãos de feijão-caupi verde. Observa-se que houve interação significativa a 1% entre os fatores densidade de feijão-caupi e quantidades de jitirana e flor-de-seda apenas para as variáveis Cl *a* e Car. Não houve diferença significativa nos pigmentos fotossintéticos do feijão-caupi entre o monocultivo e o consórcio com beterraba, indicando que o consórcio não afetou esses pigmentos.

Tabela 6 - Valores de F para clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides de grãos de feijão-caupi verde consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de Jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Fontes de variação	GL	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl total	Car
Blocos	3	0,18 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Densidade populacional do feijão-caupi (D)	3	74,38**	26,72**	52,22**	41,99**
Quantidades de adubo verde (Q)	3	7,87**	4,77**	7,53**	8,47**
D x Q	9	3,06**	1,05 ^{ns}	1,51 ^{ns}	4,44**
Monocultivo (M) x Consórcio (C)	1	3,23 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,50 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Regressão (Superfície de resposta)		19,06	31,91	31,92	14,88
Erro		0,01185	0,00292	0,01627	0,00440
Sistemas de cultivos		Cl <i>a</i> (mg g ⁻¹)	Cl <i>b</i> (mg g ⁻¹)	Cl total (mg g ⁻¹)	Car (mg g ⁻¹)
Monocultivo		0,825 a	0,605 a	1,530 a	0,463 a
Consortado		0,729 a	0,595 a	1,353 a	0,421 a
CV (%)		15,00175	15,56947	14,34751	17,16347

Fonte: A autora (2026).

Observa-se na figura 6 que os teores de pigmentos fotossintéticos dos grãos verdes de feijão-caupi foram impactados por ambos os fatores, mas principalmente pela densidade populacional de feijão-caupi. Os maiores teores de Cl *a*, Cl *b*, Cl total e carotenoides (car) foram de 1,08; 0,79; 1,85 e 0,61 mg g⁻¹, respectivamente. Esses teores foram atingidos quando se usou a densidade populacional máxima de feijão-caupi (200 mil plantas ha⁻¹) e na maior dosagem de adubo verde a base de jitirana e flor-de-seda (68 t ha⁻¹).

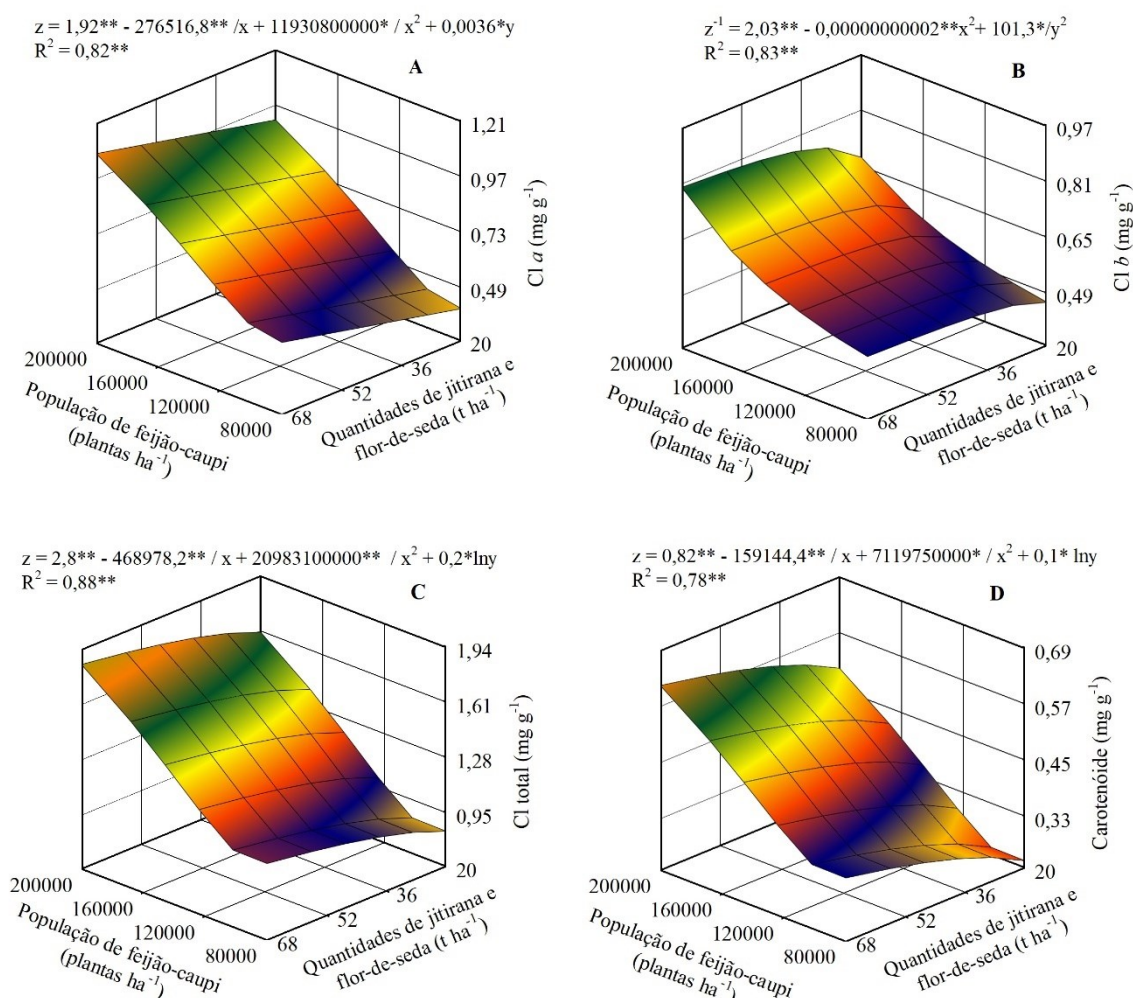


Figura 6 - Clorofila a (A), Clorofila b (B), Clorofila total (C), e carotenoides (D) de grãos de feijão-caupi verde consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jirirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi. Fonte: A autora (2025). *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$, e não significativo a $p > 0,05$ pelo teste F

Observa-se que a alta densidade populacional, juntamente com quantidades mais altas de jirirana e flor-de-seda, promoveu o aumento de pigmentos fotossintetizantes nos grãos verdes de feijão-caupi. Esse aumento pode estar relacionado à maior fixação biológica de N do feijão-caupi e à maior disponibilidade de N oriundo da decomposição da jirirana e flor-de-seda. De acordo com Lacerda *et al.* (2019), cerca de 50 a 70% do total de N presente nas folhas são integrantes de enzimas associadas aos cloroplastos. Esses mesmos autores observaram que o teor de clorofila nas folhas de feijão-caupi aumentava com o aumento de N adicionado ao solo.

Os teores de Cl total e de car encontrados no presente trabalho divergiram dos valores encontrados por Silva *et al.* (2017), sendo significativamente menores. A coloração verde dos grãos do feijão-caupi depende do seu grau de maturação, uma vez que as clorofilas são

responsáveis pela coloração verde nos grãos de feijão-caupi. Ao longo do desenvolvimento dos grãos, esses pigmentos são sintetizados e degradados, porém na fase de maturação há apenas a degradação das clorofilas, a partir da qual pigmentos como carotenoides e antocianinas, que estavam ocultos pela cor verde dominante, tornam-se mais visíveis, além de causarem alterações visuais e comprometerem a qualidade dos alimentos (Oliveira *et al.*, 2021; Vieira *et al.*, 2021).

Fatores como pH, atividade enzimática, temperatura, luz e oxigênio influenciam a velocidade de degradação de pigmentos fotossintetizantes, como as clorofilas e os carotenoides (Vieira *et al.*, 2021), razão pela qual o período e as condições de armazenamento também afetam a quantidade de clorofila e carotenoides nos grãos verde de feijão-caupi (Silva *et al.*, 2017).

Os resultados desse estudo mostram que a densidade de feijão-caupi e as quantidades de adubo verde à base de jitrana e flor-de-seda afetam a qualidade pós-colheita da beterraba e do feijão caupi. Entretanto, a análise comparativa entre os sistemas de monocultivo e consórcio não revelou diferenças significativas na qualidade dos produtos.

4 CONCLUSÕES

A beterraba e o feijão-caupi podem ser cultivados de modo consorciado sem a perda da qualidade pós-colheita de seus produtos

O uso da jitrana e flor-de-seda proporciona melhor qualidade pós-colheita às raízes de beterraba e aos grãos verdes de feijão-caupi.

A cultura da beterraba apresentou os melhores índices pós-colheita quando submetida à adubação com 68 t ha⁻¹ de jitrana e flor de seda, bem como em densidades populacionais de feijão-caupi entre 110 e 200 mil plantas por hectare. Por sua vez, a cultura do feijão-caupi apresentou melhores índices pós-colheita quando cultivada com 68 t ha⁻¹ de jitrana e flor de seda e na densidade populacional de 200 mil plantas de feijão-caupi por hectare.

REFERÊNCIAS

- ABCSEM. *Manual Técnico: Cultivo de Hortaliças* 2020. 4. ed. Campinas - Sp: Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM, 2020.
- AOAC. Association Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18ed. AOAC: Gaithersburg, 2012.
- BARBOSA, J. Z.; SCOPEL, W.; VIEIRA, M. L. Procedimentos para extração de pigmentos fotossintetizantes em espécies frutíferas. **Evidência-Ciência e Biotecnologia**, v. 8, n. 1-2, p. 29-42, 2008. DOI: <https://doi.org/10.18593/eba.v8i1-2.1871>
- BEZERRA NETO, F. *et al.* Associação de densidades populacionais de cenoura e alface no desempenho agrônômico da cenoura em cultivo consorciado em faixa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 233-237, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200014>
- CHAVES, A. P. *et al.* Cowpea and beet intercropping agro-economic dynamics under spatial arrangement and cowpea population density. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 192–203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200212>
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- DESRUVINES, R. P. *et al.* Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>
- FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. (org.). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, p.209-220, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1084379/1/Parte4cap1Colorimetria....pdf#page=6.55>. Acesso em: 31 dez. 2024.
- GUERRA, N. M. *et al.* Agro-economic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 82-91, 2022. DOI: [10.1590/s0102-0536-20220111](https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220111)
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ed. São Paulo: IAL, 2008.
- LACERDA, E. G. *et al.* Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). **Agri-Environmental Sciences**, v. 6, p. 11-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v6i0.1413>
- LINO, F. K. K. S. *et al.* Maximizing agro-bioeconomic benefits in intercropped systems of radish and lettuce in the semi-arid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 121-131, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p121-131>.
- LINO, V. A. S. *et al.* Bio-economic return from the green fertilizing and plant population in strip-intercropping of beet and rocket. **Research, Society and Development**, v. 10, p.

e20910817112, 2021b. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17112.

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

OLIVEIRA, C. D. *et al.* Alterações nas características físicas e bioquímicas de frutos de *Cordia superba* durante a maturação. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e503101019203-e503101019203, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19203>

OLIVEIRA NETO, D. H. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3 p. 330-334, 2011. DOI: 10.1590/S0102-05362011000300012

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

PEREIRA, T. R. *et al.* Propriedades funcionais e tecnológicas da beterraba: um levantamento bibliográfico. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 9, p. 14901-01a, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss9pp14901-01a>

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos [prefácio]. Piracicaba: FEALQ, 2002.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SAS. SAS Institute Inc. **SAS/IML® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2015.

SILVA, E. *et al.* Quality of three cowpea green-grains cultivars refrigerated. **Amazonian Journal of Plant Research**. v. 1, p. 14-19, 2017. DOI: 10.26545/b00000x.

SILVA, J. N. *et al.* Agro-economic indicators for carrot under green manure in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n202rc>

SILVA, J. P. P. *et al.* Postharvest quality and coloration of radish roots under organic fertilization in a semi-arid environment. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e004423, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202347004423>

SOKOLOVA, D. V. *et al.* Characterization of Betalain Content and Antioxidant Activity Variation Dynamics in Table Beets (*Beta vulgaris* L.) with Differently Colored Roots. **Agronomy**, v. 14, n. 5, p. 999, 2024. DOI:10.3390/agronomy14050999

SOUZA, A. C. M. *et al.* Biological nitrogen fixation stability of cowpea cultivars with tropical semi-arid rhizobial strains. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 359-369, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n212rc>

SYSTAT SOFTWARE, INC. **TableCurve 3D - Curve Fitting Made Fast and Easy**. San Jose, CA: Systat Software Inc, 2021.

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

TANG, C. S.; NORZIAH, M. H. Stability of betacy-anin pigments from red purple pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*): influence of pH, temperature, metal ions and ascorbic acid. **Indonesian Journal of Chemistry**, v. 7, n. 3, p. 327-331, 2007.

VIEIRA, M. M. S. *et al.* Avaliação dos compostos bioativos e capacidade antioxidante em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) imaturo cru, cozido e seus caldos de cocção. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e3710716243-e3710716243, 2021. DOI:10.33448/rsd-v10i7.16243

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

CONCLUSÕES GERAIS

Conclui-se que o cultivo consorciado de beterraba e feijão-caupi e a adubação verde com jitirana e flor de seda são estratégias agronômicas viáveis, tanto sob o ponto de vista produtivo quanto econômico, especialmente em ambientes semiáridos, desde que sejam cultivados na densidade populacional adequada e com dosagens apropriadas de jitirana e flor de seda. A otimização da produção e a manutenção da qualidade pós-colheita dos produtos, aliadas aos benefícios econômicos e ambientais, tornam essa prática uma estratégia sustentável para aumentar a renda e a segurança alimentar dos produtores.

APÊNDICE

Tabela 1. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jiterana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 18.351,22	
A.1. Insumos				R\$ 3.304,00	14,26
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	13,90
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	12	R\$ 7,00	R\$ 84,00	0,36
A.2. Mão de obra				R\$ 13.145,00	56,74
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 2.810,00	12,13
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	27	R\$ 70,00	R\$ 1.890,00	8,16
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,51
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,91
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,91
Custos com Adubo verde (jiterana)				R\$ 3.055,00	13,19
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	29	R\$ 70,00	R\$ 2.030,00	8,76
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	6,5	R\$ 70,00	R\$ 455,00	1,96
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,91
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,91
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.280,00	31,42
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	2,11
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Desbaste	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	11,18
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	4,53
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,42
A.3. Energia elétrica				R\$ 866,31	3,74
Forrageira	Kw/h	292	R\$ 0,68	R\$ 198,56	0,86
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,88
A.4. Outras despesas				R\$ 173,15	0,75
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.315,31	R\$ 173,15	0,75
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,72
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,43
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	1,08

Tabela 2. Custos de produção por hectare do consórcio beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 18.393,64	
A.1. Insumos				R\$ 3.346,00	14,42
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	13,87
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	18	R\$ 7,00	R\$ 126,00	0,54
A.2. Mão de obra				R\$ 13.145,00	56,63
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 2.810,00	12,11
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	27	R\$ 70,00	R\$ 1.890,00	8,14
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,51
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Custos com Adubo verde (jitirana)				R\$ 3.055,00	13,16
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	29	R\$ 70,00	R\$ 2.030,00	8,75
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	6,5	R\$ 70,00	R\$ 455,00	1,96
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.280,00	31,36
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	2,11
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	11,16
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	4,52
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,41
A.3. Energia elétrica				R\$ 866,31	3,73
Forrageira	Kw/h	292	R\$ 0,68	R\$ 198,56	0,86
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,88
A.4. Outras despesas				R\$ 173,57	0,75
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.357,31	R\$ 173,57	0,75
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,72
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,43
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	1,08
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	2,21

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	14,04
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	8,31
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	4,52
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,04
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,80
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,07
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,38
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	1,10
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,11
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
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\$ 1.320,00	5,69
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	5,69
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 21.434,61	93,29
C.1. (A) + (B)				R\$ 21.434,61	93,29
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	6,71
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,43
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,43
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	6,28
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	6,28
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 22.992,67	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 22.992,67	100,00
*d/h=dia/homem					
**h/t=hora/trator					

Tabela 3. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 18.436,06	
A.1. Insumos				R\$ 3.388,00	14,57
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	13,85
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	24	R\$ 7,00	R\$ 168,00	0,72
A.2. Mão de obra				R\$ 13.145,00	56,53
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 2.810,00	12,08
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	27	R\$ 70,00	R\$ 1.890,00	8,13
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,51
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 3.055,00	13,14
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	29	R\$ 70,00	R\$ 2.030,00	8,73
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,65
Trituração	d/h*	6,5	R\$ 70,00	R\$ 455,00	1,96
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.280,00	31,31
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	2,11
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,81
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	11,14
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	4,52
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,41
A.3. Energia elétrica				R\$ 866,31	3,73
Forrageira	Kw/h	292	R\$ 0,68	R\$ 198,56	0,85
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,87
A.4. Outras despesas				R\$ 173,99	0,75
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.399,31	R\$ 173,99	0,75
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,71

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,43
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	1,08
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	2,21
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	14,02
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	8,30
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	4,51
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,04
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,80
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,07
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,38
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	1,10
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,11
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
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\$ 1.320,00	5,68
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	5,68
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 21.477,03	93,30
C.1. (A) + (B)				R\$ 21.477,03	93,30
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	6,70
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,43
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,43
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	6,27
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	6,27
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 23.035,09	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 23.035,09	100,00
*d/h=dia/homem					
**h/t=hora/trator					

Tabela 4. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 20 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 18.478,48	
A.1. Insumos				R\$ 3.430,00	14,72
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	13,82
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	30	R\$ 7,00	R\$ 210,00	0,90
A.2. Mão de obra				R\$ 13.145,00	56,43
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 2.810,00	12,06
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	27	R\$ 70,00	R\$ 1.890,00	8,11
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,64
Trituração	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,50
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 3.055,00	13,11
Corte (10 t ha ⁻¹)	d/h*	29	R\$ 70,00	R\$ 2.030,00	8,71
Transporte	Frete	1,25	R\$ 120,00	R\$ 150,00	0,64
Trituração	d/h*	6,5	R\$ 70,00	R\$ 455,00	1,95
Secagem	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
Ensacamento	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,90
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.280,00	31,25
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,30
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,80
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	2,10
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,60
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,80
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,80
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,80
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,80
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	11,12
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	4,51
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	2,40
A.3. Energia elétrica				R\$ 866,31	3,72
Forrageira	Kw/h	292	R\$ 0,68	R\$ 198,56	0,85
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,87
A.4. Outras despesas				R\$ 174,41	0,75
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 17.441,31	R\$ 174,41	0,75
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,70

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,43
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	1,07
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	2,20
Vida útil (Mês)		Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	13,99
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	8,28
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	4,50
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,04
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,79
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,07
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,38
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	1,10
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,11
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,14
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,04
Imposto Territorial rural	Há	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,04
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00	5,67
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	5,67
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 21.519,45	93,31
C.1. (A) + (B)				R\$ 21.519,45	93,31
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	6,69
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,43
Arrendamento	Há	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,43
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	6,26
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	6,26
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 23.077,51	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 23.077,51	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 5. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 23.589,93	
A.1. Insumos				R\$ 3.304,00	11,63
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	11,34
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	12	R\$ 7,00	R\$ 84,00	0,30
A.2. Mão de obra				R\$ 18.173,00	63,97
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 5.058,00	17,81
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	48,6	R\$ 70,00	R\$ 3.402,00	11,98
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	9	R\$ 70,00	R\$ 630,00	2,22
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 5.499,00	19,36
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	52,2	R\$ 70,00	R\$ 3.654,00	12,86
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	11,7	R\$ 70,00	R\$ 819,00	2,88
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.616,00	26,81
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,25
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,72
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10,8	R\$ 70,00	R\$ 756,00	2,66
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	9,12
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,70
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,97
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.025,16	3,61
Forrageira	Kw/h	525,6	R\$ 0,68	R\$ 357,41	1,26
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,35
A.4. Outras despesas				R\$ 225,02	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 22.502,16	R\$ 225,02	0,79
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,04
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,35
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	0,88

7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	1,81
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	11,47
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	6,79
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,69
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,03
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,65
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,06
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,13
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,90
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,09
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
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\$ 1.320,00	4,65
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	4,65
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 26.630,91	94,52
C.1. (A) + (B)				R\$ 26.630,91	94,52
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	5,48
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,35
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,35
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	5,13
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	5,13
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 28.188,97	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 28.188,97	100,00
*d/h=dia/homem					
**h/t=hora/trator					

Tabela 6. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 23.632,35	
A.1. Insumos				R\$ 3.346,00	11,76
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	11,32
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	18	R\$ 7,00	R\$ 126,00	0,44
A.2. Mão de obra				R\$ 18.173,00	63,88
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 5.058,00	17,78
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	48,6	R\$ 70,00	R\$ 3.402,00	11,96
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	9	R\$ 70,00	R\$ 630,00	2,21
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Custos com Adubo verde (jitirana)				R\$ 5.499,00	19,33
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	52,2	R\$ 70,00	R\$ 3.654,00	12,84
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	11,7	R\$ 70,00	R\$ 819,00	2,88
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.616,00	26,77
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,25
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,72
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10,8	R\$ 70,00	R\$ 756,00	2,66
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,48
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	9,10
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,69
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,97
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.025,16	3,60
Forrageira	Kw/h	525,6	R\$ 0,68	R\$ 357,41	1,26
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,35
A.4. Outras despesas				R\$ 225,44	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 22.544,16	R\$ 225,44	0,79
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,03

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,35
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	0,88
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	1,80
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	11,46
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	6,78
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,69
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,03
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,65
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,06
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,13
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,90
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,09
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
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\$ 1.320,00	4,64
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	4,64
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 26.673,33	94,52
C.1. (A) + (B)				R\$ 26.673,33	94,52
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	5,48
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,35
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,35
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	5,13
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	5,13
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 28.231,39	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 28.231,39	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 7. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 23.674,77	
A.1. Insumos				R\$ 3.388,00	11,89
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	11,30
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	24	R\$ 7,00	R\$ 168,00	0,59
A.2. Mão de obra				R\$ 18.173,00	63,78
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 5.058,00	17,75
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	48,6	R\$ 70,00	R\$ 3.402,00	11,94
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	9	R\$ 70,00	R\$ 630,00	2,21
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 5.499,00	19,30
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	52,2	R\$ 70,00	R\$ 3.654,00	12,82
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	11,7	R\$ 70,00	R\$ 819,00	2,87
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,33
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.616,00	26,73
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,25
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,72
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10,8	R\$ 70,00	R\$ 756,00	2,65
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	9,09
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,69
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,97
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.025,16	3,60
Forrageira	Kw/h	525,6	R\$ 0,68	R\$ 357,41	1,25
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,34
A.4. Outras despesas				R\$ 225,86	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 22.586,16	R\$ 225,86	0,79

Tabela 8. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 36 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jiterana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 23.717,19	
A.1. Insumos				R\$ 3.430,00	12,02
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	11,28
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	30	R\$ 7,00	R\$ 210,00	0,74
A.2. Mão de obra				R\$ 18.173,00	63,69
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 5.058,00	17,73
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	48,6	R\$ 70,00	R\$ 3.402,00	11,92
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	9	R\$ 70,00	R\$ 630,00	2,21
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,32
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,32
Custos com Adubo verde (jiterana)				R\$ 5.499,00	19,27
Corte (18 t ha ⁻¹)	d/h*	52,2	R\$ 70,00	R\$ 3.654,00	12,81
Transporte	Frete	2,25	R\$ 120,00	R\$ 270,00	0,95
Trituração	d/h*	11,7	R\$ 70,00	R\$ 819,00	2,87
Secagem	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,32
Ensacamento	d/h*	5,4	R\$ 70,00	R\$ 378,00	1,32
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.616,00	26,69
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,25
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,72
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,49
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	10,8	R\$ 70,00	R\$ 756,00	2,65
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,47
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	9,08
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,68
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,96
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.025,16	3,59
Forrageira	Kw/h	525,6	R\$ 0,68	R\$ 357,41	1,25
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,34
A.4. Outras despesas				R\$ 226,28	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 22.628,16	R\$ 226,28	0,79

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	3,02
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,35
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,88
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,80
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98		11,42
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98		6,76
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67		3,68
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21		0,03
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80		0,65
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45		0,06
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00		0,12
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00		1,13
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35		0,90
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50		0,09
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00		0,12
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\$ 1.320,00		4,63
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00		4,63
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 26.758,17		94,54
C.1. (A) + (B)				R\$ 26.758,17		94,54
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06		5,46
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00		0,35
Arrendamento	Há	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00		0,35
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06		5,11
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06		5,11
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 28.316,23		100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 28.316,23		100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 9. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jiterana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 28.828,65	
A.1. Insumos				R\$ 3.304,00	9,82
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	9,57
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	12	R\$ 7,00	R\$ 84,00	0,25
A.2. Mão de obra				R\$ 23.201,00	68,96
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.306,00	21,71
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,2	R\$ 70,00	R\$ 4.914,00	14,61
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	13	R\$ 70,00	R\$ 910,00	2,70
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Custos com Adubo verde (jiterana)				R\$ 7.943,00	23,61
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	75,4	R\$ 70,00	R\$ 5.278,00	15,69
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	16,9	R\$ 70,00	R\$ 1.183,00	3,52
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.952,00	23,63
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,21
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,46
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15,6	R\$ 70,00	R\$ 1.092,00	3,25
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	7,70
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,12
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,66
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.184,01	3,52
Forrageira	Kw/h	759,2	R\$ 0,68	R\$ 516,26	1,53
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,98
A.4. Outras despesas				R\$ 276,89	0,82
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 27.689,01	R\$ 276,89	0,82

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,56
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,74
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,52
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	9,69	
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	5,73	
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,12	
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,02	
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,55	
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,05	
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10	
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	0,96	
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,76	
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,08	
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10	
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,03	
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,03	
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00	3,92	
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	3,92	
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 31.869,62	95,37	
C.1. (A) + (B)				R\$ 31.869,62	95,37	
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	4,63	
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,30	
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,30	
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	4,33	
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	4,33	
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 33.427,68	100,00	
E.1. CV + CF + CO				R\$ 33.427,68	100,00	

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 10. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 28.871,07	
A.1. Insumos				R\$ 3.346,00	9,93
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	9,56
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	18	R\$ 7,00	R\$ 126,00	0,37
A.2. Mão de obra				R\$ 23.201,00	68,87
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.306,00	21,69
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,2	R\$ 70,00	R\$ 4.914,00	14,59
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	13	R\$ 70,00	R\$ 910,00	2,70
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 7.943,00	23,58
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	75,4	R\$ 70,00	R\$ 5.278,00	15,67
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	16,9	R\$ 70,00	R\$ 1.183,00	3,51
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.952,00	23,60
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,21
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,45
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15,6	R\$ 70,00	R\$ 1.092,00	3,24
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	7,69
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,12
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,66
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.184,01	3,51
Forrageira	Kw/h	759,2	R\$ 0,68	R\$ 516,26	1,53
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,98
A.4. Outras despesas				R\$ 277,31	0,82
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 27.731,01	R\$ 277,31	0,82

A.5. Manutenção e Conservação

				R\$	862,75	2,56
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,74
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,52

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	9,67
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	5,73
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,11
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,55
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	0,95
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,76
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,08
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00	3,92
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	3,92
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 31.912,04	95,38
C.1. (A) + (B)				R\$ 31.912,04	95,38
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	4,62
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,30
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	4,33
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	4,33
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 33.470,10	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 33.470,10	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 11. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 28.913,49	
A.1. Insumos				R\$ 3.388,00	10,04
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	9,55
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	24	R\$ 7,00	R\$ 168,00	0,50
A.2. Mão de obra				R\$ 23.201,00	68,78
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.306,00	21,66
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,2	R\$ 70,00	R\$ 4.914,00	14,57
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	13	R\$ 70,00	R\$ 910,00	2,70
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 7.943,00	23,55
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	75,4	R\$ 70,00	R\$ 5.278,00	15,65
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,16
Trituração	d/h*	16,9	R\$ 70,00	R\$ 1.183,00	3,51
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.952,00	23,58
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,21
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,45
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,42
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15,6	R\$ 70,00	R\$ 1.092,00	3,24
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,25
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	7,68
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,11
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,66
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.184,01	3,51
Forrageira	Kw/h	759,2	R\$ 0,68	R\$ 516,26	1,53
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,98
A.4. Outras despesas				R\$ 277,73	0,82
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 27.773,01	R\$ 277,73	0,82

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,56
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,74
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,52
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% CT	sobre
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$	3.040,98	9,66
B.1. Depreciação				R\$	1.710,98	5,72
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$	1.048,67	3,11
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$	8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$	138,80	0,55
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$	12,45	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,10
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$	241,00	0,95
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$	192,35	0,76
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$	19,50	0,08
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$	10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$	10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$	1.320,00	3,91
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$	1.320,00	3,91
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$	31.954,46	95,38
C.1. (A) + (B)				R\$	31.954,46	95,38
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$	1.558,06	4,62
D.1. Remuneração da terra				R\$	100,00	0,30
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$	100,00	0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$	1.458,06	4,32
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$	1.458,06	4,32
E. CUSTOS TOTAIS				R\$	33.512,52	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$	33.512,52	100,00
*d/h=dia/homem						
**h/t=hora/trator						

Tabela 12. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 52 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jiterana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 28.955,91	
A.1. Insumos				R\$ 3.430,00	10,16
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	9,53
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	30	R\$ 7,00	R\$ 210,00	0,62
A.2. Mão de obra				R\$ 23.201,00	68,70
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.306,00	21,63
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	70,2	R\$ 70,00	R\$ 4.914,00	14,55
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,15
Trituração	d/h*	13	R\$ 70,00	R\$ 910,00	2,69
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Custos com Adubo verde (jiterana)				R\$ 7.943,00	23,52
Corte (26 t ha ⁻¹)	d/h*	75,4	R\$ 70,00	R\$ 5.278,00	15,63
Transporte	Frete	3,25	R\$ 120,00	R\$ 390,00	1,15
Trituração	d/h*	16,9	R\$ 70,00	R\$ 1.183,00	3,50
Secagem	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
Ensacamento	d/h*	7,8	R\$ 70,00	R\$ 546,00	1,62
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 7.952,00	23,55
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,21
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,41
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,41
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,24
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,45
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,41
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15,6	R\$ 70,00	R\$ 1.092,00	3,23
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,24
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,24
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,24
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	7,67
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,11
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,66
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.184,01	3,51
Forrageira	Kw/h	759,2	R\$ 0,68	R\$ 516,26	1,53
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,98
A.4. Outras despesas				R\$ 278,15	0,82
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 27.815,01	R\$ 278,15	0,82

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,55
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,30
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,74
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,52
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT	
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98		9,65
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98		5,71
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67		3,11
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21		0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80		0,55
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45		0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00		0,10
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00		0,95
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35		0,76
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50		0,08
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00		0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00		0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00		0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00		3,91
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00		3,91
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 31.996,88		95,39
C.1. (A) + (B)				R\$ 31.996,88		95,39
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06		4,61
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00		0,30
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00		0,30
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06		4,32
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06		4,32
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 33.554,94		100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 33.554,94		100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 13. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jiterana e flor-de-seda em base seca na população de 80 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 34.067,37	
A.1. Insumos				R\$ 3.304,00	8,50
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	8,28
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	12	R\$ 7,00	R\$ 84,00	0,22
A.2. Mão de obra				R\$ 28.229,00	72,60
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 9.554,00	24,57
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	91,8	R\$ 70,00	R\$ 6.426,00	16,53
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	17	R\$ 70,00	R\$ 1.190,00	3,06
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,84
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,84
Custos com Adubo verde (jiterana)				R\$ 10.387,00	26,71
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	98,6	R\$ 70,00	R\$ 6.902,00	17,75
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	22,1	R\$ 70,00	R\$ 1.547,00	3,98
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,84
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,84
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.288,00	21,31
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,18
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,26
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	20,4	R\$ 70,00	R\$ 1.428,00	3,67
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	6,66
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	2,70
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,44
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.342,86	3,45
Forrageira	Kw/h	992,8	R\$ 0,68	R\$ 675,10	1,74
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,72
A.4. Outras despesas				R\$ 328,76	0,85
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 32.875,86	R\$ 328,76	0,85

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,22
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,26
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,64
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,32
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação		% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$	3.040,98	8,38
B.1. Depreciação				R\$	1.710,98	4,96
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$	1.048,67	2,70
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$	8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$	138,80	0,48
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$	12,45	0,04
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$	241,00	0,83
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$	192,35	0,66
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$	19,50	0,07
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				R\$	10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$	10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$	1.320,00	3,39
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$	1.320,00	3,39
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$	37.108,34	95,99
C.1. (A) + (B)				R\$	37.108,34	95,99
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$	1.558,06	4,01
D.1. Remuneração da terra				R\$	100,00	0,26
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$	100,00	0,26
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$	1.458,06	3,75
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$	1.458,06	3,75
E. CUSTOS TOTAIS				R\$	38.666,40	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$	38.666,40	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 14. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 120 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 34.109,79	
A.1. Insumos				R\$ 3.346,00	8,60
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	8,27
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	18	R\$ 7,00	R\$ 126,00	0,32
A.2. Mão de obra				R\$ 28.229,00	72,52
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 9.554,00	24,54
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	91,8	R\$ 70,00	R\$ 6.426,00	16,51
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	17	R\$ 70,00	R\$ 1.190,00	3,06
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Custos com Adubo verde (jitirana)				R\$ 10.387,00	26,68
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	98,6	R\$ 70,00	R\$ 6.902,00	17,73
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	22,1	R\$ 70,00	R\$ 1.547,00	3,97
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.288,00	21,29
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,18
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,26
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	20,4	R\$ 70,00	R\$ 1.428,00	3,67
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	6,65
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	2,70
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,44
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.342,86	3,45
Forrageira	Kw/h	992,8	R\$ 0,68	R\$ 675,10	1,73
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,72
A.4. Outras despesas				R\$ 329,18	0,85
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 32.917,86	R\$ 329,18	0,85

A.5. Manutenção e Conservação

				R\$	862,75	2,22
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,26
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,64
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,32

	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	8,37
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	4,96
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	2,69
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,48
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,04
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,09
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	0,83
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,66
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,07
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00	3,39
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	3,39
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 37.150,76	96,00
C.1. (A) + (B)				R\$ 37.150,76	96,00
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	4,00
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,26
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,26
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	3,75
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	3,75
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 38.708,82	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 38.708,82	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 15. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitrana e flor-de-seda em base seca na população de 160 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 34.152,21	
A.1. Insumos				R\$ 3.388,00	8,69
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	8,26
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	24	R\$ 7,00	R\$ 168,00	0,43
A.2. Mão de obra				R\$ 28.229,00	72,44
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 9.554,00	24,52
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	91,8	R\$ 70,00	R\$ 6.426,00	16,49
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	17	R\$ 70,00	R\$ 1.190,00	3,05
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Custos com Adubo verde (jitrana)				R\$ 10.387,00	26,65
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	98,6	R\$ 70,00	R\$ 6.902,00	17,71
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	22,1	R\$ 70,00	R\$ 1.547,00	3,97
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.288,00	21,27
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,18
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,26
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	20,4	R\$ 70,00	R\$ 1.428,00	3,66
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	6,65
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	2,69
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,44
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.342,86	3,45
Forrageira	Kw/h	992,8	R\$ 0,68	R\$ 675,10	1,73
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,71
A.4. Outras despesas				R\$ 329,60	0,85
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 32.959,86	R\$ 329,60	0,85

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,21
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,26
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,64
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,32
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação		% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$	3.040,98	8,36
B.1. Depreciação				R\$	1.710,98	4,95
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$	1.048,67	2,69
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$	8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$	138,80	0,47
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$	12,45	0,04
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$	241,00	0,82
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$	192,35	0,66
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$	19,50	0,07
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				R\$	10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$	10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$	1.320,00	3,39
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$	1.320,00	3,39
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$	37.193,18	96,00
C.1. (A) + (B)				R\$	37.193,18	96,00
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$	1.558,06	4,00
D.1. Remuneração da terra				R\$	100,00	0,26
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$	100,00	0,26
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$	1.458,06	3,74
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$	1.458,06	3,74
E. CUSTOS TOTAIS				R\$	38.751,24	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$	38.751,24	100,00
*d/h=dia/homem						
**h/t=hora/trator						

Tabela 16. Custos de produção por hectare do consórcio de beterraba e feijão-caupi adubado com 68 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jitirana e flor-de-seda em base seca na população de 200 mil plantas ha⁻¹. Mossoró, UFERSA, 2023

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 34.194,63	
A.1. Insumos				R\$ 3.430,00	8,79
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	8,25
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	30	R\$ 7,00	R\$ 210,00	0,54
A.2. Mão de obra				R\$ 28.229,00	72,36
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 9.554,00	24,49
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	91,8	R\$ 70,00	R\$ 6.426,00	16,47
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	17	R\$ 70,00	R\$ 1.190,00	3,05
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Custos com Adubo verde (jitirana)				R\$ 10.387,00	26,63
Corte (34 t ha ⁻¹)	d/h*	98,6	R\$ 70,00	R\$ 6.902,00	17,69
Transporte	Frete	4,25	R\$ 120,00	R\$ 510,00	1,31
Trituração	d/h*	22,1	R\$ 70,00	R\$ 1.547,00	3,97
Secagem	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
Ensacamento	d/h*	10,2	R\$ 70,00	R\$ 714,00	1,83
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 8.288,00	21,24
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,18
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,26
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,36
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	20,4	R\$ 70,00	R\$ 1.428,00	3,66
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,08
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	6,64
Colheita cultivo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	2,69
Transporte	d/h*	8	R\$ 70,00	R\$ 560,00	1,44
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.342,86	3,44
Forrageira	Kw/h	992,8	R\$ 0,68	R\$ 675,10	1,73
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	1,71
A.4. Outras despesas				R\$ 330,02	0,85
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 33.001,86	R\$ 330,02	0,85

A.5. Manutenção e Conservação				R\$	862,75	2,21
1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$	100,00	0,26
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$	250,00	0,64
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$	512,75	1,31
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação		% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$	3.040,98	8,35
B.1. Depreciação				R\$	1.710,98	4,94
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$	1.048,67	2,69
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$	8,21	0,02
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$	138,80	0,47
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$	12,45	0,04
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$	241,00	0,82
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$	192,35	0,66
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$	19,50	0,07
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$	25,00	0,09
B.2. Impostos e taxas				R\$	10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$	10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$	1.320,00	3,38
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$	1.320,00	3,38
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$	37.235,60	96,01
C.1. (A) + (B)				R\$	37.235,60	96,01
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$	1.558,06	3,99
D.1. Remuneração da terra				R\$	100,00	0,26
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$	100,00	0,26
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$	1.458,06	3,74
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$	1.458,06	3,74
E. CUSTOS TOTAIS				R\$	38.793,66	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$	38.793,66	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 17. Custos de produção por hectare do cultivo solteiro de beterraba adubado com 51 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jirirana e flor-de-seda em base seca. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 27.141,62	
A.1. Insumos				R\$ 3.220,00	10,08
Sementes de beterraba (<i>Early Wonder</i>)	Kg	23	R\$ 140,00	R\$ 3.220,00	10,08
A.2. Mão de obra				R\$ 21.624,60	67,66
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.164,60	22,42
Corte (25,5 t ha ⁻¹)	d/h*	68,85	R\$ 70,00	R\$ 4.819,50	15,08
Transporte	Frete	3,18	R\$ 120,00	R\$ 381,60	1,19
Trituração	d/h*	12,75	R\$ 70,00	R\$ 892,50	2,79
Secagem	d/h*	7,65	R\$ 70,00	R\$ 535,50	1,68
Ensacamento	d/h*	7,65	R\$ 70,00	R\$ 535,50	1,68
Custos com Adubo verde (jirirana)				R\$ 7.789,00	24,37
Corte (25,5 t ha ⁻¹)	d/h*	73,95	R\$ 70,00	R\$ 5.176,50	16,20
Transporte	Frete	3,18	R\$ 120,00	R\$ 381,60	1,19
Trituração	d/h*	16,57	R\$ 70,00	R\$ 1.159,90	3,63
Secagem	d/h*	7,65	R\$ 70,00	R\$ 535,50	1,68
Ensacamento	d/h*	7,65	R\$ 70,00	R\$ 535,50	1,68
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 6.671,00	20,87
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,22
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,44
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,44
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,31
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,53
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,44
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15,3	R\$ 70,00	R\$ 1.071,00	3,35
Plantio beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,31
Desbaste beterraba	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,31
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	8,10
Colheita cultivo	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,31
Transporte	d/h*	5	R\$ 70,00	R\$ 350,00	1,10
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.174,08	3,67
Forrageira	Kw/h	744,6	R\$ 0,68	R\$ 506,33	1,58
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,09
A.4. Outras despesas				R\$ 260,19	0,81
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 26.018,68	R\$ 260,19	0,81
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	2,70

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,31
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	0,78
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	1,60
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	10,20
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	6,04
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,28
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,03
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,58
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,05
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,01
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,80
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,08
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,10
B.2. Impostos e taxas				R\$ 10,00	0,03
Imposto Territorial rural	Ha	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00	0,03
B.3. Mão de obra fixa				R\$ 1.320,00	4,13
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	4,13
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 30.182,59	95,12
C.1. (A) + (B)				R\$ 30.182,59	95,12
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	4,88
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,31
Arrendamento	Ha	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,31
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	4,56
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	4,56
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 31.740,65	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 31.740,65	100,00
*d/h=dia/homem					
**h/t=hora/trator					

Tabela 18. Custos de produção por hectare do cultivo solteiro de feijão-caupi adubado com 50 t ha⁻¹ de mistura equivalentes de jirirana e flor-de-seda em base seca. Mossoró, UFERSA, 2023.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				R\$ 23.421,56	
A.1. Insumos				R\$ 210,00	0,74
Sementes feijão (BRS Tumucumaque)	Kg	30	R\$ 7,00	R\$ 210,00	0,74
A.2. Mão de obra				R\$ 20.961,30	74,23
A.2.1 Custos com adubo verde (flor-de-seda)				R\$ 7.024,40	24,88
Corte (25 t ha ⁻¹)	d/h*	67,5	R\$ 70,00	R\$ 4.725,00	16,73
Transporte	Frete	3,12	R\$ 120,00	R\$ 374,40	1,33
Trituração	d/h*	12,5	R\$ 70,00	R\$ 875,00	3,10
Secagem	d/h*	7,5	R\$ 70,00	R\$ 525,00	1,86
Ensacamento	d/h*	7,5	R\$ 70,00	R\$ 525,00	1,86
Custos com Adubo verde (jirirana)				R\$ 7.636,90	27,04
Corte (25 t ha ⁻¹)	d/h*	72,5	R\$ 70,00	R\$ 5.075,00	17,97
Transporte	Frete	3,12	R\$ 120,00	R\$ 374,40	1,33
Trituração	d/h*	16,25	R\$ 70,00	R\$ 1.137,50	4,03
Secagem	d/h*	7,5	R\$ 70,00	R\$ 525,00	1,86
Ensacamento	d/h*	7,5	R\$ 70,00	R\$ 525,00	1,86
A.2.2 Custos com demais serviços				R\$ 6.300,00	22,31
Limpeza do terreno	h/t**	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	0,25
Aração	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,50
Gradagem	h/t**	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,50
Confecção de canteiros	h/t**	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,49
Solarização dos canteiros	d/h*	7	R\$ 70,00	R\$ 490,00	1,74
Retirada dos plásticos	d/h*	2	R\$ 70,00	R\$ 140,00	0,50
Distribuição e incorporação do adubo	d/h*	15	R\$ 70,00	R\$ 1.050,00	3,72
Plantio feijão	d/h*	6	R\$ 70,00	R\$ 420,00	1,49
Capina manual cultivo	d/h*	37	R\$ 70,00	R\$ 2.590,00	9,17
Colheita cultivo	d/h*	9	R\$ 70,00	R\$ 630,00	2,23
Transporte	d/h*	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00	0,74
A.3. Energia elétrica				R\$ 1.164,15	4,12
Forrageira	Kw/h	730	R\$ 0,68	R\$ 496,40	1,76
Bombeamento da água de irrigação	Kw/h	981,99	R\$ 0,68	R\$ 667,75	2,36
A.4. Outras despesas				R\$ 223,35	0,79
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	R\$ 22.335,45	R\$ 223,35	0,79
A.5. Manutenção e Conservação				R\$ 862,75	3,06

1% a.a. sobre valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	R\$ 10.000,00	R\$ 100,00	0,35
5% a.a. sobre valor da máquina forrageira	%	0,05	R\$ 5.000,00	R\$ 250,00	0,89
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	R\$ 7.325,00	R\$ 512,75	1,82
	Vida útil (Mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	% sobre CT
B. CUSTOS FIXOS (CF)				R\$ 3.040,98	11,54
B.1. Depreciação				R\$ 1.710,98	6,83
Bobina de plástico	72	R\$ 75.504,00	1	R\$ 1.048,67	3,71
Forrageira	120	R\$ 1.970,00	0,5	R\$ 8,21	0,03
bomba submersa	60	R\$ 2.776,00	4	R\$ 138,80	0,66
Tubos 2"	120	R\$ 498,00	4	R\$ 12,45	0,06
Poço	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
Mangueiras	60	R\$ 4.820,00	4	R\$ 241,00	1,14
Microaspersores	60	R\$ 3.847,00	4	R\$ 192,35	0,91
Conexões	60	R\$ 390,00	4	R\$ 19,50	0,09
Galpão	600	R\$ 5.000,00	4	R\$ 25,00	0,12
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\$ 1.320,00	4,67
Aux. Administração	Salário	1	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00	4,67
C. Custos Operacionais Totais (COT)				R\$ 26.462,53	94,48
C.1. (A) + (B)				R\$ 26.462,53	94,48
D. Custos de Oportunidade (CO)				R\$ 1.558,06	5,52
D.1. Remuneração da terra				R\$ 100,00	0,35
Arrendamento	Há	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00	0,35
D.2. Remuneração do Capital Fixo (6% a.a.)				R\$ 1.458,06	5,16
Infraestrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	R\$ 24.301,00	R\$ 1.458,06	5,16
E. CUSTOS TOTAIS				R\$ 28.020,59	100,00
E.1. CV + CF + CO				R\$ 28.020,59	100,00

*d/h=dia/homem

**h/t=hora/trator

Tabela 19. Médias da altura de plantas (AP), comprimento de vagens verdes (CVV), número de vagens verdes por planta (NVVP), peso de 100 grãos verdes (P 100G), produtividade de grãos verdes (PGV), produtividade de vagens verdes (PVV) do feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	AP (cm)	CVV (cm)	NVVP	P 100G (g)	PGV (t ha ⁻¹)	PVV (t ha ⁻¹)
80	20	63,48	21,675	4,738	43,417	1,388	2,610
80	36	63,68	21,725	5,003	43,510	1,435	3,346
80	52	65,88	22,450	5,640	44,933	1,767	3,866
80	68	68,05	22,250	5,238	43,625	1,789	4,174
120	20	64,63	20,900	4,623	43,875	1,518	3,205
120	36	64,65	20,675	4,702	43,900	1,597	3,601
120	52	66,68	21,675	5,677	45,228	1,873	3,930
120	68	68,90	20,950	5,145	44,475	1,804	4,181
160	20	65,20	20,850	4,948	43,980	1,594	3,549
160	36	68,15	22,150	5,183	45,013	1,850	4,221
160	52	69,63	22,275	5,719	45,258	2,035	4,587
160	68	68,95	21,700	5,035	44,625	1,948	4,473
200	20	62,70	19,825	4,184	42,825	1,272	3,140
200	36	65,83	21,200	4,165	42,500	1,474	3,310
200	52	66,38	21,650	5,133	44,590	1,897	4,054
200	68	66,80	20,775	4,542	44,583	1,736	4,113

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 20. Médias das produtividades de raízes graúdas, raízes extra AA, raízes extra A, raízes extra, raízes comerciais (PC) e raízes totais (PT) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	Graúda (t ha ⁻¹)	Extra AA (t ha ⁻¹)	Extra A (t ha ⁻¹)	Extra (t ha ⁻¹)	PC (t ha ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
80	20	2,825	2,167	2,372	2,568	9,931	12,756
80	36	3,475	2,659	2,983	3,057	12,173	14,789
80	52	4,524	5,062	3,067	3,099	15,823	18,505
80	68	5,27	4,395	3,058	2,536	15,261	18,118
120	20	3,921	3,39	2,644	2,919	12,874	15,614
120	36	5,242	4,688	3,014	3,159	16,104	18,331
120	52	6,111	5,243	3,574	3,511	18,44	19,374
120	68	6,716	4,992	3,457	2,9	18,065	18,948
160	20	3,298	3,021	2,821	3,464	12,556	13,952
160	36	4,461	4,191	3,379	3,819	15,85	16,886
160	52	7,266	5,482	3,848	3,99	20,585	20,76
160	68	6,505	4,384	3,548	3,051	17,488	19,745
200	20	2,671	2,906	2,09	3,108	10,775	14,452
200	36	3,58	3,303	2,494	3,337	12,714	14,757
200	52	4,776	4,226	2,73	3,521	15,254	16,656
200	68	6,034	4,095	3,08	2,566	15,773	16,748

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 21. Médias do número de folhas por planta (NF), altura de plantas (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca de raízes (MSR) de beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	NF	AP (cm)	MFPA (t ha ⁻¹)	MSR (t ha ⁻¹)
80	20	7,100	39,475	1,728	1,461
80	36	7,375	41,350	1,804	1,789
80	52	7,820	45,550	1,849	1,813
80	68	7,620	45,275	2,124	1,958
120	20	7,125	43,150	1,825	1,556
120	36	7,450	44,075	1,856	1,809
120	52	7,925	45,800	1,886	1,832
120	68	7,750	45,375	2,225	2,006
160	20	7,200	43,500	1,868	1,564
160	36	7,625	45,200	1,934	1,811
160	52	8,050	45,875	2,420	1,931
160	68	7,880	45,425	2,482	1,748
200	20	7,050	42,275	1,504	1,412
200	36	7,450	42,525	1,676	1,415
200	52	7,950	43,375	2,109	1,509
200	68	7,820	43,025	2,201	1,669

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 22. Médias do índice de produtividade do sistema (IPS), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de equivalência monetária (REM) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	IPS (t ha ⁻¹)	CET	REM
80	20	21,578	0,145	1,017
80	36	24,223	0,183	1,177
80	52	30,658	0,290	1,504
80	68	30,283	0,288	1,473
120	20	25,615	0,203	1,245
120	36	29,505	0,268	1,478
120	52	34,160	0,360	1,704
120	68	33,208	0,338	1,661
160	20	25,938	0,208	1,244
160	36	31,378	0,305	1,527
160	52	37,665	0,435	1,887
160	68	33,840	0,355	1,661
200	20	21,450	0,143	1,042
200	36	25,083	0,198	1,223
200	52	31,173	0,300	1,501
200	68	30,340	0,283	1,493

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitirana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 23. Médias da relação equivalente de terra (RET), vantagem do consórcio (VC), índice de eficiência produtiva (IEP), escore da variável canônica (Z) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e diversas densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	RET	VC	IEP	Z
80	20	0,79	12,93	0,81	1,91
80	36	0,89	13,81	0,77	2,29
80	52	1,13	17,19	0,84	2,97
80	68	1,11	17,24	0,77	2,88
120	20	0,94	14,60	0,94	2,43
120	36	1,09	15,95	0,92	2,99
120	52	1,26	18,60	0,92	3,43
120	68	1,22	17,99	0,86	3,35
160	20	0,95	15,12	0,93	2,39
160	36	1,16	17,83	0,94	2,99
160	52	1,39	20,34	0,98	3,82
160	68	1,25	18,96	0,85	3,28
200	20	0,79	12,23	0,82	2,03
200	36	0,92	14,23	0,79	2,39
200	52	1,15	18,06	0,83	2,89
200	68	1,12	16,94	0,76	2,95

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 24. Médias do índice de superação da beterraba sobre o feijão-caupi (ISb), índice de superação do feijão-caupi sobre a beterraba (ISc), razão competitiva (RC) e perda de rendimento real (PRR) dos sistemas consorciado de beterraba e feijão-caupi sob diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda incorporadas ao solo e diversas densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	ISb	ISc	RC	PRR
80	20	0,03	-0,03	2,00	1,52
80	36	0,05	-0,05	2,01	1,70
80	52	0,07	-0,07	2,02	2,16
80	68	0,14	-0,14	2,03	2,13
120	20	0,13	-0,13	2,02	1,80
120	36	0,18	-0,18	2,03	2,08
120	52	0,19	-0,19	2,05	2,40
120	68	0,21	-0,21	2,04	2,34
160	20	0,14	-0,14	2,03	1,83
160	36	0,19	-0,19	2,05	2,21
160	52	0,27	-0,27	2,07	2,65
160	68	0,23	-0,23	2,05	2,38
200	20	0,12	-0,12	2,02	1,51
200	36	0,18	-0,18	2,04	1,77
200	52	0,26	-0,26	2,05	2,19
200	68	0,11	-0,11	2,01	2,14

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 25. Médias da Renda bruta – RB, renda líquida – RL, taxa de retorno – TR e índice de lucratividade – IL da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes combinações de quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	RB (R\$ ha ⁻¹)	RL (R\$ ha ⁻¹)	TR	IL (%)
80	20	50314,07	27363,81	2,19	54,00
80	36	58217,46	30028,49	2,07	51,24
80	52	74397,38	40969,69	2,23	55,00
80	68	72856,88	34190,48	1,88	46,49
120	20	61568,00	38575,33	2,68	62,53
120	36	73090,47	44859,08	2,59	61,28
120	52	84274,94	50804,83	2,52	60,14
120	68	82157,15	43448,33	2,12	52,75
160	20	61526,57	38491,47	2,67	62,24
160	36	75556,00	47282,19	2,67	62,52
160	52	93348,04	59877,93	2,79	64,06
160	68	82156,55	43405,31	2,12	52,81
200	20	51547,44	28469,93	2,23	55,19
200	36	60475,86	32159,63	2,14	52,85
200	52	74226,75	40671,81	2,21	54,76
200	68	73819,69	35026,03	1,90	47,42

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 26. Médias do pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), açúcares solúveis totais (AST) e betalaina (bet) da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	pH	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT (%)	AST (%)	Bet. (mg 100g)
80	20	6,0	8,57	0,129	66,43	6,06	42,01
80	36	6,1	9,01	0,131	68,78	6,10	43,42
80	52	6,2	9,79	0,132	74,17	6,15	45,99
80	68	6,3	9,89	0,138	71,67	6,51	41,13
120	20	6,1	8,64	0,130	66,46	6,23	43,57
120	36	6,2	9,65	0,132	73,11	6,29	46,58
120	52	6,3	9,87	0,133	74,21	6,63	47,64
120	68	6,4	10,03	0,139	72,16	6,80	44,80
160	20	6,2	9,61	0,131	73,36	6,34	49,91
160	36	6,3	9,78	0,133	73,53	6,60	57,05
160	52	6,4	9,98	0,134	74,48	6,85	59,66
160	68	6,5	9,89	0,140	70,64	6,88	46,56
200	20	6,1	9,35	0,132	70,83	6,48	44,33
200	36	6,2	9,40	0,134	70,14	7,08	52,98
200	52	6,3	9,43	0,136	69,34	7,30	57,56
200	68	6,1	9,08	0,142	63,94	7,38	43,12

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 27. Médias de luminosidade (L), angulo Hue (h°) e Croma da beterraba consorciada com feijão-caupi em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitirana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	L	h°	Croma
80	20	32,14	0,318	38,42
80	36	35,60	0,323	42,19
80	52	36,58	0,329	43,00
80	68	35,15	0,327	37,34
120	20	35,68	0,305	43,57
120	36	38,09	0,315	43,29
120	52	38,43	0,316	43,79
120	68	35,50	0,328	42,48
160	20	35,80	0,260	43,69
160	36	38,82	0,295	44,25
160	52	38,95	0,308	43,89
160	68	35,62	0,329	43,00
200	20	30,95	0,280	40,24
200	36	34,61	0,260	42,12
200	52	34,99	0,280	41,99
200	68	34,76	0,323	41,27

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitirana e flor de seda (t ha⁻¹)

Tabela 28. Médias da clorofila a (cl a), clorofila b (cl b) clorofila total (cl total) e carotenoides (car) dos grãos verdes de feijão-caupi consorciado com beterraba em diferentes quantidades equitativas de biomassa de jitrana e flor-de-seda e densidades populacionais de feijão-caupi.

Densidades populacionais ¹	Quantidades de biomassa seca ²	Cl a (mg g ⁻¹)	Cl b (mg g ⁻¹)	Cl total (mg g ⁻¹)	Car (mg g ⁻¹)
80	20	0,46	0,44	0,90	0,23
80	36	0,49	0,51	1,00	0,32
80	52	0,53	0,58	1,11	0,38
80	68	0,49	0,44	0,93	0,29
120	20	0,47	0,48	0,95	0,28
120	36	0,50	0,54	1,04	0,34
120	52	0,54	0,60	1,14	0,37
120	68	0,69	0,46	1,15	0,39
160	20	0,76	0,50	1,26	0,35
160	36	0,79	0,58	1,37	0,37
160	52	0,89	0,67	1,57	0,50
160	68	1,20	0,70	1,90	0,67
200	20	0,91	0,72	1,63	0,55
200	36	0,96	0,76	1,73	0,60
200	52	0,97	0,79	1,76	0,55
200	68	0,94	0,76	1,70	0,54

¹ de feijão-caupi (mil plantas ha⁻¹); ² de jitrana e flor de seda (t ha⁻¹)