



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, CRESCIMENTO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE
CULTIVARES DE BETERRABA EM SISTEMAS DE CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO COM COENTRO NO VERÃO

FORTALEZA

2023

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, CRESCIMENTO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE
CULTIVARES DE BETERRABA EM SISTEMAS DE CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO COM COENTRO NO VERÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia/Horticultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O47r Oliveira, Francisco Ronaldo Alves de.
Respostas fisiológicas, crescimento e compostos bioativos de cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão / Francisco Ronaldo Alves de Oliveira. – 2023.
104 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.
1. Beta vulgaris L.. 2. Coriandrum sativum. 3. Eficiência biológica.. 4. Pós-colheita.. 5. Trocas gasosas..
I. Título.

CDD 630

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, CRESCIMENTO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE
CULTIVARES DE BETERRABA EM SISTEMAS DE CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO COM COENTRO NO VERÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia/Horticultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Aprovada em: 28/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Maria Raquel Alcântara de Miranda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias
Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

Prof^ª. Dra. Elenice Monte Alvarenga
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Hozano de Souza Lemos Neto
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

A Deus.

À minha companheira e ao meu filho, *Ana Mirta e Tarcísio Luiz*, pelo amor, carinho e paciência durante toda minha trajetória acadêmica na graduação e pós-graduação.

Ofereço.

Aos meus pais *Maria Neci e Luiz Gonzaga*, camponeses, por todos os ensinamentos e esforços que fizeram para me proporcionar educação. A toda minha família que sempre acreditou em mim.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e por sempre ter me protegido e iluminado o meu caminho.

À minha família pelo amor, carinho e por sempre ter me incentivado a estudar e lutar pelos meus sonhos.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia (PPGAF) pela oportunidade de ingresso e continuação da construção de uma carreira acadêmica e profissional.

Ao professor Marcelo Guimarães pela orientação, amizade, apoio, paciência, ajuda em todas as etapas deste estudo e por ter acreditado em mim e na minha proposta de pesquisa.

Ao Instituto Federal do Piauí (IFPI), *campus* Cocal, pela colaboração e liberação para que eu pudesse ingressar, permanecer e concluir o curso de Doutorado.

Aos colegas e companheiros/as de trabalho, bem como aos meus alunos/as do IFPI *campus* Cocal pela colaboração, incentivo e compreensão durante todo o tempo que estive ausente e em afastamento parcial.

Aos professores/as do Departamento de Fitotecnia da UFC/PPGAF, em especial, Marcelo Guimarães, José Wágner, Júlio César, Rosilene Mesquita, Marcos Esmeraldo, Renato Innecco, Sebastião Medeiros, Raquel de Miranda, Carmem Dolores e Lamartine Soares pelas ajudas e conhecimentos partilhados durante minha trajetória no Doutorado.

Aos servidores/as e empregados/as terceirizados/as do Departamento de Fitotecnia e Horta Didática da UFC.

Aos professores e professoras do Centro de Ciências Agrárias da UFC que contribuíram com seus conhecimentos e contribuições em diversas etapas desta pesquisa, em especial, Assis Júnior e Jaedson Cláudio (Ciências do Solo), Magno Candido (Zootecnia), Thales Vinícius e Leonardo Monteiro (Engenharia Agrícola).

Aos professores de outras instituições Carlos Tadeu (ESALQ/USP), Bezerra Neto (UFERSA) e Yves Quinet (UECE), com os quais aprendi muito em disciplinas cursadas no Doutorado, bem como todos/as aqueles/as que passaram pela minha vida escolar, desde a infância, até o Doutorado.

Aos parceiros e amigos Everton, Arnaldo, Islone e Fernando da Estação Meteorológica da UFC, pelo apoio na condução dos experimentos.

Aos amigos/as e companheiros/as que estão ou que já passaram pelo NEON, em especial, Caris Viana, Benedito Pereira (Bené), Janiquelle Rabelo, Hozano Lemos, Ana Régia, Gabrielen Dias, Cícera Manuele, Maiara Pereira, Gabriela Meneses, Marcos da Silva, Natália

dos Santos, Nailson Oliveira, Pedro Henrique, Iana Mendes, Lazaro Casseiro, Davi Guilherme, Bruna Almeida...

Aos bolsistas de Iniciação Científica do projeto de pesquisa que deu origem a esta Tese, Iana Mendes, Lazaro Casseiro e Davi Guilherme, que contribuíram de forma muito significativa em todas as etapas, dos experimentos à realização das análises.

À turma do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de frutas, em especial, a professora Dra. Raquel de Miranda, João Alves, Rute Xavier, Débora Samara e Camila Ribeiro.

À turma do Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, especialmente a analista Márcia Régia e o amigo João Alves pela valiosa contribuição nas análises de pós-colheita da beterraba.

Aos companheiros de apartamento Luiz Felipe e Francisco Linco pelo companheirismo durante minha estadia em Fortaleza.

Aos colegas, amigo/as que foram contemporâneos no Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela ajuda e apoio sempre que precisei, também pela ótima convivência ao longo do curso de doutorado, em especial, Linda Brenna, Ingrid Pinheiro, Diene Miranda, Letícia Bessa, Rafael Santiago, Johny Silva, Francisco Linco, Raylson Melo (*In memoriam*), Luiz Ferreira, Poliana Duarte, Charles Pinheiro, Wenner Vinícius, Vanessa Sarmiento, Fernanda Carla, Bruno Café...

Aos amigos e amigas de jornada na sala do doutorado Marcelo Pinheiro, Jéssica Soares, Vanessa Vasconcelos, Tamires Pereira, Hozano Lemos, Vanessa Vasconcelos, Tomil Ricardo e Leane Fialho pelos cafés, conversas, trocas de experiências e diversos momentos que levarei para sempre.

A todos/as que de alguma forma colaboraram com esta conquista.

Muito obrigado!

“Não há saber mais ou saber menos, há saberes diferentes” (FREIRE, 1968).

RESUMO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é originária de regiões de clima ameno e tem seu cultivo dificultado em locais de temperaturas e radiação solar elevadas, sobretudo no verão. Nessas condições, o sistema consorciado pode favorecer a produção de culturas agrícolas. Objetivou-se avaliar características agronômicas, eficiência biológica, qualidade pós-colheita, respostas fisiológicas e compostos bioativos de cinco cultivares de beterraba em consórcio com coentro (*Coriandrum sativum*) no verão. O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, em área da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE. Foram avaliados cinco cultivares de beterraba (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna e Maravilha) em consórcio com coentro. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A beterraba foi colhida aos 72 dias após a semeadura (DAS). Nesse período, foram realizados dois ciclos de cultivo de coentro, com colheitas aos 37 e 32 DAS. Foram avaliadas características biométricas e produtivas da beterraba e coentro; índices de eficiência biológica dos sistemas consorciados; parâmetros de qualidade pós-colheita, trocas gasosas e compostos bioativos da beterraba. A produtividade de raízes comerciais das cultivares de beterraba no sistema solteiro foi superior ao sistema consorciado, com médias de 14,54 e 6,32 t ha⁻¹, respectivamente. A produtividade de biomassa fresca de coentro no sistema solteiro foi superior aos consórcios com beterraba (20,41 e 9,10 t ha⁻¹, respectivamente), com superioridade do primeiro ciclo em relação ao segundo. Apenas a cultivar Fortuna em consórcio teve índice de uso eficiente da terra (UET) maior que 1,0, enquanto Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top tiveram melhores índices de produtividade do sistema (IPS). As cultivares Itapuã 202, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram maior relação sólidos solúveis/acidez titulável comparado às cultivares Early Wonder 2000 e Fortuna. As cultivares tiveram menor percentual de anéis brancos no cultivo consorciado, a exceção da Fortuna, que teve no cultivo solteiro. As cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram melhor desempenho de taxa fotossintética líquida (*A*), eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso da água (EUA) aos 36 DAS em cultivo solteiro. Aos 69 DAS, a Early Wonder Tall Top teve maior *A*, EiC e EUA, em ambos os sistemas de cultivo, juntamente com a Early Wonder 2000 em consórcio. Maior teor de polifenóis totais foi observado nas cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha no sistema consorciado. A cultivar Fortuna teve maior conteúdo de betacianinas e betalainas totais, enquanto que Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram maior conteúdo de betaxantinas. O cultivo solteiro de coentro e das cultivares de beterraba Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early

Wonder Tall Top e Maravilha é mais vantajoso que o sistema consorciado, enquanto que a Fortuna tem maior eficiência biológica em consórcio com coentro. O sistema consorciado melhora a qualidade das raízes de beterraba diminuindo o percentual de anéis brancos concêntricos e aumentando os teores de polifenóis totais. O cultivo consorciado limita as trocas gasosas da beterraba aos 36 DAS e favorece aos 69 DAS.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.; *Coriandrum sativum*; eficiência biológica; pós-colheita; trocas gasosas.

ABSTRACT

Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is native to regions with mild climates and its cultivation is difficult in places with high temperatures and solar radiation, especially in summer. Under these conditions, the intercropping system can favor the production of agricultural crops. The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics, biological efficiency, postharvest quality, physiological responses, and bioactive compounds of five beetroot cultivars intercropped with coriander (*Coriandrum sativum*) in summer. The study was carried out between December 2020 and February 2021, in an area of the Federal University of Ceará, in Fortaleza-CE. Five beetroot cultivars (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna, and Maravilha) intercropped with coriander were evaluated. A randomized block design with four replicates was used. The beetroot was harvested 72 days after sowing (DAS). During this period, two coriander cultivation cycles were carried out, with harvests at 37 and 32 DAS. Biometric and productive characteristics of beetroot and coriander were evaluated; biological efficiency indexes of intercropped systems; post-harvest quality parameters, gas exchange and bioactive compounds of beetroot. The productivity of commercial roots of beetroot cultivars in the single system was higher than that in the intercropped system, with averages of 14.54 and 6.32 t ha⁻¹, respectively. The productivity of fresh biomass of coriander in the single system was higher than that in the intercropped system with beetroot (20.41 and 9.10 t ha⁻¹, respectively), with the first cycle being superior to the second. Only the Fortuna cultivar in intercropped system had a land use efficiency index (LUE) greater than 1.0, while Early Wonder 2000 and Early Wonder Tall Top had better system productivity indexes (SPI). The cultivars Itapuã 202, Early Wonder Tall Top and Maravilha had a higher soluble solids/titratable acidity ratio compared to the cultivars Early Wonder 2000 and Fortuna. The cultivars had a lower percentage of white rings in the intercropped crop, with the exception of Fortuna, which had a lower percentage in the single crop. The cultivars Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha had better performance in net photosynthetic rate (*A*), instantaneous carboxylation efficiency (iCE) and instantaneous water use efficiency (WUE) at 36 DAS in single crop. At 69 DAS, the Early Wonder Tall Top had higher *A*, iCE and WUE in both cropping systems, together with the Early Wonder 2000 in intercropped crop. Higher total polyphenol content was observed in the cultivars Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha in the intercropped system. The Fortuna cultivar had a higher content of total betacyanins and betalains, while Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha had a higher content of betaxanthins. The single cultivation of coriander and the beet cultivars

Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha is more advantageous than the intercropping system, while Fortuna has greater biological efficiency in intercropping with coriander. The intercropping system improves the quality of beet roots by decreasing the percentage of concentric white rings and increasing the total polyphenol contents. Intercropping limits beet gas exchanges at 36 DAS and favors them at 69 DAS.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; *Coriandrum sativum*; biological efficiency; postharvest; gas exchange.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar média (%) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	40
Figura 2 - Croqui das parcelas experimentais com cultivo solteiro de beterraba (A), cultivo solteiro de coentro (B) e cultivo consorciado de cultivares de beterraba com coentro (C). Fortaleza, Ceará, Brasil	41
Figura 3 - Peso médio da raiz (PMR) de cinco cultivares de beterraba cultivadas em sistemas solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil	51
Figura 4 - Produtividade comercial de raiz (PCR) de cinco cultivares de beterraba cultivadas em sistemas solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	52
Figura 5 - Número de folhas (NF) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil	54
Figura 6 - Área foliar (AF) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil	55
Figura 7 - Cultura do coentro aos 37 DAS do primeiro ciclo em sistema solteiro (A) e consorciado com beterraba Maravilha (B); e aos 32 DAS do segundo ciclo em sistema solteiro (C) e consorciado com beterraba Maravilha (D). Fortaleza, Ceará, Brasil	56
Figura 8 - Percentual de anéis brancos concêntricos (AB) em cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	62
Figura 9 - Corte transversal de raízes tuberosas de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	62
Figura 10 - Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar média (%) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	71
Figura 11 - Croqui das parcelas experimentais com cultivo solteiro de beterraba (A) e cultivo consorciado de cultivares de beterraba com coentro (B). Fortaleza, Ceará, Brasil	72

Figura 12 - Taxa fotossintética líquida (<i>A</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil.....	81
Figura 13 - Beterraba Early Wonder 2000 em sistema de cultivo solteiro (<i>A</i>) e consorciado com coentro (<i>B</i>) aos 36 DAS de ambas as culturas. Fortaleza, Ceará, Brasil	82
Figura 14 - Taxa fotossintética líquida (<i>A</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 69 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	83
Figura 15 - Condutância estomática (<i>g_s</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	84
Figura 16 - Eficiência instantânea de carboxilação (<i>EiC</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS (<i>A</i>) e 69 DAS (<i>B</i>), em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	85
Figura 17 - Eficiência instantânea de uso da água (<i>EUA</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	86
Figura 18 - Eficiência instantânea de uso da água (<i>EUA</i>) de cinco cultivares de beterraba aos 69 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	87
Figura 19 - Teores de compostos fenólicos totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicos da camada de 0-20 cm do solo da área utilizada no experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	41
Tabela 2 - Caracterização química do esterco bovino e cinza vegetal utilizados para adubação do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	42
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), diâmetro médio da raiz (DMR), peso médio da raiz (PMR), massa seca da raiz (MSR) e produtividade comercial de raiz (PCR) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	48
Tabela 4 - Altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro médio da raiz (DMR) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	49
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção, na época do verão. Fortaleza, Ceará, Brasil	53
Tabela 6 - Altura de plantas (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção, na época do verão. Fortaleza, Ceará, Brasil	56
Tabela 7 - Índice de uso eficiente da terra do sistema (UET), UET parcial para beterraba (UETb), UET parcial para coentro (UETc), contribuição relativa da cultura da beterraba ao UET (CRC), razão de área equivalente no tempo (RAET) e índice de produtividade do sistema (IPS) de consórcios de cinco cultivares de beterraba com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	58
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e percentual de anéis brancos concêntricos (AB) de cinco cultivares de	

beterraba cultivadas em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	60
Tabela 9 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	61
Tabela 10 - Características físico-químicos da camada de 0-20 cm do solo da área utilizada no experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	72
Tabela 11 - Caracterização química do esterco bovino e cinza vegetal utilizados para adubação do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil	73
Tabela 12 - Resumo da análise de variância para índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), razão raiz/parte aérea (R/PA) e índice de colheita (IC) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	78
Tabela 13 - Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), razão raiz/parte aérea (R/PA) e índice de colheita (IC) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	78
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e razão C_i/C_a , eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso de água (EUA) de cinco cultivares de beterraba, aos 36 DAS, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	80
Tabela 15 - Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e razão C_i/C_a , eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso de água (EUA) de cinco cultivares de beterraba, aos 69 DAS, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	81
Tabela 16 - Resumo da análise de variância para teores de polifenóis totais, betacianinas, betaxantinas e betalaínas totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	88
Tabela 17 - Teores de betacianinas, betaxantinas e Betalaínas totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	HIPÓTESES	19
3	OBJETIVOS	20
3.1	Geral	20
3.2	Específicos	20
4	CAPÍTULO I – REFERENCIAL TEÓRICO	21
4.1	Clima e o desenvolvimento das hortaliças	21
4.2	Cultura da beterraba	22
4.3	Cultura do coentro	25
4.4	Cultivo consorciado	25
4.5	Aspectos da fisiologia de hortaliças em cultivo consorciado	27
4.6	Qualidade pós-colheita no cultivo consorciado	29
5	CAPÍTULO II - CONSÓRCIO DE CULTIVARES DE BETERRABA COM COENTRO NO VERÃO: PRODUÇÃO, EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA	37
5.1	Introdução	39
5.2	Material e métodos	40
5.2.1	<i>Área de estudo</i>	40
5.2.2	<i>Delineamento experimental</i>	41
5.2.3	<i>Preparo da área</i>	42
5.2.4	<i>Implantação e condução das culturas</i>	42
5.2.5	<i>Características avaliadas</i>	43
5.2.5.1	<i>Biometria e produção da beterraba</i>	43
5.2.5.2	<i>Biometria e produção do coentro</i>	44
5.2.5.3	<i>Eficiência biológica</i>	45
5.2.5.4	<i>Qualidade pós-colheita da beterraba</i>	46
5.2.6	<i>Análise dos dados</i>	47
5.3	Resultados e discussão	47
5.3.1	<i>Biometria e produção da beterraba</i>	47
5.3.2	<i>Biometria e produção do coentro</i>	53
5.3.3	<i>Eficiência biológica</i>	57

5.3.4	<i>Qualidade pós colheita da beterraba</i>	60
5.4	Conclusões	63
6	CAPÍTULO III – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE BETERRABA CONSORCIADAS COM COENTRO NO VERÃO	68
6.1	Introdução	70
6.2	Material e métodos	71
6.2.1	<i>Área de estudo</i>	71
6.2.2	<i>Delineamento experimental</i>	72
6.2.3	<i>Preparo da área</i>	73
6.2.4	<i>Implantação e condução das culturas</i>	74
6.2.5	<i>Características avaliadas</i>	75
6.2.5.1	<i>Índices de crescimento</i>	75
6.2.5.2	<i>Trocas gasosas</i>	75
6.2.5.3	<i>Compostos bioativos</i>	76
6.2.6	<i>Análise dos dados</i>	77
6.3	Resultados e discussão	77
6.3.1	<i>Índices de crescimento</i>	77
6.3.2	<i>Trocas gasosas</i>	80
6.3.3	<i>Compostos bioativos</i>	87
6.4	Conclusões	90
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	REFERÊNCIAS	95
	ANEXO A - FOTO AÉREA DO EXPERIMENTO AOS 69 DAS	104

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças é uma atividade agrícola de grande relevância social e econômica, contribuindo para a geração de emprego e renda no campo e na cidade, bem como na melhoria da qualidade de vida das pessoas que produzem e que consomem estes produtos. Muitas espécies olerícolas são altamente exigentes em relação às condições de solo e clima, além disso, sua produção é considerada uma atividade intensiva em seus mais variados aspectos, fato que contribui para a necessidade de alto investimento por hectare explorado. Tudo isso torna cada vez mais necessária a implementação de sistemas de cultivo que sejam mais eficientes, não só do ponto de vista produtivo, mas também social e ambiental.

Uma das técnicas que podem contribuir para amenizar essa problemática é o cultivo consorciado. Nesta forma de cultivo, duas ou mais culturas crescem simultaneamente na mesma área durante todo ou parte do ciclo de cultivo (GUERRA et al., 2022). A consorciação de culturas é um sistema de cultivo usado em muitas regiões do mundo para a produção de alimentos e tem como objetivo aumentar a eficiência de uso da terra e a rentabilidade das culturas (CUNHA-CHIAMOLERA et al., 2017). Além disso, pode contribuir para uma agricultura sustentável (MARTIN-GUAY et al., 2018).

Apesar de ser um sistema vantajoso do ponto de vista socioeconômico e ambiental, a consorciação de culturas é complexa devido à diversas interações que ocorrem no agroecossistema (BEDOUSSAC et al., 2015). A competição por recursos como água, luz e nutrientes, por exemplo, pode levar à redução dos processos energéticos e metabolismo das plantas, contribuindo para menor produção de biomassa e da produtividade (SU et al., 2014). Pode influenciar também nas características qualitativas do produto colhido, ocasionando a diminuição na qualidade da produção e reduzindo a lucratividade do sistema (COUTINHO et al., 2017). Assim, o sucesso da consorciação depende, entre outros fatores, das espécies e cultivares utilizadas, sendo crucial selecionar culturas que sejam complementares (COSTA et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Neste contexto, um dos consórcios entre espécies de hortaliças já citado como de boa viabilidade (GRANGEIRO et al., 2011) é o da beterraba (*Beta vulgaris* L.) com coentro (*Coriandrum sativum* L.). Essas duas culturas possuem diferenças entre ciclos de produção, sistemas radiculares e exigências nutricionais, o que as tornam promissoras para uso nesse sistema de cultivo.

A beterraba, mesmo sendo uma espécie originária de regiões de clima temperado, tem grande importância no Brasil, estando entre as dez hortaliças mais produzidas no país

(SILVA et al., 2019). Essa espécie tem alto valor nutritivo, sendo rica em vitaminas, minerais, carotenoides, compostos bioativos antioxidantes como betalaínas e polifenóis (BAIÃO et al., 2017; BANGAR et al., 2022). É uma planta de ciclo fotossintético C₃, em que o primeiro produto formado durante a fixação de CO₂ é um composto de três carbonos (SIVARAM et al., 2020). Além disso, por ser originária de regiões de clima temperado, seu ponto de saturação de temperatura é em torno de 25 °C e o ponto de saturação luminosa de 1.000 μmol de fótons m⁻² s⁻¹ (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021). Assim, seu cultivo tem limitações em regiões de clima tropical como no Nordeste brasileiro, principalmente no verão.

Já o coentro, apesar de também ter ciclo fotossintético C₃, é amplamente adaptado e cultivado em países tropicais e subtropicais no mundo (YASHNI et al., 2021). No Brasil, sua área de produção é principalmente concentrada no Norte e Nordeste e geralmente é praticada pela agricultura familiar (FREITAS et al., 2020). Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, sua utilização é como planta medicinal e condimento para diversos tipos de pratos (ALMEIDA et al., 2019). O coentro é rico em vitaminas A, B1 e B2 e C, assim como em cálcio e ferro, e amplamente utilizado nas indústrias farmacêutica e cosmética (DE; DE, 2021).

Apesar do exposto, no geral, pesquisas têm buscado avaliar a eficiência da consorciação dessas culturas apenas a nível de espécie, limitando-se a apresentar seus índices agroeconômicos. Dessa forma, há carência de estudos mais completos que evidenciem os parâmetros fisiológicos e a qualidade da produção. Faltam também estudos que indiquem cultivares adaptadas a esse sistema em cultivo no verão, como no caso da beterraba.

Este trabalho está dividido em três capítulos. O primeiro é sobre o referencial teórico do tema da pesquisa e os principais parâmetros avaliados; o segundo é dos resultados obtidos relacionados à produção, eficiência biológica e qualidade pós-colheita de cultivares de beterraba consorciadas com coentro no verão; e o terceiro sobre respostas fisiológicas e compostos bioativos de cultivares de beterraba consorciadas com coentro no verão.

Com esta pesquisa busca-se preencher as lacunas mencionadas, obtendo-se informações que sirvam de subsídios para o aprimoramento do sistema de cultivo consorciado com beterraba e coentro, e, conseqüentemente, contribuam para melhoria da produção de beterraba na época de verão.

2 HIPÓTESES

A partir da problemática apresentada, como hipóteses a serem confirmadas ou refutadas com a realização desta pesquisa, admite-se:

- a) Entre as cultivares estudadas, existe uma que mais se adapta ao cultivo consorciado com coentro no verão;
- b) O cultivo de beterraba consorciada com coentro no verão é mais vantajoso do que o sistema solteiro e influencia na melhoria da qualidade pós-colheita da beterraba no verão;
- c) O cultivo consorciado com coentro melhora o desempenho fisiológico e aumenta a produção de compostos bioativos em cultivares de beterraba no verão.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o cultivo de beterraba consorciada com coentro buscando obter informações para aprimorar o consórcio dessas culturas e a produção de beterraba no verão.

3.2 Específicos

- a) Avaliar o desempenho agrônômico de cinco cultivares de beterraba em consórcio com coentro no verão;
- b) Avaliar a eficiência biológica do consórcio de cinco cultivares de beterraba com coentro no verão;
- c) Verificar a qualidade pós-colheita de cinco cultivares de beterraba em cultivo consorciado com coentro no verão;
- d) Analisar a influência do cultivo consorciado com coentro sobre processos fisiológicos e compostos bioativos de cinco cultivares de beterraba no verão.

4 CAPÍTULO I – REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Clima e o desenvolvimento das hortaliças

O clima influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas, estando diretamente relacionado com processos metabólicos importantes como fotossíntese e respiração. Elementos climáticos como temperatura do ar, luminosidade e umidade do ar estão entre os mais relevantes para o cultivo das hortaliças.

A temperatura do ar exerce profundo efeito sobre todos os organismos vivos, favorecendo ou limitando o crescimento (BRITO; SILVA; CRISPIM, 2019). A adaptação das hortaliças às condições de temperatura ao longo das estações do ano, permite agrupá-las em hortaliças de clima quente, hortaliças de clima ameno e hortaliças de clima frio, originando a chamada “termo classificação” das hortaliças (PUIATTI; FINGER, 2019a).

Neste sentido, cada espécie botânica cultivada como hortaliça e cada cultivar, apresenta uma faixa termo climática mais propícia ao seu desenvolvimento. Temperaturas abaixo do nível ótimo, podem retardar a germinação, prolongar o ciclo, provocar o florescimento prematuro de certas hortaliças, prejudicando o desenvolvimento da parte comercializável. Pode também causar injúria pelo frio (*chilling*) ou pelo congelamento (*freezing*). Já temperaturas acima do nível ótimo podem ocasionar redução do ciclo, queda de flores e diminuição na qualidade do produto final (GUIMARÃES et al., 2015).

O metabolismo das hortaliças é fortemente influenciado pela temperatura. Baixas e altas temperaturas reduzem a taxa fotossintética por inibirem ou desnaturarem os sistemas enzimáticos (LOPES; LIMA, 2015). No caso das plantas que apresentam o ciclo fotossintético C₃, como a maioria das hortaliças, o ponto de saturação de temperatura gira em torno de 25 °C, significando que nessa temperatura a quantidade líquida de CO₂ assimilada pela fotossíntese é máxima (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021). Sendo assim, sob temperaturas acima do ponto de saturação, haverá decréscimo na fotossíntese líquida e aumento linear da respiração e fotorrespiração (TAIZ et al., 2017).

A luz (energia luminosa) é essencial para a vida das plantas na Terra, sobretudo por ser indispensável no processo de fotossíntese. Em cultivos de campo, a intensidade luminosa, que diz respeito à quantidade de radiação luminosa que atinge a superfície (irradiância); e a duração, que se refere ao comprimento do dia ou fotoperíodo, são componentes muito importantes para as hortaliças, pois induzem processos fisiológicos diferenciados (PUIATTI; FINGER, 2019a).

Em regiões de clima tropical e subtropical, a intensidade luminosa máxima fica em torno de 1.800 a 2.400 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em dias ensolarados (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021). O ponto de compensação de luz (intensidade de luz na qual as taxas fotossintéticas e respiratórias se igualam) para a maioria das plantas C_3 cultivadas é cerca de 20 a 40 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As plantas do grupo C_4 se saturam com mais de 80% da intensidade de luz solar total de um dia de verão, e algumas vezes não alcançam a saturação, ao passo que as C_3 , geralmente ficam saturadas com cerca de 30% (LOPES; LIMA, 2015).

Neste sentido, para plantas C_3 , o ponto de saturação luminoso está entre 1.000 e 1.500 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PUIATTI; FINGER, 2019a). Desse modo, quando as folhas são expostas a uma quantidade de luz acima do ponto de saturação, ocorre a redução da fotossíntese em virtude de um fenômeno denominado fotoinibição (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021), além da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que causam danos às células (TAIZ et al., 2017).

Além da intensidade, a duração diária da luz, chamada de fotoperíodo, influencia diversos processos fisiológicos nos vegetais, como crescimento vegetativo, bulbificação, floração, frutificação e produção de sementes (GUIMARÃES et al., 2015). Neste sentido, plantas que apresentam respostas fisiológicas e/ou morfológicas aos fotoperíodos longo e curto, são chamadas de plantas de dias longos e plantas de dias curtos, respectivamente; enquanto que aquelas insensíveis ao fotoperíodo, são plantas de dias neutros ou indiferentes (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021).

Por fim, a umidade relativa do ar é um dos mais relevantes elementos que atuam na atmosfera, pois em maior ou menor grau, influencia na temperatura, no regime de chuvas e na sensação térmica (PEREIRA, BRITO E MEDEIROS, 2021). Ademais, a perda de água por transpiração e a condutância estomática são processos fisiológicos diretamente influenciados pela umidade relativa do ar (TAIZ et al., 2017).

4.2 Cultura da beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris* L.), hortaliça mais importante da família Chenopodiaceae, é originária de regiões de clima temperado da Ásia e Europa (CHHIKARA et al., 2019). A cultura está entre as dez olerícolas mais produzidas no Brasil, sendo São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul os estados que mais produzem (SILVA et al., 2019).

As cultivares de beterraba domesticadas são subdivididas em quatro grupos: beterraba açucareira (*B. vulgaris* var. *altissima*), beterraba forrageira (*B. vulgaris* var. *crassa*),

beterraba folhosa, também denominada como acelga (*B. vulgaris* var. *cicla*) e a beterraba hortícola, também conhecida como olerácea ou de mesa (*B. vulgaris* var. *esculenta*) (MATTEDI; LAURINDO, 2021). Apesar de ser considerada raiz tuberosa, anatomicamente o órgão armazenador de reserva não é a raiz, mas consiste do entumescimento do eixo hipocótilo-raiz, formado próximo à superfície do solo e de pequena porção superior da raiz pivotante (PUIATTI; FINGER, 2019b).

A tonalidade roxa do tubérculo se deve à presença de pigmentos heterocíclicos à base de nitrogênio, solúveis em água, chamados betalaínas (BANGAR et al., 2022). As betalaínas são metabólitos secundários compostos por dois grupos básicos: as betacianinas vermelhas e as betaxantinas amarelas, ambas derivadas do aminoácido aromático tirosina (SKALICKY et al., 2020). Outros fitoquímicos biologicamente ativos encontrados na beterraba são flavonoides, saponinas e polifenóis ou compostos fenólicos (BAIÃO et al., 2017). Os compostos fenólicos são tipos de metabólitos secundários como flavonoides, saponinas e ácidos fenólicos, que têm papel crucial na qualidade dos alimentos vegetais (BANGAR et al., 2022). Além disso, favoreceram a proteção contra a radiação solar, sendo utilizados como filtros UV e atuam no sistema de defesa antioxidante das plantas (ALMEIDA; SANTOS, 2018).

A beterraba contém na parte aérea e nas raízes, elementos que lhe conferem alto valor nutritivo. De forma geral, a composição química da beterraba tem carotenoides, nitratos, flavonoides, vitaminas; minerais como potássio, sódio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês; além das já citadas betalaínas, todos com inúmeros benefícios à saúde (PANGHAL et al., 2017). Além disso, a beterraba tem sido utilizada para extração de corantes naturais para a indústria alimentícia, sendo considerados substâncias seguras para o consumo (CHHIKARA et al., 2019).

A beterraba faz parte do grupo de plantas conhecidas como plantas ou espécies C_3 , nomenclatura atribuída devido ao fato do primeiro produto formado durante a fase de fixação de CO_2 no processo fotossintético ser um composto de três carbonos (SIVARAM et al., 2020). Esta fase ocorre nas células do mesófilo via ciclo de Calvin-Benson, que é um processo chave para a produção de metabólitos ricos em energia, ocorrendo com intermédio da enzima RUBISCO (Ribulose-1, 5-Bifosfato-Carboxilase Oxigenase), carboxilação da ribulose-1,5-bifosfato (RuBP), redução do 3-fosfoglicerato e regeneração de RuBP (HU et al., 2023).

Por ser originária de regiões de clima temperado, a cultura da beterraba desenvolve-se melhor em locais com temperaturas baixas ou amenas, próximas a $20\text{ }^\circ\text{C}$ (AGUIAR et al. 2021; SANTANA et al., 2021). Esta exigência da cultura pode ser explicada pela sua ecofisiologia, pois sabe-se que a espécie tem ciclo fotossintético C_3 e o ponto de saturação de

temperatura gira em torno de 25 °C, significando que, nessa temperatura, a quantidade líquida de CO₂ assimilada pela fotossíntese é máxima (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021).

Já o ponto de saturação luminosa está em torno de 1.000 μmol de fótons m⁻² s⁻¹. Assim, em regiões de clima quente como no Nordeste brasileiro, o crescimento e a produtividade da cultura são limitados, uma vez que a alta radiação solar e temperatura prejudicam o metabolismo da planta, como visto no subtópico 4.1. Além disso, quando plantada sob temperaturas elevadas, a parte tuberosa tem anéis brancos podendo alterar o sabor (SOUZA et al., 2020). Neste contexto, no Nordeste brasileiro seu cultivo tem como fator limitante as temperaturas elevadas, já que tende a ocorrer a redução da pigmentação das raízes e, conseqüentemente, da qualidade do produto.

Praticamente todas as cultivares de beterraba plantadas no Brasil são de origem norte-americana ou europeia, com raiz tuberosa com formato globular e constituem o grupo denominado Wonder (TIVELLI et al., 2011). Dentre as seleções, temos os cultivares Early Wonder 2000 e Tall Top Early Wonder, que apresentam características como: ciclo de 60 a 80 dias; com raízes globulares e de coloração purpúrea, interna e externamente. Apresentam folhas eretas, alongadas, de tamanho uniforme e coloração verde-escura (TIVELLI et al., 2011).

A cultivar Itapuã 202 é a única de origem nacional, possuindo como características principais a tolerância à cercosporiose, maior tolerância ao calor em comparação às cultivares importadas e diminuição de anéis brancos na raiz tuberosa (FILGUEIRA, 2008). A cultivar apresenta elevado desenvolvimento foliar, com folhas de coloração verde intensa e raízes que chegam a ter de 6 a 8 cm de diâmetro, com coloração roxo-escura.

Também pode-se encontrar na região nordeste as cultivares Maravilha e Fortuna. A Maravilha possui raízes de formato globular, com coloração vermelho intenso, podendo possuir diâmetro comercial de 6 a 8 cm e com pouca incidência de anéis brancos, bom desenvolvimento foliar (45 a 55 cm) e ciclo de 65 a 80 dias. Já a Fortuna, possui ciclo de 75 a 85 dias, exibe alto vigor, raízes redondas e de ótima coloração externa e interna (TIVELLI et al., 2011).

Apesar da cultura ser cultivada predominantemente em monocultivo, pesquisas têm mostrado sua eficiência produtiva em sistema consorciado (GRANGEIRO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2020; LINO et al., 2021; GUERRA et al., 2022). No entanto, de forma geral, esses estudos focam muito na avaliação de características biométricas e índices de cultivo, deixando de lado avaliações de parâmetros fisiológicos e compostos bioativos e a qualidade do protuto colhido, bem como não indicam a(s) cultivar(es) que mais se adaptam ao sistema de cultivo.

4.3 Cultura do coentro

O coentro (*C. sativum* L.), também conhecido como salsa chinesa, é uma planta anual pertencente à família Apiaceae (Umbelliferae). É originário da Europa Mediterrânea e cultivado pelo povo chinês desde o século I a.C. (WEI et al., 2019). A cultura do coentro é amplamente adaptada e cultivada em vários países tropicais e subtropicais do mundo (YASHNI et al., 2021).

No Brasil, sua área de produção é principalmente concentrada no Norte e Nordeste e geralmente é praticada pela agricultura familiar (FREITAS et al., 2020). É tradicionalmente cultivado por pequenos agricultores, em hortas domésticas, escolares e comunitárias, em cultivo solteiro ou consorciado com outras hortaliças, principalmente cebolinha e alface (GRANJEIRO et al., 2011). Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil sua utilização é como planta medicinal e condimento para diversos tipos de pratos (ALMEIDA et al., 2019).

O coentro é rico em vitaminas A, B1, B2 e C, assim como cálcio e ferro, e amplamente utilizado na indústrias farmacêutica e cosmética (DE; DE, 2021). Os principais constituintes químicos são o (E)-2-Decenal e o linalol, embora possa haver diferenças na composição e quantidade devido a fatores como genótipo, ambiente de cultivo e tempo de colheita (WEI et al., 2019). Dentre as propriedades medicamentosas têm sido relatados uma ampla gama de efeitos biológicos e atividades como propriedades anticancerígenas, antioxidantes e antidiabéticas (YASHNI et al., 2021).

Apesar de fazer parte do grupo de plantas que apresentam mecanismo fotossintético do tipo C₃, o coentro é uma cultura de clima quente. Não tolera baixas temperaturas, é pouco exigente em relação ao solo e muito tolerante à acidez (FILGUEIRA, 2008). Há poucas variedades plantadas no Brasil, destacando-se o Verdão, Americano Gigante e Português.

Apesar de ser amplamente explorado no semiárido brasileiro, o coentro é pouco pesquisado, sendo escassos estudos que foquem na melhoria produtiva da cultura (ALMEIDA et al., 2019).

4.4 Cultivo consorciado

A consorciação de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma área, com ciclos e/ou arquiteturas distintas, sendo que seus produtos não são colhidos, necessariamente, ao mesmo tempo (MEDEIROS et al., 2019; GUERRA et al., 2022).

É também denominado de policultivo, podendo utilizar várias culturas numa mesma área, buscando imitar a diversidade dos ecossistemas naturais (BEZERRA NETO et al., 2012).

O cultivo consorciado é praticado há muito tempo, sendo encontrado em todas as partes do mundo (RAMALHO et al., 2016). Os sistemas consorciados são alternativas viáveis, embora já sejam práticas tradicionais presentes na agricultura brasileira e aplicado principalmente em propriedades rurais de base familiar (ANDRADE FILHO et al. 2020).

O cultivo em consórcio permite ao agricultor otimizar o uso da terra e os demais fatores de produção, possibilitando maior produtividade e diversidade de produtos, o que favorece a ampliação das fontes de renda e estabilidade de rendimentos (CUNHA-CHIAMOLERA et al., 2017). Outros benefícios relatados são o menor declínio de produtividade durante a seca (NATARAJAN; WILLEY, 1986; ALTIERI et al., 2015); maior cobertura do solo aumentando a proteção contra erosão (LOPES; LIMA, 2015); melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo, sobretudo quando uma das espécies consortes é uma leguminosa (GONG et al, 2019; NYAWADE et al., 2019); redução da infestação com plantas espontâneas (SEDIYAMA; SANTOS; LIMA, 2014) e redução da ocorrência de doenças (SINGH; ANAND; KAPOOR, 2019).

Além disso, no cultivo consorciado a diversificação de espécies favorece a redução ou até mesmo o controle de insetos-praga. Em consórcio de couve com espécies aromáticas e condimentares, a população de pulgões apresentou crescimento mais lento nos sistemas de consórcio da couve com coentro e salsa, constituindo uma estratégia promissora para reduzir as populações desta praga, bem como as perdas ocasionadas por ela (HENDGES et al., 2018).

Uma das razões apresentadas para o sucesso do sistema de consórcio é que as espécies componentes se complementam e fazem uso mais eficiente dos recursos ao crescerem juntas do que separadamente (LOPES; LIMA, 2015; BEZERRA NETO et al., 2023). Isso ocorre quando as culturas diferem na maneira como usam e encontram os recursos, diminuindo assim a competição interespecífica (DUCHENE; VIAN; CELETTE, 2017).

A complementaridade pode ser categorizada como temporal, espacial e química (JUSTES et al., 2014). A temporal ocorre quando as espécies apresentam um intervalo de tempo entre os estágios de maior exigência por recursos; a espacial, está relacionada à absorção de nutrientes e depende principalmente da arquitetura e da profundidade das raízes; enquanto a química refere-se à capacidade das espécies mobilizarem diferentes formas de nutrientes, como acontece com as leguminosas que se associam a bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

As interações que ocorrem no sistema podem ser positivas (facilitação, complementaridade), mas também negativas (WEZEL et al., 2014) como a competição. No que

diz respeito à competição, esta pode se dar acima do solo (*above ground*) principalmente relacionada à luz e ao espaço; e abaixo do solo (*below ground*), relativas a disponibilidade de água e nutrientes (WU et al., 2012). Assim, a eficiência da consorciação está alicerçada na manipulação e escolha do arranjo espacial (SILVA et al., 2018), e na combinação de espécies e cultivares de características diferentes e que se complementem melhorando o desempenho geral (COSTA et al., 2017).

Na olericultura, estudos têm mostrado que o cultivo consorciado é vantajoso quando comparado ao monocultivo, podendo-se citar o consórcio de beterraba e coentro (GRANGEIRO et al., 2011; RAMALHO et al., 2016), coentro com rúcula e cenoura (LINHARES et al., 2017), coentro com couve (HENDGES et al., 2018), coentro, rúcula e beterraba (ANDRADE FILHO et al., 2020), beterraba e caupi-hortaliça (MORAIS et al., 2018; RIBEIRO et al., 2020), beterraba e rúcula (LINO et al., 2021) e beterraba e alface (SILVA et al., 2018; GUERRA et al., 2022).

4.5 Aspectos da fisiologia de hortaliças em cultivo consorciado

No consórcio de hortaliças, em que se tem duas ou mais espécies cultivadas juntas em pelo menos parte do ciclo, existe a possibilidade de haver competição entre plantas, tanto entre espécies (interespecífica), como dentro da espécie (intraespecífica). Essa competição se dá, principalmente, por espaço físico, luz (radiação solar), água e nutrientes, podendo afetar diretamente o metabolismo dessas plantas (GUIMARÃES et al., 2022).

Neste contexto, a avaliação das trocas gasosas das culturas consorciadas torna-se relevante quando se busca entender a dinâmica e as respostas fisiológicas de plantas submetidas a este sistema de cultivo. Entre os parâmetros de trocas gasosas comumente avaliados em cultivos consorciados, estão a taxa de fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E), a concentração interna de CO_2 (C_i), razão entre as concentrações de CO_2 interno e do ambiente (C_i/C_a) e a eficiência instantânea de uso da água (EUA) (CUNHA-CHIAMOLERA et al., 2017; VIANA et al., 2021).

Quando as culturas são plantadas em consórcio pode haver sombreamento, reduzindo a interceptação de luz, taxa fotossintética (A) e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados devido ao impacto negativo sobre processos fisiológicos da planta (LOPES; LIMA, 2015). Em agroecossistemas de multiespécies a quantidade total de luz interceptada pelo dossel e a taxa de assimilação líquida por unidade de área foliar interfere diretamente na biomassa produzida pelos vegetais (LAMBERS et al., 2008). Isso ocorre porque quando uma

planta é sombreada durante o período de convivência, a quantidade de luz que atinge as folhas pode se tornar fator limitante, comprometendo assim o metabolismo energético pela redução da taxa de assimilação de CO₂ (SU et al., 2014), o que reduz o crescimento e a produtividade (GONG et al., 2015).

Por outro lado, a menor incidência de radiação solar, em decorrência do sombreamento parcial, diminui a evapotranspiração das culturas deixando as plantas menos sujeitas a estresse hídrico (LOPE; LIMA, 2015). Pesquisadores citam que a redução da abertura estomática e, conseqüentemente, da transpiração em plantas sombreadas é comum (GUIMARÃES et al., 2022). Este efeito torna-se relevante principalmente em regiões de clima tropical. Neste sentido, a taxa de transpiração (E) e a eficiência instantânea de uso da água (EUA), podem demonstrar se o cultivo consorciado afeta positivamente estes parâmetros.

O sombreamento parcial possivelmente pode favorecer plantas que possuem ciclo fotossintético C₃, como a beterraba, reduzindo a fotoinibição. Quando folhas são expostas a uma quantidade de luz maior do que podem usar, o centro de reação do fotossistema II (PSII) é inativado e, frequentemente, danificado principalmente por danos à proteína D1 (TAIZ et al., 2017). Este processo causa diminuição da eficiência fotossintética, afetando negativamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade desta espécie (PEREIRA; BRITO; MEDEIROS, 2021), como citado anteriormente no item 4.1. Neste caso, a condutância estomática (g_s) e a relação entre concentração de CO₂ interna e do ambiente (C_i/C_a) podem dar respostas fisiológicas esclarecedoras, pois revelam se uma possível limitação da fotossíntese é difusional ou por danos bioquímicos (GUERRA et al., 2017). Assim, estes parâmetros podem revelar se este processo foi amenizado no cultivo consorciado quando comparado ao solteiro, ou até mesmo entre cultivares diferentes.

Sob condições de baixa luminosidade (sombreamento parcial), as plantas podem ter três opções de adaptação ao estresse de luz: redução da taxa respiratória, de modo a baixar a irradiância de compensação; aumento da área foliar para promover uma maior superfície de interceptação e absorção de luz; aumento da taxa fotossintética por unidade de área foliar e por unidade de energia luminosa (LOPES; LIMA, 2015).

Portanto, diferentes cultivares podem ter melhor crescimento, desenvolvimento e produtividade em sistemas consorciados em virtude de possuírem melhores respostas fisiológicas às condições inerentes a este sistema e condições climáticas. A partir do conhecimento dessas respostas pode-se indicar cultivares e estudar diferentes arranjos de plantio visando obter informações que sejam úteis para o aprimoramento e aumento da eficiência desse sistema de cultivo no verão.

4.6 Qualidade pós-colheita no cultivo consorciado

A qualidade é o conjunto de características do alimento que permitem a sua adequação para consumo *in natura* ou após o processamento, considerando atributos relacionados à aparência (tamanho, formato, brilho, defeitos, cor e forma de apresentação), textura (firmeza e suculência), durabilidade, sabor e aroma, valor nutritivo e segurança para o consumo (BALBINO; FAVARATO, 2018).

Os fatores pré-colheita têm influência marcante na qualidade e vida útil dos produtos hortícolas na fase pós-colheita. Características como tempo de armazenamento, composição química, aparência externa, estrutura anatômica, qualidade sensorial e outras, podem ser influenciadas pelos tratamentos culturais e condições ambientais às quais foi exposto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A qualidade dos produtos no campo inicia com a seleção de sementes e/ou mudas certificadas, bem como, de cultivares que melhor se adequem às condições climáticas da região, entre outros fatores (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O uso de tecnologias apropriadas ao desenvolvimento das culturas e as condições ambientais às quais os produtos são expostos na fase de pré-colheita influenciam na qualidade e vida útil pós-colheita dos frutos e hortaliças (BARROS et al., 2012). Neste sentido, uma das técnicas de cultivo que pode melhorar a pós-colheita dos produtos é o sistema consorciado.

Apesar das vantagens proporcionadas pelo consórcio, este sistema pode interferir diretamente na qualidade da produção. A competição entre as espécies por nutrientes, água e luminosidade pode resultar em efeitos negativos na qualidade do produto (COUTINHO et al., 2017). Pode também haver efeito positivo em virtude da complementaridade entre as culturas consortes, pois existem espécies que quando cultivadas juntas obtêm benefícios mútuos (FERREIRA et al., 2011).

A associação de árvores aos cafezais, por exemplo, contribui para melhorar os aspectos físicos e químicos dos grãos, pois o sombreamento parcial condiciona um microclima favorável, podendo diminuir os efeitos de estresses por exposição à radiação solar e temperatura elevadas (SOUZA et al., 2013). Efeito positivo do consórcio de ameixa com alfafa no parâmetro sólidos solúveis totais também foi relatado (WANG et al., 2023).

Em relação às hortaliças, as interferências negativas de elementos climáticos podem ser amenizadas com a modificação do ambiente de cultivo, como ocorre no sistema consorciado, por favorecer um microclima propício à produção e à qualidade das culturas em épocas desfavoráveis (ALVES et al., 2020). A consorciação rúcula-jambu no semiárido brasileiro, possibilitou identificar que este sistema de cultivo, combinado com irrigações de

déficit, impacta positivamente na qualidade das culturas e na produção de óleo essencial do jambu (RABELO, 2021). Já os parâmetros de qualidade pós-colheita firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C de raízes de cenoura cultivada em consórcio com rabanete não foram influenciadas pelo sistema de cultivo (FERREIRA et al., 2011).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. R.; FRANÇA, A. C.; CRUZ, R. S.; SARDINHA, L. T.; MACHADO, C. M. M.; FERREIRA, B. O.; ARAÚJO, F. H. V. Produção e qualidade de beterrabas submetidas a diferentes manejos de adubação e efeito residual na produção de milho cultivado em sucessão. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 1, p. 60-70, 2021.
- ALMEIDA, A. S.; SANTOS, A. F. Flavonoides do Gênero *Annona*. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 475-485, 2018.
- ALMEIDA, B. C.; LEMOS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, L. S. Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-7, 2019.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, H.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 869-890, 2015.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. N.; COUTINHO, P. W. R.; MACEDO JUNIOR, E. K.; KLOSOWSKI, E. S.; BLACK, A. V.; INAGAKI, A. M. Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físico-químicas da couve de folha sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 79987-80001, 2020.
- ANDRADE FILHO, F. C.; OLIVEIRA, E. Q.; LIMA, J. S. S.; MOREIRA, J. N.; SILVA, I. N.; LINS, H. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F. 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, n. 1, p. 210-224, 2020.
- BAIÃO, D. D. S.; SILVA, D. V.; DEL AGUILA, E. M.; PASCHOALIN, V. M. F. (2017). Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. **Food Additives**, v. 6, n. 6, p. 2017.
- BALBINO, J. M. S.; FAVARATO, L. F. Boas práticas de colheita e de pós-colheita da batata-baroa. In: BALBINO, J. M. S. (Org.). **Cultura da batata-baroa (mandioquinha-salsa):** práticas da produção à pós-colheita. Vitória: Incaper, 2018. 126 p. cap. 7, p. 103-124.
- BANGAR, S. P.; SHARMA, N.; SANWAL, N.; LORENZO, J. M.; SAHU, J. K. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, n. 1, p. 111556, 2022.
- BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J.; TOSIN, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1078-1084, 2012.
- BEDOUSSAC, L.; JOURNET, E. P.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; NAUDIN, C.; CORREHELLOU, G.; JENSEN, E.S.; PRIEUR, L.; JUSTES, E. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 911–935, 2015.

- BEZERRA NETO, F.; PORTO, V. C. N.; GOMES, E. G.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MOREIRA, J. N. Assessment of agroeconomic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, v. 14, n. 1, p. 11-17, 2012.
- BEZERRA NETO, F.; RIBEIRO, J. R. S.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; GUERRA, N. M.; NUNES, R. L. C. NuneAgro-bioeconomic feasibility of immature cowpea and beet cultivar combinations in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 70-79, 2023.
- BRITO, E. G.; SILVA, M. V. C.; CRISPIM, A. B. **Climatologia**. Fortaleza, CE: EdUECE, 2019. 106 p.
- CHHIKARA, N.; KUSHWAHA, K.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 192-200, 2019.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 783 p.
- COSTA, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVA, M. L.; LIMA, L. S. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; PORTO, V. C. N. Intercropping of carrot x cowpea-vegetables: evaluation of cultivar combinations fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 633-641, 2017.
- COUTINHO, P. W. R.; OLIVEIRA, P. S. R.; ECHER, M. M.; CADORIN, D. A.; VANELLI, J. Establishment of intercropping of beet and chicory depending on soil management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 674-682, 2017.
- CUNHA-CHIAMOLERA, T. P. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; SANTOS, D. M. M.; CRUZ, F. J. R. Gas 32mportan, photosynthetic pigments, and growth in tomato: lettuce intercropping. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 77, n. 4, p. 295-302, 2017.
- DE, L. C.; DE, T. Nutrient rich foods in human diet as immunity boosters. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, n. 3, p. 197-206, 2021.
- DUCHENE, O.; VIAN, J-F.; CELETTE, F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 240, n. 3, p. 148-161, 2017.
- FERREIRA, F. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S. Qualidade pós-colheita de cenoura durante o desenvolvimento em monocultivo e consorciada com rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 423-428, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 421p.
- FREITAS, M. S. M.; GONÇALVES, Y.S.; LIMA, T. C.; SANTOS, P. C.; PEÇANHA, D. A.; VIEIRA, M. E.; CARVALHO, A. J.C.; VIEIRA, I. J. C. Potassium sources and doses in

coriander fruit production and essential oil 33mportan. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 268-273, 2020.

GONG, W. Z.; JIANG, C. D.; WU, Y. S.; CHEN, H. H.; LIU, W. Y.; YANG, W. Y. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v. 53, n. 3, p. 259-268, 2015.

GONG, X.; LIU, C.; LI, J.; LUO, Y.; YANG, Q.; ZHANG, W.; YANG, P.; FENG, B. Responses of rhizosphere soil properties, enzyme activities and microbial. **Soil and Tillage Research**, v. 195, n. 12, p. 2019.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

GUERRA, N. M.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; PORTO, V. C. N.; QUEIROGA, R. C. F.; LINO, V. A. S.; SÁ, J. M. Agro-economic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 82-91, 2022.

GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. R. C.; GARITA, A. A.; GOMES, S. G. Condições climáticas para o cultivo. In: GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. R. C. (Eds.). **Implantação de hortas: aspectos a serem considerados**. Fortaleza, CE: Protograf Gráfica e editora, 2015. 104 p. cap. 4, p. 28-41.

GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; LIMA NETO, B. P.; HENDGES, A. R. A. A.; VIANA, C. S.; RABELO, J. S.; OLIVEIRA, F. R. A. Physiological responses of arugula/nirá intercropping under diferente arrangements and **growing seasons**. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 255-260, 2022.

HENDGES, A. R. A. A.; MELO, J. W. S.; GUIMARAES, M. A.; RABELO, J. S. Intercropping Kale with Culinary Herbs Alters Arthropod Diversity and Hinders Population Growth in Aphids. **Hortscience**, v. 53, p. 44-48, 2018.

HU, J.; CHEN, J.; WANG, W.; ZHU, L. Mechanism of growth inhibition mediated by disorder of chlorophyll metabolism in rice (*Oryza sativa*) under the stress of three polycyclic aromatic hydrocarbons. **Chemosphere**, v. 329, p. 1-9, 2023.

JUSTES, E.; BEDOUSSAC, L.; CORRE-HELLOU, G.; FUSTEC, J.; HINSINGER, P.; JEUFFROY, M. H.; JOURNET, E. P.; LOUARN, G.; NAUDIN, C.; PELZER, E. Les processus de complémentarité de niche et de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leur efficacité pour l'acquisition des ressources abiotiques. **Innovations Agronomiques**, n. 40, n. 1, p. 1-24, 2014.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York, New York, USA, Ed. 2. 2008.

- LINHARES, P. C. A.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; RODRIGUES, G. S. O.; CHAVES, A. P. Polycultures of coriander, carrot, and arugula in strip-intercropping system. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 622-632, 2017.
- LINO, V. A. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; GUERRA, N. M.; LINO, F. K. K. S.; SÁ, J. M.; SILVA, J. N. Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 432-443, 2021.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. 492 p.
- MARTIN-GUAY, M. O.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; RIVEST, D. The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 767-772, 2018.
- MATTEDI, A. P.; LAURINDO, B. S. A cultura. In: AQUINO, L. A.; BORÉM, A. **Beterraba do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2021. 183 p. cap. 1, p. 9-18.
- MEDEIROS, M. L. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; LIMA, J. S. S.; SILVA, M. L.; PÁDUA, G. V. G. Consorciação de caupi-hortaliça e beterraba sob diferentes quantidades de flor-de-seda incorporadas ao solo. **Revista Verde**, v. 14, n. 1, p. 12-20, 2019.
- MORAIS, E. C.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; SILVA, J. N.; NUNES, R. L. C.; LINHARES, P. C. A. Habilidade competitiva e biológica do consórcio beterraba com caupi-hortaliça proveniente de adubação verde e de arranjos espaciais. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 433-442, 2018.
- NATARAJAN, M.; WILLEY, R. W. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 13, p. 117-131, 1986.
- NYAWADE, C. O.; KARANJA, N. N.; GACHENE, C. K. K.; GITARI, H. I.; SCHULTE-GELDERMANN, E.; PARKER, M. L. Short-term dynamics of soil organic matter fractions and microbial activity in smallholder potato-legume intercropping systems. **Applied Soil Ecology**, v. 142, n. 10, p. 123-135, 2019.
- PANGHAL, A.; VIRKAR, K.; KUMAR, V.; DHULL, S. B.; GAT Y.; CHHIKARA, N. Development of probiotic beetroot drink. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, v. 5, n. 3, p. 257-262, 2017.
- PEREIRA, F. H. F.; BRITO, M. E. B.; MEDEIROS, J. E. Exigências climáticas e Ecofisiologia. In: AQUINO, L. A.; BORÉM, A. **Beterraba do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2021. 183 p. cap. 2, p. 19-37.
- PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Clima e as hortaliças. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. (Eds.). **Olericultura, teoria e prática**. (2. Ed.). Viçosa, MG: UFV, DFT, 2019a. 632 p. cap. 2, p. 33-48.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Cultura da beterraba. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. (Eds.). **Olericultura, teoria e prática**. (2. Ed.). Viçosa, MG: UFV, DFT, 2019b. 632 p. cap. 24, p. 465-478.

RABELO, J. S. **Determinantes fisiológicos, metabólicos e produtivos na consorciação da rúcula com jambu em função do regime hídrico no semiárido**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

RAMALHO, W. B.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; ALMEIDA, A. M. B.; MORAIS, A. P. Desempenho econômico do consórcio de coentro com beterraba, adubados com doses de jitrana, combinada com esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p.78-83, 2016.

RIBEIRO, J. R. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; CHAVES, A. P.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L.C. 2020. Production efficiency in cultivar combinations of beet and cowpea. **Horticultura Brasileira** v. 38, n. 4, p. 445-453, 2020.

SANTANA, F. M. S.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; SILVA, A. F. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LINS, H. A. Economic viability of beet crops using *Calotropis procera* biomass as soil fertilizer in two growing seasons. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 846-856, 2021.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.

SILVA, G. A.; GRANGEIRO, L. G.; SOUSA, V. F. L.; SILVA, L. R. R.; JESUS, P. M. M.; SILVA, J. L. A. Agronomic performance of beet cultivars as a function of phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 518-523, 2019.

SILVA, I. N.; BEZERRA NETO, F. B.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LIMA, J. S. S.; BATISTA, T. M. V.; LINS, H. A. Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 451-457, 2018.

SINGH, N.; ANAND, G.; KAPOOR, R. Incidence and severity of fungal diseases of safflower in India. **Crop Protection**, v. 125, n. 11, p. 104905, 2019.

SIVARAM, A. K.; LOGESHWARAN, P.; LOCKINGTON, R.; NAIDU, R.; MEGHARAJ, M. The impact of low molecular weight organic acids from plants with C₃ and C₄ photosystems on the rhizoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 19, n. 1, p.100957, 2020.

SKALICKY, M.; KUBES, J.; SHOKOOFEH, H.; TAHJIB-UL-ARIF, M; VACHOVA, P.; HEJNAK, V. Betacyanins and Betaxanthins in Cultivated Varieties of Beta vulgaris L. Compared to Weed Beets. **Molecules**, v. 25, n. 5395, p. 1-15, 2020.

SOUZA, A. J. J.; MATSUMOTO, S. N.; MALTA, M. R.; GUIMARÃES, R. J. Qualidade do café arborizado e a pleno sol em manejo pós-colheita no sudoeste da Bahia. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 109-120, 2013.

SOUZA, L. G. S.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M.; FRANCISCO, W. M.; PINTO, G. P. Desempenho agronômico de cultivares de beterraba sob coberturas de solo e épocas de cultivo. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 764-777, 2020.

SU, BY; SONG, YX; SONG, C; CUI, L; YONG, TW; YANG, WY. Growth and photosynthetic responses of soybean seedlings to maize shading in relay intercropping system in Southwest China. **Photosynthetica**, v. 52, n. 10, p. 332-340, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 45p.

VIANA, C. S.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SAMPAIO, I. M. G.; HENDGES, A. R. A. A.; RABELO, J. S. Competitive ability and physiological aspects of single and intercropped arugula (*Eruca sativa* Miller). **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 2, p. 505-520, 2021.

WANG, X.; SHEN, L.; LIU, T.; WEI, W.; ZHANG, S.; TUERTI, T.; LI, L.; ZHANG, W. Juvenile plumcot tree can improve fruit quality and economic benefits by intercropping with alfalfa in semi-arid areas. **Agricultural Systems**, v. 205, n. 2, p. 103590, 2023.

WEI, J. N.; LIU, Z. N.; ZHAO, Y. P.; ZHAO, L. L.; XUE, T. K.; LAN, Q. K. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**, v. 286, n. 7, p. 260-267, 2019.

WEZEL, A., CASAGRANDE, M., CELETTE, F., VIAN, J. F., FERRER, A., PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 1-20, 2014.

WU, K.; FULLEN, M. A.; AN, T.; FAN, Z.; ZHOU, F.; XUE, G.; WU, G. Above- and below-ground interspecific interaction in intercropped maize and potato: A field study using the 'target' technique. **Field Crops Research**, v. 139, p. 63-70, 2012.

YASHNI, G.; AL-GHEETHI, A.; MOHAMED, R. M.S. R.; SHANMUGAN, V. A.; BAKAR, J. A. Characterization of *Coriandrum sativum* leaves as a sustainable green biosorbent. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, n. 1, p. 1345-1349, 2021.

5 CAPÍTULO II – CONSÓRCIO DE CULTIVARES DE BETERRABA COM COENTRO NO VERÃO: PRODUÇÃO, EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA

Resumo – A cultura da beterraba (*Beta vulgaris* L.) não se adapta bem a regiões de clima quente, sobretudo no verão. No entanto, o cultivo consorciado propicia condições que possivelmente pode favorecer a produção dessa espécie nessas regiões. Com este estudo objetivou-se avaliar características biométricas, eficiência biológica e qualidade pós-colheita de cinco cultivares de beterraba consorciadas com coentro (*Coriandrum sativum*) no verão. O experimento foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE. Foram avaliadas cinco cultivares de beterraba (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna e Maravilha) consorciadas com coentro. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A beterraba foi colhida aos 72 dias após a semeadura (DAS), sendo que nesse período foram realizados dois ciclos de cultivo de coentro, com colheitas aos 37 e 32 DAS. Características biométricas e produtivas da beterraba e coentro, índices de eficiência biológica dos sistemas consorciados e parâmetros de qualidade pós-colheita da beterraba, foram avaliados. A produtividade de raízes comerciais (PRC) das cultivares de beterraba no sistema solteiro foi superior ao sistema consorciado, com médias de 14,54 e 6,32 t há⁻¹, respectivamente. A produtividade de massa fresca da parte aérea (MFPA) de coentro no sistema solteiro também foi superior aos consórcios com beterraba (20,41 e 9,10 t há⁻¹, respectivamente), sendo maior no primeiro ciclo. A cultivar Fortuna em consórcio com coentro teve índice de uso eficiente da terra (UET) maior que 1,0, enquanto Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top tiveram melhores índices de produtividade do sistema (IPS). As cultivares Itapuã 202, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram maior relação sólidos solúveis/acidez titulável comparado às cultivares Early Wonder 2000 e Fortuna. As cultivares tiveram menor percentual de anéis brancos no cultivo consorciado, a exceção da Fortuna, que teve no cultivo solteiro. Portanto, o cultivo solteiro de coentro e das cultivares de beterraba Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha é mais vantajoso que o sistema consorciado, enquanto para a Fortuna o consórcio é mais vantajoso. O sistema consorciado melhora a qualidade pós-colheita da beterraba diminuindo o percentual de anéis brancos concêntricos nas raízes.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.; *Coriandrum sativum*; consorciação; qualidade pós-colheita; uso eficiente da terra.

INTERCROPPING OF BEET CULTIVARS WITH CORIANDER IN SUMMER: PRODUCTION, BIOLOGICAL EFFICIENCY AND POST-HARVEST QUALITY

Abstract – Beetroot (*Beta vulgaris* L.) does not adapt well to hot climates, especially in summer. However, intercropping provides conditions that may favor the production of this species in these regions. This study aimed to evaluate the biometric characteristics, biological efficiency and postharvest quality of five beetroot cultivars intercropped with coriander (*Coriandrum sativum*) in summer. The experiment was carried out in an experimental area of the Federal University of Ceará, in Fortaleza-CE. Five beetroot cultivars (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna and Maravilha) intercropped with coriander were evaluated. A randomized block design with four replicates was used. Beetroot was harvested 72 days after sowing (DAS), and during this period two coriander cultivation cycles were carried out, with harvests at 37 and 32 DAS. Biometric and productive characteristics of beet and coriander, biological efficiency indexes of intercropped systems and post-harvest quality parameters of beet were evaluated. The commercial root productivity (CRP) of beet cultivars in the single system was higher than in the intercropped system, with averages of 14.54 and 6.32 t ha⁻¹, respectively. The fresh mass productivity of the aerial part (FMAP) of coriander in the single system was also higher than in the intercropped system with beet (20.41 and 9.10 t ha⁻¹, respectively), being higher in the first cycle. The Fortuna cultivar in intercropped with coriander had a land use efficiency index (LUE) greater than 1.0, while Early Wonder 2000 and Early Wonder Tall Top had better system productivity indexes (SPI). The Itapuã 202, Early Wonder Tall Top and Maravilha cultivars had a higher soluble solids/titratable acidity ratio compared to the Early Wonder 2000 and Fortuna cultivars. The cultivars had a lower percentage of white rings in the intercropping system, with the exception of Fortuna, which had a lower percentage of white rings in the single crop. Therefore, the single cropping of coriander and the beet cultivars Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha is more advantageous than the intercropping system, while for Fortuna the intercropping system is more advantageous. The intercropping system improves the post-harvest quality of the beet by reducing the percentage of concentric white rings in the roots.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; *Coriandrum sativum*; intercropping; post-harvest quality; efficient land use.

5.1 Introdução

Um dos desafios para a produção de beterraba em regiões de clima quente e na época de verão são as elevadas temperaturas e radiação solar, pois a cultura apresenta melhor desenvolvimento em regiões com temperaturas amenas ou baixas, próximas a 20 °C (SANTANA et al., 2021).

Um das técnicas promissoras para este fim é a consorciação de culturas, que consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais culturas na mesma área, exploradas concomitantemente durante parte ou todo o período de desenvolvimento (GUERRA et al., 2022). Neste sistema, pode ocorrer a modificação do ambiente de cultivo, propiciando a criação de um microclima favorável ao desenvolvimento das culturas em épocas desfavoráveis, como no verão (ALVES et al., 2020). Além disso, com a seleção adequada de espécies, este sistema pode levar a uma produção global por área maior do que as monoculturas, possibilitando a produção com uso racional do solo e menor impacto ambiental (CECÍLIO FILHO et al., 2017; GONG et al., 2019).

Apesar de apresentar vantagens econômicas e ambientais, o consórcio é um sistema de produção mais complexo do que a monocultura, podendo haver competição entre as espécies consortes. Dependendo das culturas consorciadas e de fatores como população de plantas pode ocorrer competição interespecífica por recursos como água, luz, radiação solar e nutrientes, na qual uma espécie pode superar a outra (CECÍLIO FILHO et al., 2019). Pode haver também perda de produtividade e diminuição da qualidade do produto colhido (COUTINHO et al., 2017). Desse modo, pesquisas que busquem selecionar culturas companheiras tem grande importância, já que a complementaridade acelera o crescimento e a produtividade das culturas (WAN; LEI, 2018; BEZERRA NETO et al., 2023).

O consórcio de beterraba com coentro (*Coriandrum sativum* L.) foi relatado como agroeconomicamente viável, com o plantio do coentro realizado aos sete dias após a semeadura da beterraba (GRANGEIRO et al., 2011), no entanto, neste trabalho não foram estudados cultivares de beterraba, para seleção dos que mais se adaptam a esse sistema, e também não foi avaliado se esse sistema de cultivo pode ou não causar alteração na qualidade da produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar características biométricas, eficiência biológica e qualidade pós-colheita de cinco cultivares de beterraba consorciadas com coentro no verão.

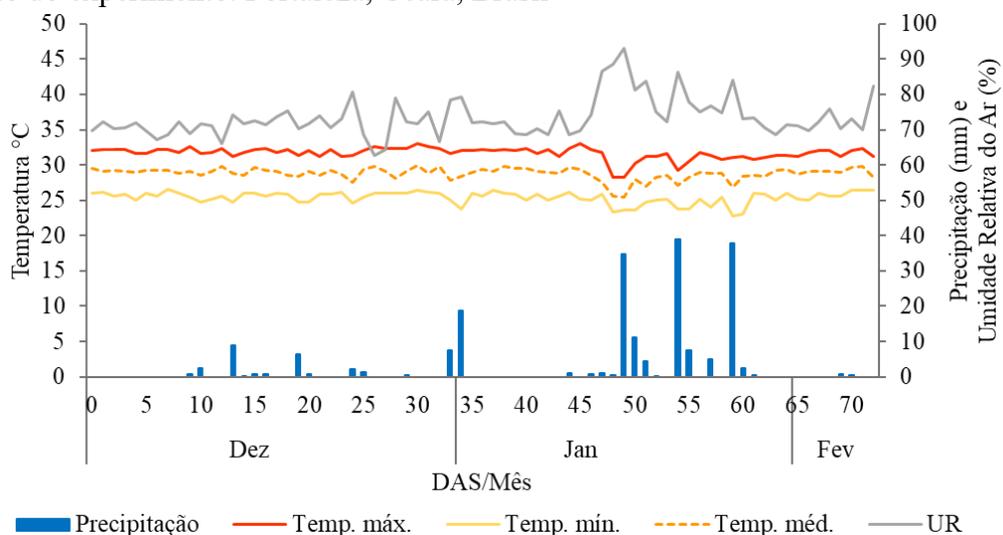
5.2 Material e Métodos

5.2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, em área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, cidade de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil. O local situa-se nas coordenadas geográficas 3°44'45''S e 38°34'55''W, a 19,5 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw', caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes no verão e outono, segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014).

Durante o período experimental a precipitação total foi de 197,0 mm, a temperatura e umidade relativa do ar, médias, de 28,9 °C e 73,3%, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar média (%) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil



Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018). As características físicas e químicas da camada de 0-20 cm estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas da camada de 0-20 cm do solo da área utilizada no experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil

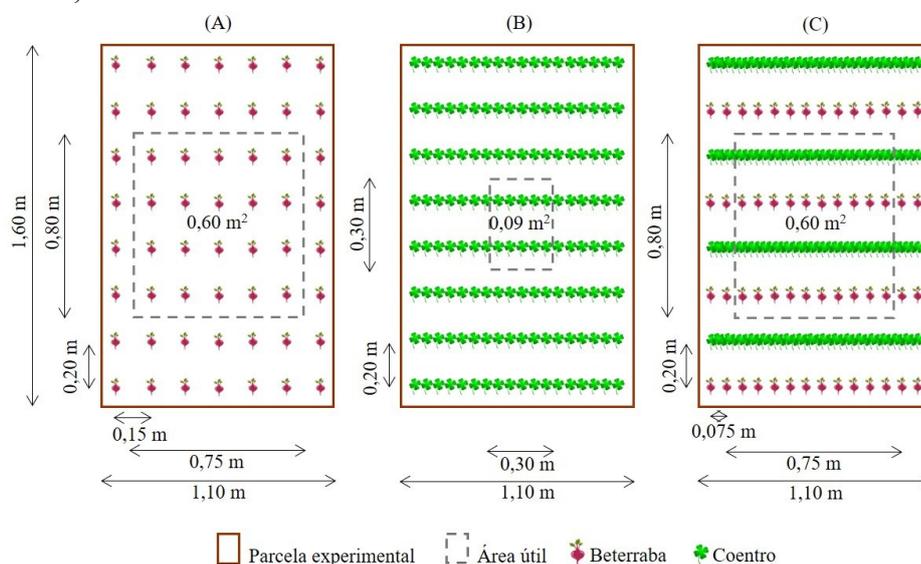
pH (H ₂ O)	CE (dS m ⁻¹)	M.O. (%)	P ----- (mg dm ⁻³)	K ----- (mg dm ⁻³)	Na ----- (mg dm ⁻³)	Ca ----- (cmol _c dm ⁻³)	Mg ----- (cmol _c dm ⁻³)	Al ----- (cmol _c dm ⁻³)	(H+Al) ----- (cmol _c dm ⁻³)	V (%)
6,8	0,5	0,8	12,8	40,0	5,0	1,5	0,6	0,0	0,3	86,8
Areia		Silte		Argila		Classe textural				
----- g kg ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----				
840,0		90,0		70,0		Areia franca				

Fonte: Laboratório de Análise de Solos Viçosa LTDA.

5.2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento em blocos completos aleatorizados, com onze tratamentos e quatro repetições, totalizando 44 parcelas experimentais. Cinco cultivares de beterraba em cultivo solteiro e consorciado com coentro, foram estudadas, sendo os seguintes tratamentos: T1: Beterraba Itapuã 202; T2: Beterraba Early Wonder 2000; T3: Beterraba Tall Top Early Wonder; T4: Beterraba Fortuna; T5: Beterraba Maravilha; T6: Coentro; T7: Beterraba Itapuã 202 + coentro; T8: Beterraba Early Wonder 2000 + coentro; T9: Beterraba Tall Top Early Wonder + coentro; T10: Beterraba Fortuna + coentro; T11: Beterraba Maravilha + coentro. Cada parcela foi constituída de um canteiro com área total de 1,68 m². A área útil das parcelas de beterraba solteira e consorciada com coentro correspondeu a 0,60 m², enquanto para o coentro foi de 0,09 m² (Figura 2).

Figura 2 – Croqui das parcelas experimentais com cultivo solteiro de beterraba (A), cultivo solteiro de coentro (B) e cultivo consorciado de cultivares de beterraba com coentro (C). Fortaleza, Ceará, Brasil



Fonte: próprio autor.

5.2.3 Preparo da área

O preparo inicial do solo foi realizado com grade pesada acoplada em trator. Os canteiros que constituíram cada parcela foram levantados a uma altura aproximada de 0,25 m, com auxílio de enxada rotativa acoplada a um trator. A adubação foi feita com base nas necessidades nutricionais da espécie mais exigente (beterraba), de acordo com a análise do solo (Tabela 1) e segundo recomendação de Aquino et al. (1993). Dessa forma, a recomendação para a beterraba é de 80:120:120 (N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente).

Esterco bovino curtido foi usado como fonte de nitrogênio, cinza vegetal oriunda de fábrica de produtos cerâmicos como fonte de potássio e fosfato de rocha como fonte de fósforo. A caracterização química do esterco e da cinza se encontra na Tabela 2. A adubação de plantio foi feita 10 dias antes da semeadura e a de cobertura 35 dias após a semeadura (DAS). O fosfato de rocha foi aplicado em plantio, o esterco e cinza vegetal foram aplicados metade em plantio e metade em cobertura. A suplementação com boro foi feita com cinco aplicações via foliar de “Boro Mais” (Ecocert Insumos) a cada 10 dias após a emergência, na dosagem de 500 g há⁻¹, conforme recomendação para a cultura, especificada no produto.

Tabela 2 – Caracterização química do esterco bovino e cinza vegetal utilizados para adubação do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil

MATERIAL	PARÂMETRO									
	pH (H ₂ O)	C ---(%)---	N	C/N	P	S	K	Ca	Mg	Na
Esterco	7,98	9,51	1,32	7,20	0,83	0,36	1,28	3,41	1,07	1,13
Cinza	13,02	0,31	0,06	-	1,08	0,53	3,60	43,65	1,40	1,18
	PARÂMETRO									
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	----- (mg dm ⁻³) -----				
Esterco	10963,70	251,20	29,30	182,40	13,70					
Cinza	8062,90	1389,50	100,90	112,30	61,40					

Fonte: Laboratório de Análise de Solos Viçosa LTDA.

5.2.4 Implantação e condução das culturas

A semeadura das culturas da beterraba e coentro foi realizada no dia 02/12/2020. A semeadura da beterraba foi direta, em fileiras transversais espaçadas de 0,20 m, com três glomérulos por cova distanciadas a 0,15 m entre si. Aos 18 DAS foi feito desbaste, deixando uma planta por cova, com população de 333.333 plantas há⁻¹ (GRANGEIRO et al., 2011).

A semeadura do coentro também foi direta, em sulcos transversais distanciados de 0,20 m, adotando-se a densidade de 3,0 g de sementes por metro linear de sulco (SOUSA et al., 2011).

No sistema consorciado, o arranjo espacial utilizado foi o de fileiras alternadas, espaçadas de 0,20 m, mantendo-se a mesma população de plantas adotada no cultivo solteiro para as duas culturas. A beterraba teve o espaçamento entre plantas reduzido pela metade (0,075 m) e o coentro teve a densidade de semeadura duplicada (6,0 g m⁻¹). A cultivar de coentro foi a Verdão (Top Seed®).

A irrigação foi por micro aspersão, utilizando-se água de poço localizado próximo ao local do experimento, classificada como C3S1, cujas características físico-químicas são: pH = 7,1, CE = 0,89 dS m⁻¹; RAS = 3,82; Ca²⁺ = 0,50; Mg²⁺ = 2,20; K⁺ = 0,40; Na⁺ = 6,20; Cl⁻ = 4,60; HCO₃⁻ = 4,5 (mmol_c L⁻¹). O manejo da irrigação foi feito a partir de dados climáticos coletados na Estação Agrometeorológica da UFC e foi direcionado para a cultura da beterraba, por ser a que apresenta maior demanda hídrica. A evapotranspiração da cultura (Etc) foi estimada pelo método do Tanque Classe A (ALLEN et al., 1998). Já para o coeficiente de cultivo (Kc), foram utilizados os valores 0,5, 1,05 e 0,95, nas fases inicial, média e final, respectivamente (ALLEN et al., 1998). A lâmina aplicada correspondeu a 100 % do Kc, e foi parcelada para dois períodos, manhã (09h30) e tarde (14h00).

Foi realizada amontoa na beterraba a cada 10 dias, iniciando logo após o desbaste. O controle de ervas espontâneas foi feito por capina entre os canteiros e de forma manual dentro destes. O controle e prevenção de doenças fúngicas foi realizado três vezes por aplicações de Trichoderma em suspensão concentrada (0, 25 e 50 DAS), na dosagem de 1,0 L há⁻¹.

Aos 37 DAS foi realizada a primeira colheita do coentro. No dia seguinte (38 DAS da beterraba) foi realizada capina, amontoa e adubação de cobertura em todas as parcelas das culturas solteiras e consorciadas. No dia subsequente, a cultura do coentro foi semeada para obtenção do segundo ciclo. O segundo ciclo de coentro foi colhido aos 32 DAS. Aos 72 DAS a beterraba foi colhida.

5.2.5 Características avaliadas

5.2.5.1 Biometria e produção da beterraba

Foram coletadas todas as plantas da área útil de cada parcela (20 plantas), transportadas para laboratório e lavadas em água corrente. Em seguida foi medido o diâmetro

de cada raiz com auxílio de paquímetro digital (DIGIMESS; 100.174 BL), classificando-as em raízes comerciais e não comerciais. Considerou-se como comerciais as raízes com diâmetro igual ou superior a 4,0 cm, não danificadas, sem rachaduras e bifurcações (GRANGEIRO et al., 2011). As raízes que não se enquadraram nestes critérios foram consideradas não comerciais.

As medições da parte aérea foram feitas em cinco plantas classificadas como comerciais, sendo avaliadas a altura de plantas (AP, cm) com auxílio de régua graduada, medindo-se o comprimento da inserção das folhas na parte tuberosa até a extremidade da folha mais alta; número de folhas (NF), considerando-se as folhas vivas e completamente expandidas; área foliar (AF, $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) por meio de medidor de área foliar de bancada (LI-COR; Série LI-3000c) após corte das folhas rente à parte tuberosa. As folhas foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA, g planta^{-1}). Em seguida, foram alocadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB – SL 102), à temperatura de 65 °C por 72 horas, para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA, g planta^{-1}).

Nas raízes classificadas como comerciais foram avaliados: o diâmetro médio (DMR, cm) e peso médio (PMR, g planta^{-1}), dividindo-se seus somatórios na parcela pela quantidade de raízes avaliadas; raízes tuberosas de cinco plantas utilizadas para as avaliações da parte aérea foram cortadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB; SL 102), à temperatura de 65 °C por 72 horas para obtenção da massa seca das raízes (MSR, g planta^{-1}). A produtividade de raízes comerciais (PCR, t há^{-1}) foi estimada a partir da massa fresca das raízes comerciais da área útil, transformando-se para toneladas por hectare. Considerou-se 70% da área plantada, uma vez que, em média, 30% é composta por área de trânsito e corredores (GRANGEIRO et al., 2011).

5.2.5.2 *Biometria e produção do coentro*

Foram coletadas todas as plantas da área útil (0,3 x 0,3 m) de cada parcela, transportadas para laboratório, lavadas em água corrente e seccionadas na altura do coleto. Em seguida, de forma aleatória, foram escolhidas 15 plantas representativas para a determinação das seguintes características biométricas: altura de plantas (AP, cm), medindo com régua o comprimento desde o coleto até o ápice da folha mais alta; número de folhas (NF), contando as folhas ativas e completamente desenvolvidas; e área foliar (AF, $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), com um medidor

de área foliar de bancada da marca LI-COR (Série LI-3000c). Posteriormente, as 15 plantas foram pesadas em balança com precisão de 0,0001 g (CapLab; M214A1) para a obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA, g planta⁻¹). Em seguida, foram alocadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB; SL 102), a temperatura de 65 °C, por 72 horas, sendo obtida a massa seca da parte aérea (MSPA, g planta⁻¹) em balança de precisão (0,0001 g).

A produtividade foi obtida a partir do peso de massa fresca da parte aérea de todas as plantas da área útil, convertendo-se para toneladas por hectare (PROD, t há⁻¹). Na estimativa da PROD, considerou-se 70% da área plantada, uma vez que, em média, 30% das áreas de cultivo são compostas por área de trânsito e corredores (GRANGEIRO et al., 2011).

5.2.5.3 Eficiência biológica

A eficiência biológica foi avaliada por meio do índice de uso eficiente da terra (UET), e índices de uso eficiente da terra parciais da beterraba e do coentro (UET_b e UET_c, respectivamente), contribuição relativa da cultura da beterraba ao UET (CRC), razão de área equivalente no tempo (RAET) e índice de produtividade do sistema (IPS).

O UET indica a área relativa de terra sob cultivo solteiro necessária para proporcionar a produtividade alcançada no consórcio e foi calculado pela soma do UET parcial da beterraba e do coentro (UET_b e UET_c) (WILLEY; OSIRU, 1972):

$$UET_b = (Y_{bc} / Y_b)$$

$$UET_c = (Y_{cb} / Y_c)$$

$$UET = (Y_{bc} / Y_b) + (Y_{cb} / Y_c)$$

em que: Y_b e Y_{bc} são a produtividade comercial da beterraba em monocultivo e consórcio com coentro, respectivamente; Y_c e Y_{cb} são a soma da produtividade do coentro em monocultivo nos ciclos 1 e 2 em consórcio com beterraba, respectivamente.

A CRC foi calculada pela razão entre a produtividade relativa individual da beterraba e o UET total do sistema (SOUZA; MACEDO, 2007):

$$CRC = (I \times 100) / UET$$

em que: I é a produtividade relativa individual da beterraba e UET o índice de uso eficiente da terra.

A RAET compara a vantagem produtiva do consórcio em relação à cultura solteira levando em consideração o tempo que plantas empregadas no sistema de consorciação passam no campo do plantio até colheita, sendo calculada pela equação (HIEBSCH; MCCOLLUM, 1987):

$$RAET = ((UETb \times Tb) + (UETc \times Tc)) / Tbc$$

em que: UETb- rendimento parcial do uso eficiente da terra da cultura da beterraba; UETc- soma do rendimento parcial do uso eficiente da terra do coentro nos ciclos 1 e 2; Tb- número de dias do plantio à colheita da beterraba; Tc- soma do número de dias do plantio à colheita do coentro nos ciclos 1 e 2; Tbc- tempo total em dias do sistema de consorciação entre as culturas.

O IPS compara os sistemas de cultivo e indica qual proporciona maior estabilidade produtiva. A vantagem deste índice é que ele padroniza o rendimento da cultura secundária em relação à principal, sendo calculada pela equação (ODO, 1991):

$$IPS = ((Yb / Yc) \times Ycb) + Ybc$$

em que: Yb e Ybc representam a soma da produtividade comercial de beterraba em monocultivo e em consórcio com coentro, respectivamente; Yc e Ycb representam a soma da produtividade do coentro em monocultivo nos ciclos 1 e 2 e em consórcio com beterraba, respectivamente.

5.2.5.4 *Qualidade pós-colheita da beterraba*

As análises de qualidade pós-colheita, foram realizadas em amostras de cinco raízes, representativas de cada parcela. Antes das análises as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas à -18 °C.

As raízes de beterraba foram descongeladas, descascadas com auxílio de faca de cozinha, trituradas em multiprocessador doméstico (Walita), coadas em peneira, e o líquido concentrado acondicionado em tubos plásticos de 50 mL e microtubos tipo eppendof de 1,5 mL e armazenados à -18 °C para as análises posteriores.

O pH foi determinado em 1 g do líquido concentrado e diluída em 30 mL de água destilada, em potenciômetro digital com membrana de vidro (Mettler-toledo GmbH) (Zenebon,

Pascuet e Tiglia, 2008). O teor de sólidos solúveis (SS) foi feito com 1 g do líquido concentrado, com leitura em refratômetro manual (Kasvi), com compensação automática de temperatura e os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2005). A acidez titulável (AT) foi feita com 1 g do líquido concentrado, transferido para 47mportante de 125 mL e completado o volume para 50 mL com água destilada (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008). O indicador fenolftaleína a 1% foi utilizado, sendo feita titulação com solução de NaOH a 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico. A relação SS/AT foi calculada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT).

O percentual de anéis brancos concêntricos (área branca), (AB, %) e suas medidas foram feitos nas cinco raízes utilizadas para a determinação da massa seca, de cada cultivar. As raízes foram cortadas no sentido transversal, dispostas sobre um scanner de bancada (HP Scanjet 2004), para a captura das imagens. Cada imagem foi avaliada com auxílio do software Rstudio, utilizando o pacote “FIELDimageR”.

5.2.6 Análise dos dados

Os dados obtidos para a beterraba foram analisados em blocos completos aleatorizados, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco cultivares de beterraba e dois sistemas de cultivo: beterraba solteira e consorciada com coentro). Os dados obtidos para o coentro foram analisados em blocos completos aleatorizados, em esquema fatorial 6 x 2. O primeiro fator foram seis sistemas de cultivo de coentro (solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba); o segundo foram dois ciclos de cultivo de coentro durante o ciclo da beterraba.

Os dados foram verificados quanto a existência de pontos discrepantes (outliers) por meio do teste t, homogeneidade da variância pelo teste de Levene e normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Após verificar que todos estes pressupostos foram atendidos, foi aplicado o teste F para a ANOVA, e quando significativo ($p < 0,05$), as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para identificação dos melhores tratamentos. A análise dos dados foi feita no software Sisvar (FERREIRA, 2011).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Biometria e produção da beterraba

A partir da análise de variância verificou-se que altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), diâmetro médio (DMR), peso médio (PMR), massa seca (MSR) e produtividade comercial de raiz (PCR), foram influenciadas pelos fatores ‘cultivar’ e ‘sistema de cultivo’ (Tabela 3). Já o efeito da interação destes fatores foi observado apenas para PMR e PCR.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), diâmetro médio da raiz (DMR), peso médio da raiz (PMR), massa seca da raiz (MSR) e produtividade comercial de raiz (PCR) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

FV	GL	SIGNIFICÂNCIA								
		AP	NF	AF	MFPA	MSPA	DMR	PMR	MSR	PCR
C	4	**	**	**	**	**	**	**	*	**
S	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C x S	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Bloco	3	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	9,09	10,41	13,98	20,29	15,65	10,78	14,20	25,22	18,16

FV – Fonte de variação; C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

Em relação à AP, as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha não diferiram entre si, mas foram superiores à Fortuna (Tabela 4). Já para sistemas de cultivo, o solteiro foi superior ao consorciado.

Tabela 4 – Médias de altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro médio da raiz (DMR) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

TRATAMENTO	AP	NF	AF	MFPA	MSPA	MSR	DMR
	(cm)		(cm ²)	------(g planta ⁻¹)-----			(cm)
Cultivar							
IT	35,68 ± 1,22 a	8,75 ± 0,48 a	789,10 ± 80,96 a	64,38 ± 8,08 a	5,09 ± 0,53 a	5,18 ± 0,79 a	4,68 ± 0,31 a
EW	35,23 ± 0,98 a	7,93 ± 0,35 a	747,72 ± 46,30 a	65,63 ± 5,07 a	4,86 ± 0,37 a	5,66 ± 0,87 a	4,82 ± 0,30 a
WT	34,54 ± 0,83 a	7,30 ± 0,45 b	570,86 ± 35,33 b	44,88 ± 4,68 b	3,69 ± 0,31 b	5,42 ± 0,65 a	4,94 ± 0,30 a
FO	29,01 ± 1,43 b	6,93 ± 0,30 b	455,44 ± 13,55 c	33,31 ± 1,47 c	2,44 ± 0,13 c	3,52 ± 0,28 b	2,71 ± 0,19 b
MA	35,12 ± 1,34 a	8,26 ± 0,23 a	673,99 ± 39,49 a	56,88 ± 4,09 a	4,47 ± 0,37 a	5,76 ± 0,90 a	5,10 ± 0,36 a
Sistema							
Solteiro	35,51 ± 0,99 a	8,26 ± 0,31 a	724,47 ± 45,19 a	59,88 ± 4,74 a	4,74 ± 0,34 a	6,60 ± 0,45 a	5,10 ± 0,26 a
Consórcio	32,32 ± 0,65 b	7,41 ± 0,17 b	570,37 ± 24,58 b	45,15 ± 2,82 b	3,48 ± 0,19 b	3,61 ± 0,18 b	3,80 ± 0,19 b

IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 8 para cultivar e n = 20 para sistema).

A menor altura de plantas no cultivo consorciado, pode ser em virtude da ocorrência de competição intra e interespecífica. A competição na consorciação de culturas é o dobro em relação ao monocultivo, de forma que o sucesso de um consórcio dependerá, entre outros fatores, do gerenciamento adequado de fatores de produção como fertilização, população de plantas ou arranjos espaciais (RIBEIRO et al., 2020). Já a média de AP para as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha (35,14 cm) está condizente à resultados encontrados em outros trabalhos, como a AP relatada para beterraba cultivar Early Wonder aos 63 DAS em cultivo solteiro (30,13 cm) e consorciada com coentro (31,05 cm), no período de julho a setembro, nas condições de Mossoró, RN (GRANGEIRO et al., 2011).

Para NF, maiores médias foram observadas nas cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha, superando Early Wonder Tall Top e Fortuna (Tabela 4). Os resultados para AF se assemelham aos de NF, em que as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha tiveram as maiores médias. A Early Wonder Tall Top foi superior apenas à Fortuna, que teve a menor média. Quando se analisa o fator 'sistema de cultivo' isoladamente, observa-se que o solteiro propiciou maiores médias para NF e AF.

O maior número de folhas e área foliar de Itapuã 202, Early Wonder 2000, Maravilha e Early Wonder Tall Top indicam que estas cultivares têm maior potencial para o cultivo no verão tanto no cultivo solteiro, quanto no consorciado, pois estas são características importantes para a adaptação de cultivares em condições de clima quente no verão, uma vez que as folhas são as principais responsáveis pela interceptação da energia luminosa que é utilizada na fase fotoquímica da fotossíntese das plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

No que diz respeito a MFPA e MSPA o comportamento foi semelhante (Tabela 4). As cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha tiveram as maiores médias. A Early Wonder Tall Top foi superior apenas à Fortuna, que teve a menor média. No cultivo solteiro obteve-se médias de MFPA e MSPA superiores ao consorciado.

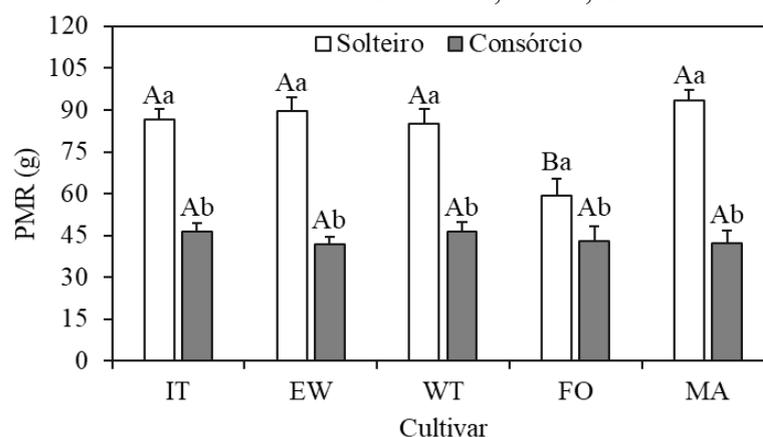
Os resultados de MFPA e MSPA estão coerentes com os obtidos para NF e AF. A maior área foliar pode promover um melhor aproveitamento da radiação solar, produzindo mais fotoassimilados e, conseqüentemente, gerando aumento na produção de biomassa (BORGES; GOTO; LIMA, et al., 2014). A menor produção de biomassa da parte aérea no sistema consorciado pode estar relacionada com o aumento da população de plantas nesse sistema, desencadeando assim numa maior competição por recursos ambientais como água, luz e nutrientes (ZENG et al., 2019). O estabelecimento de densidades populacionais apropriadas é um dos fatores que condicionam a eficiência do consórcio (CECÍLIO FILHO et al., 2017; WAN; LEI, 2018).

Os resultados para MSR e DMR seguiram a mesma tendência, em que as cultivares que tiveram maior massa seca de raiz, também tiveram maior diâmetro (Tabela 4). Sendo assim, Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha não diferiram entre si e foram superiores à Fortuna. Quanto ao sistema de cultivo, o solteiro também foi superior ao consórcio.

As cultivares com maior MSR e DMR foram as que tiveram maior crescimento e desenvolvimento da parte aérea. Isto pode significar uma maior eficiência do aparelho assimilatório favorecendo maior acúmulo de matéria seca nos órgãos de reserva (TAIZ *et al.*, 2017). Quanto a superioridade do cultivo solteiro para MSR e DMR, pode ter sido pelo fato do coentro ser de crescimento rápido e ter sombreado a beterraba na fase inicial. Assim, a diminuição da quantidade de luz em virtude do sombreamento pode ter sido um fator limitante, comprometendo o metabolismo energético pela redução da taxa de assimilação de CO₂, causando redução no crescimento (SU *et al.*, 2014; GONG *et al.*, 2015). Maior DMR de cultivares de beterraba (Early Wonder e Fortuna) em cultivo solteiro comparado ao consorciado também foi verificado, nas condições de Mossoró, RN, no segundo semestre do ano (RIBEIRO *et al.*, 2020).

O PMR das cultivares Maravilha, Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, com média de 82,82 g no cultivo solteiro não diferiram, porém, todas foram superiores à Fortuna (59,43 g) (Figura 3).

Figura 3 – Peso médio da raiz (PMR) de cinco cultivares de beterraba cultivadas em sistemas solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil



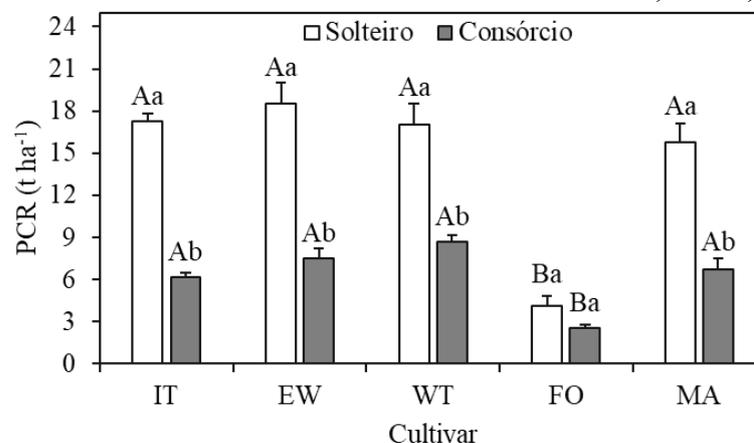
IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

No sistema consorciado, não houve diferença de PMR entre as cultivares e a média foi de 44,03 g (Figura 3). Todas as cultivares em sistema solteiro tiveram médias superiores à quando foram cultivadas em consórcio.

Os resultados para PMR podem ser explicados pelo maior crescimento e desenvolvimento observados para Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha, como já discutido para as características biométricas estudadas, indicando maior potencial dessas cultivares para cultivo de verão.

A PCR também foi maior para as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha, não diferindo entre si e sendo superiores à Fortuna em ambos os sistemas de cultivo (Figura 4). As cultivares que tiveram a maior produtividade comercial em valores absolutos foram o Early Wonder 2000 no cultivo solteiro (18,51 t há⁻¹) e Early Wonder Tall Top no consorciado (8,65 t há⁻¹). Em relação a comparação dos sistemas, as cultivares em sistema solteiro foram superiores às cultivadas em consórcio com coentro, com exceção da Fortuna, em que não houve diferença de PCR entre sistemas.

Figura 4 – Produtividade comercial de raiz (PCR) de cinco cultivares de beterraba cultivadas em sistemas solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

Os resultados para PCR estão em acordo aos observados para as características biométricas e PMR, em que as cultivares que tiveram maior crescimento e desenvolvimento nas condições edafoclimáticas do local de estudo, tiveram maior produtividade. Este comportamento provavelmente está associado a uma maior adaptabilidade dessas cultivares às condições de clima quente e uma maior competitividade com a cultura consorte (RIBEIRO et al., 2020). Já sobre a superioridade produtiva do cultivo solteiro em relação ao sistema

consorciado, é comum haver alguma redução na produtividade das espécies associadas quando comparadas com seus monocultivos (GRANGEIRO, et al., 2011). A produtividade de beterraba em cultivo solteiro também foi superior à consorciada com chicória (*Cichorium 53mporta*) (COUTINHO et al., 2017).

De forma geral, Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha foram superiores à Fortuna em relação às características produtivas. Estes resultados indicam que estas cultivares são promissoras para cultivo de verão principalmente em sistema solteiro. Já a Fortuna, tem restrições de crescimento e desenvolvimento, apresentando baixa produtividade.

5.3.2 Biometria e produção do coentro

Na análise de variância, verificou-se interação entre os fatores para número de folhas (NF) e área foliar (AF) (Tabela 5). Houve efeito significativo do fator ‘sistema de cultivo’ AF, massa fresca da parte aérea (MFPA) e produtividade (PROD). O fator ‘ciclo de cultivo’ influenciou na altura de plantas (AP), NF, AF, MFPA, massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

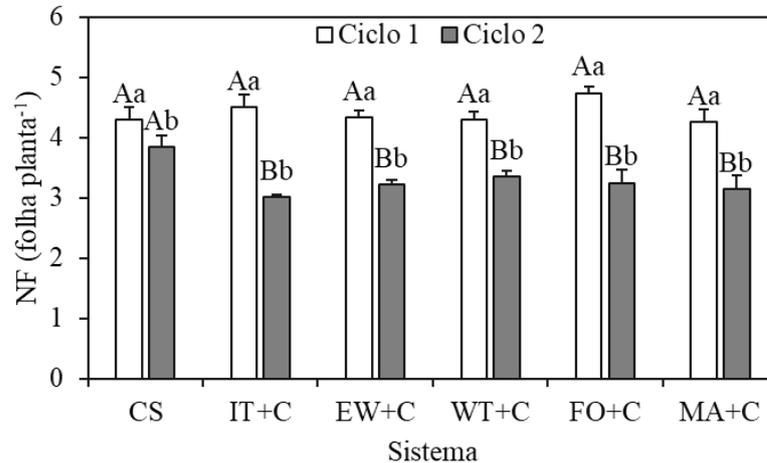
FV	GL	SIGNIFICÂNCIA					
		AP	NF	AF	MFPA	MSPA	PROD
S	5	ns	ns	**	**	ns	**
C	1	**	**	**	**	**	**
S x C	5	ns	*	**	ns	ns	ns
Bloco	3	ns	ns	*	ns	ns	ns
Erro	33	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	11,18	8,20	12,01	17,79	25,31	19,65

FV – Fonte de variação; S – Sistema de cultivo; C – Ciclo de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

O NF foi influenciado pela interação dos fatores ‘sistema de cultivo’ e ‘ciclo (Figura 5). Analisando os sistemas em cada ciclo, verifica-se que não houve diferença de NF no primeiro ciclo, enquanto que no segundo ciclo, o sistema solteiro foi superior aos sistemas consorciados. Comparando os ciclos de cultivo do coentro em cada sistema de produção,

observa-se que o primeiro ciclo foi superior ao segundo ciclo tanto no coentro solteiro, quanto nos consórcios com beterraba.

Figura 5 – Número de folhas (NF) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

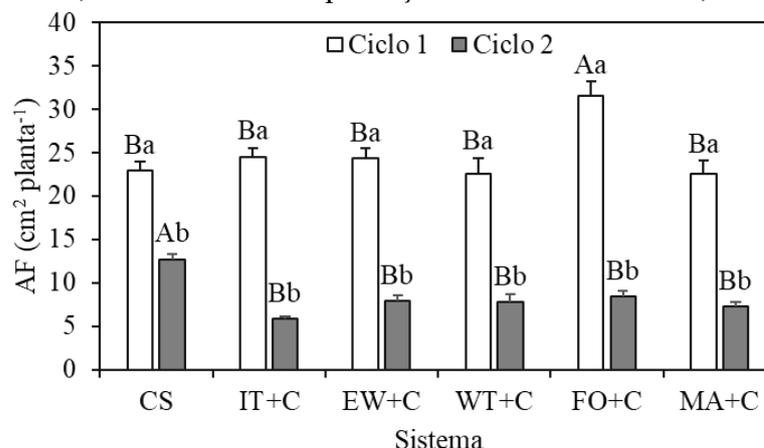


CS – coentro solteiro; IT+C – coentro em consórcio com beterraba Itapuã 202; EW+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder 2000; WT+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder Tall Top; FO+C – coentro em consórcio com beterraba Fortuna; MA+C – coentro em consórcio com beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam os sistemas em cada ciclo de cultivo. Letras minúsculas comparam os ciclos em cada sistema. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

O maior NF no cultivo solteiro no segundo ciclo provavelmente foi devido a este sistema ter propiciado plantas de coentro com maior altura. No segundo ciclo de coentro as cultivares de beterraba estavam em estágio mais avançado de desenvolvimento e isso provavelmente desencadeou efeito de competição interespecífica no sistema consorciado. Assim, pode ter ocorrido competição por água, luz e nutrientes contribuindo para menor crescimento das plantas de coentro no sistema consorciado (CECÍLIO FILHO et al., 2019).

Em relação à AF, no primeiro ciclo, maior média foi observada na cultivar Fortuna em consórcio (Figura 6). Já no segundo ciclo, o coentro solteiro superou os consórcios. Analisando os ciclos de cultivo do coentro em cada sistema de produção, observa-se que a AF no primeiro ciclo foi superior ao segundo no sistema solteiro e consorciado.

Figura 6 – Área foliar (AF) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil



CS – coentro solteiro; IT+C – coentro em consórcio com beterraba Itapuã 202; EW+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder 2000; WT+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder Tall Top; FO+C – coentro em consórcio com beterraba Fortuna; MA+C – coentro em consórcio com beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam os sistemas em cada ciclo de cultivo. Letras minúsculas comparam os ciclos em cada sistema. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

A maior média de AF observada no coentro consorciado com a beterraba Fortuna no primeiro ciclo, possivelmente ocorreu em virtude dessa cultivar ter crescido menos em relação às demais cultivares de beterraba, havendo assim menor competição com o coentro. Uma maior área foliar possibilita um melhor aproveitamento da energia solar, produzindo mais fotoassimilados que é importante para aumento da produção de biomassa (BORGES et al., 2014). Assim, o coentro consorciado com a Fortuna teve melhor crescimento e desempenho produtivo em valores absolutos, comparado à quando foi consorciado com as outras cultivares, como pode ser observado nas variáveis biométricas.

A AP e MSPA não foram influenciadas pelos sistemas de cultivo (Tabela 6). No entanto, o coentro colhido no primeiro ciclo teve maior AP e MSPA que o colhido no segundo ciclo. Também não foram verificadas diferença para AP de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com beterraba, em um ciclo, nas condições de Mossoró, RN (GRANGEIRO et al., 2011).

As MFPA e PROD, variáveis diretamente correlacionadas, o comportamento foi semelhante, de forma que o coentro em sistema solteiro teve médias superiores ao consórcio, independente da cultivar de beterraba (Tabela 6). Em relação aos ciclos de cultivo, o primeiro superou o segundo para as duas variáveis.

Tabela 6 – Altura de plantas (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de coentro cultivado em sistema solteiro e consorciado com cinco cultivares de beterraba, em dois ciclos de produção, no verão

TRATAMENTO	AP	MFPA	MSPA	PROD
	(cm)	----(g planta ⁻¹)----		(t há ⁻¹)
Sistema				
CS	22,93 ± 2,56 a	1,01 ± 0,17 a	0,10 ± 0,03 a	20,41 ± 2,82 a
IT+C	20,61 ± 3,22 a	0,71 ± 0,22 b	0,08 ± 0,02 a	8,24 ± 2,32 b
EW+C	22,07 ± 3,62 a	0,79 ± 0,24 b	0,08 ± 0,02 a	9,17 ± 2,55 b
WT+C	19,82 ± 3,05 a	0,67 ± 0,18 b	0,08 ± 0,02 a	8,18 ± 2,04 b
FO+C	22,41 ± 3,53 a	0,83 ± 0,22 b	0,08 ± 0,02 a	10,36 ± 2,22 b
MA+C	20,83 ± 3,50 a	0,72 ± 0,19 b	0,07 ± 0,02 a	9,53 ± 2,13 b
Ciclo				
Ciclo 1	29,78 ± 0,66 a	1,31 ± 0,04 a	0,13 ± 0,01 a	16,92 ± 1,13 a
Ciclo 2	13,11 ± 0,36 b	0,27 ± 0,03 b	0,03 ± 0,00 b	5,03 ± 0,80 b

CS – coentro solteiro; IT+C – coentro em consórcio com beterraba Itapuã 202; EW+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder 2000; WT+C – coentro em consórcio com beterraba Early Wonder Tall Top; FO+C – coentro em consórcio com beterraba Fortuna; MA+C – coentro em consórcio com beterraba maravilha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 8 para sistema e n = 24 para ciclo).

As maiores médias de MFPA e PROD no cultivo solteiro podem ser explicadas pela ocorrência de competição nos sistemas consorciados em virtude do aumento da população de plantas, como pode ser observado na Figura 7 (ZENG et al., 2019).

Figura 7 – Cultura do coentro em cultivo de verão aos 37 DAS do primeiro ciclo em sistema solteiro (A) e consorciado com beterraba Maravilha (B); e aos 32 DAS do segundo ciclo em sistema solteiro (C) e consorciado com beterraba Maravilha (D). Fortaleza, Ceará, Brasil



Fonte: próprio autor.

Assim, o fato de a densidade de plantas de coentro por metro linear ter sido dobrada no consórcio para manter a mesma população do cultivo solteiro, pode ter ocasionado competição intraespecífica, afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas de coentro e, conseqüentemente, contribuindo para menor MFPA e PROD. O aumento da densidade de sementeira propicia incremento da massa fresca da parte aérea do coentro até certo ponto, em torno de $5,4 \text{ g m}^{-1}$, após isso causa decréscimo de crescimento e produtividade (ALMEIDA et al., 2019).

A superioridade do primeiro ciclo, comparado ao segundo, para as variáveis AP, MFPA, MSPA e PROD pode ter ocorrido porque no segundo ciclo de coentro, a beterraba já estava em uma fase mais avançada de crescimento, podendo ter influenciado negativamente, sobretudo pela competição por luz. A competição por recursos como luz solar, por exemplo, pode levar a redução dos processos metabólicos das plantas, podendo ocasionar diminuição na produção de biomassa e produtividade (SU et al., 2014). A competição é um dos principais fatores que impactam a taxa de crescimento e a produtividade das culturas utilizadas em consórcio quando comparadas às monoculturas (CHAVES et al., 2022).

Além disso, a colheita do coentro no primeiro ciclo ocorreu aos 37 DAS, enquanto que no segundo, aos 32 DAS, em virtude da finalização do ciclo da beterraba. Menor produção de biomassa fresca de coentro no segundo ciclo de cultivo também foi verificada no consórcio dessa espécie com couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) e outras espécies condimentares (HENDGES et al., 2019).

5.3.3 Eficiência biológica

Neste estudo, os consórcios com as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha com coentro tiveram índice de uso eficiente da terra (UET) menor que a unidade básica ($\text{UET} < 1,0$) (Tabela 7), ou seja, sem vantagem em relação ao monocultivo dessas culturas, a exceção foi a cultivar Fortuna ($\text{UET} = 1,13$), em que o consórcio foi vantajoso, significando que são necessários 13% de área a mais para que as culturas no sistema solteiro produzam o equivalente à produção do consórcio em um hectare.

Tabela 7 – Índice de uso eficiente da terra do sistema (UET), UET parcial para beterraba (UETb), UET parcial para coentro (UETc), contribuição relativa da cultura da beterraba ao UET (CRC), razão de área equivalente no tempo (RAET) e índice de produtividade do sistema (IPS) de consórcios de cinco cultivares de beterraba com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

SISTEMA	UET	UETb	UETc	CRC %	RAET	IPS t há ⁻¹
IT+C	0,76 ± 0,03	0,36 ± 0,02	0,40 ± 0,03	47,13 ± 2,47	0,71 ± 0,04	13,15 ± 0,50
EW+C	0,85 ± 0,08	0,40 ± 0,04	0,45 ± 0,05	47,39 ± 2,69	0,80 ± 0,10	15,78 ± 1,40
WT+C	0,91 ± 0,03	0,51 ± 0,03	0,40 ± 0,03	55,94 ± 3,13	0,87 ± 0,04	15,48 ± 0,47
FO+C	1,13 ± 0,07	0,63 ± 0,05	0,51 ± 0,03	55,14 ± 1,55	1,10 ± 0,07	4,66 ± 0,29
MA+C	0,90 ± 0,05	0,43 ± 0,05	0,47 ± 0,02	47,42 ± 3,67	0,86 ± 0,05	14,08 ± 0,80

IT+C – beterraba Itapuã 202 consorciada com coentro; EW+C – beterraba Early Wonder 2000 consorciada com coentro; WT+C – beterraba Early Wonder Tal Top consorciada com coentro; FO+C – beterraba Fortuna consorciada com coentro; MA+C – beterraba Maravilha consorciada com coentro. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 4).

A eficiência biológica observada no consórcio da cultivar Fortuna com coentro (UET > 1,0), provavelmente ocorreu porque houve maior complementaridade entre as culturas, de forma que elas usaram diferentes componentes do sistema produtivo e uma beneficiou a outra (BEZERRA NETO et al., 2023). A cultivar de beterraba Fortuna também teve UET superior à Early Wonder em consórcios com feijão-caupi nas condições de Mossoró, RN (RIBEIRO et al., 2020). Já a vantagem no cultivo de beterraba consorciada com coentro foi relatada nas condições de Mossoró, RN, contrastando com os resultados da presente pesquisa (GRANGEIRO et al., 2011). No entanto, essa pesquisa foi conduzida no período de julho a setembro, época do ano que geralmente ocorrem menores temperaturas comparadas ao último mês do ano, época em que foi feita a semeadura deste trabalho (1º de dezembro). Além disso, os referidos autores utilizaram o mesmo espaçamento da beterraba nos cultivos solteiro e consorciado, assim como para a cultura do coentro.

A partir dos índices de uso eficiente da terra parciais da beterraba e coentro e (UETb e UETc), é possível inferir que apenas as cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna tiveram UET parcial maior que o coentro (Tabela 7). Já as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha, tiveram menor participação na composição do UET em relação ao coentro. Isto pode ser confirmado pela contribuição relativa da cultura da beterraba ao UET (CRC), ficando evidente maior contribuição das cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna para a eficiência biológica do sistema consorciado quando comparado as demais cultivares.

Apesar da beterraba ser considerada a cultura principal neste estudo, sua menor participação no UET provavelmente se deve ao fato de ter sido realizado dois cultivos de coentro durante o ciclo de cultivo da beterraba. Neste caso, o coentro contribuiu de forma mais

expressiva para manter a eficiência biológica dos sistemas consorciados. O coentro como cultura secundária também teve maior CRC em duas colheitas quando consorciado com couve nas condições de Fortaleza, CE (HENDGES et al., 2019).

Em relação à RAET, que leva em consideração o tempo que as culturas utilizadas no sistema passam no campo de plantio até colheita, constata-se que apenas a cultivar Fortuna consorciada com coentro teve vantagem em relação ao monocultivo (Tabela 7).

Este resultado para RAET indica que as condições de clima quente afetaram de forma mais drástica esta cultivar no cultivo solteiro e foram atenuadas pelo sistema consorciado, havendo assim uma complementaridade entre as culturas. O potencial do sistema consorciado está diretamente relacionado com o uso complementar dos recursos ambientais pelas espécies, sendo influenciado também pela força relativa das interações competitivas intra e interespecíficas entre as culturas consortes (REN *et al.*, 2016).

O índice de produtividade do sistema (IPS) confirma que o consórcio da cultivar Fortuna com coentro é que apresenta maior estabilidade produtiva, sendo 13% superior a produtividade da cultura principal em monocultivo. Já a produtividade dos sistemas envolvendo as outras cultivares de beterraba estudadas foi menor que seus monocultivos na seguinte magnitude: Itapuã 202 (-23,88%), Early Wonder 2000 (-14,75%), Maravilha (-10,60%) e Early Wonder Tall Top (-9,22%).

Estes resultados indicam que houve competição por recursos entre as culturas consortes, de forma que a cultura do coentro afetou negativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das cultivares de beterraba. Um aumento na densidade populacional pode aumentar a competição entre espécies por luz, água e nutrientes e interferir no crescimento e produtividade das hortaliças (NASCIMENTO et al., 2018).

A desvantagem produtiva observada nos consórcios para as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha indica que ajustes no sistema podem ser testados visando obter maior eficiência, como relatado para consórcio de beterraba com coentro (GRANJEIRO et al., 2011), consórcio de beterraba com feijão caupi imaturo (BEZERRA NETO et al., 2023) e em consórcio de beterraba com alface (GUERRA et al., 2022).

Assim, para maximizar o uso dos recursos no consórcio, as culturas devem ser ajustadas de forma a manter a maior complementaridade entre si (GUIMARÃES et al., 2020). Podendo-se citar como exemplo o espaçamento da beterraba no cultivo solteiro e consorciado, o cultivo de um ou dois ciclos de coentro no decorrer do ciclo de beterraba e o número de linhas alternadas entre beterraba e coentro.

5.3.4 Qualidade pós-colheita da beterraba

De acordo com a análise de variância, houve efeito do fator ‘cultivar’ para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SS/AT) e AB. Efeito do fator ‘sistema de cultivo’ foi observado para SS, AT e AB. Já a interação dos fatores foi verificada apenas para percentual de anéis brancos concêntricos (AB) (Tabela 8). O potencial hidrogeniônico (pH) não foi influenciado pelos tratamentos.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e percentual de anéis brancos concêntricos (AB) de cinco cultivares de beterraba cultivadas em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

FV	GL	SIGNIFICÂNCIA				
		pH	SS	AT	SS/AT	AB
C	4	ns	**	**	**	**
S	1	ns	**	*	ns	**
C x S	4	ns	ns	ns	ns	**
Bloco	3	*	ns	**	ns	ns
Erro	27	-	-	-	-	-
CV (%)	-	1,87	7,74	6,18	8,90	15,96

FV – Fonte de variação; C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

Para SS, as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram as maiores médias, não diferindo entre si, porém, sendo superiores à Fortuna (Tabela 9). Quando se analisa os sistemas de cultivo, o solteiro foi superior aos consórcios.

O menor teor de SS na Fortuna provavelmente está relacionado com o menor crescimento e desenvolvimento desta cultivar em clima quente, verão, pois fatores como clima, manejo nutricional e densidades de plantio interferem na produção de açúcares nas plantas hortícolas (PORTELA et al., 2012). Já a superioridade do sistema solteiro em relação ao consórcio para SS, pode ser explicada pela ocorrência de competição por recursos no sistema consorciado, principalmente luz, acarretando também em menor produção de fotoassimilados (TAIZ et al., 2017). Neste caso, o acúmulo de fotoassimilados nos órgãos de reserva, como é caso das raízes da beterraba, está diretamente relacionado com maior teor de SS.

Tabela 9 – Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SS/AT) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil

TRATAMENTO	SS	AT	SS/AT
	(°Brix)	(%)	
Cultivar			
IT	12,06 ± 0,22 a	0,41 ± 0,01 a	29,49 ± 0,64 a
EW	11,08 ± 0,33 a	0,39 ± 0,01 a	28,18 ± 0,80 b
WT	12,23 ± 0,41 a	0,40 ± 0,01 a	30,81 ± 1,18 a
FO	8,46 ± 0,40 b	0,32 ± 0,01 b	26,60 ± 1,28 b
MA	11,68 ± 0,33 a	0,38 ± 0,01 a	31,20 ± 1,28 a
Sistema			
Solteiro	11,58 ± 0,32 a	0,39 ± 0,01 a	29,91 ± 0,73 a
Consórcio	10,63 ± 0,40 b	0,37 ± 0,01 a	28,59 ± 0,76 a

IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 8 para cultivar e n = 20 para sistema).

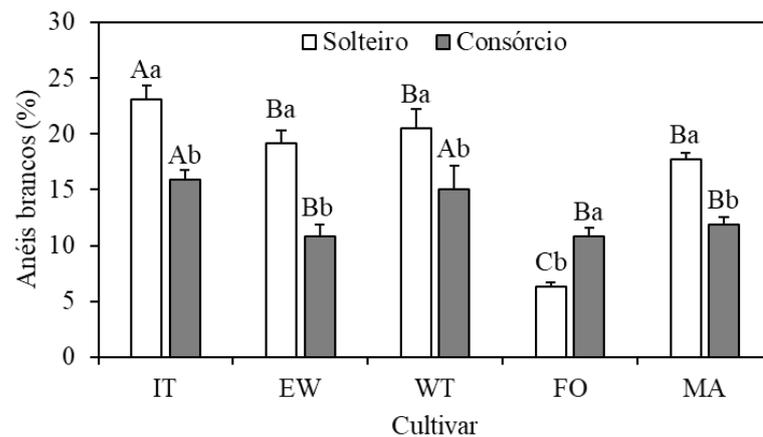
A AT foi influenciada apenas pelo fator ‘cultivar’ (Tabela 9). As maiores médias foram observadas em Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha, não havendo diferença estatística entre elas, mas todas foram superiores à Fortuna. Este resultado também pode estar relacionado ao melhor desenvolvimento dessas cultivares, pois o desenvolvimento de raízes coincide com o incremento na concentração de ácidos orgânicos, refletindo no aumento da AT (FERREIRA, et al., 2011).

Quanto à relação SS/AT, as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha foram superiores a Early Wonder Tall Top e Fortuna. Já os sistemas de cultivo não influenciaram na SS/AT. Este é um parâmetro importante, pois está relacionado ao sabor e por isso pode determinar o consumo e a inserção do produto no mercado (COUTINHO et al., 2017). Assim, estes resultados sugerem que as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha apresentam melhores características relacionadas à qualidade pós-colheita.

O AB teve maior percentual no sistema solteiro para a cultivar Itapuã 202 (23,1%) e menor para a Fortuna (7,4%) (Figura 8). No sistema consorciado, maior percentual foi observado também na cultivar Itapuã 202 (16,7%) e o menor na cultivar Early Wonder (11,2%). Portanto, a cultivar Itapuã 202 teve maior AB quando cultivada na época de verão, tanto no cultivo solteiro quanto consorciado. Isso pode ter ocorrido em decorrência das elevadas temperaturas, que podem ter afetado mais a Itapuã 202 do que as outras cultivares (SOUZA et al., 2020).

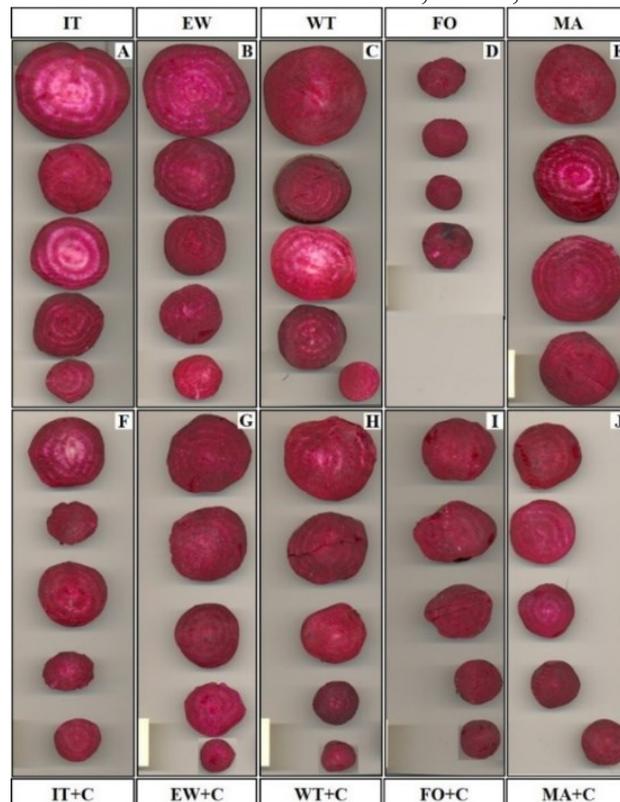
O sistema consorciado influenciou diminuindo o AB para a maioria das cultivares, com exceção da Fortuna (Figuras 8 e 9).

Figura 8 – Percentual de anéis brancos concêntricos (AB) em cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

Figura 9 – Corte transversal de raízes de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro no verão. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha; CS – coentro solteiro; IT+C – beterraba Itapuã 202 consorciada com coentro; EW+C – beterraba Early Wonder 2000 consorciada com coentro; WT+C – beterraba Early Wonder Tall Top consorciada com coentro; FO+C – beterraba Fortuna consorciada com coentro; MA+C – beterraba Maravilha consorciada com coentro.

A influência positiva do sistema consorciado na diminuição do AB possivelmente ocorreu pelo fato do coentro ser de crescimento rápido, ter proporcionado um sombreamento parcial nas plantas de beterraba durante parte do seu ciclo, podendo ter modificado o ambiente de cultivo criando um microclima mais favorável e amenizando o efeito negativo da temperatura na pigmentação das raízes (ALVES et al., 2020).

5.4 Conclusões

O cultivo solteiro de coentro e das cultivares de beterraba Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha é mais vantajoso que o sistema consorciado, enquanto que para a Fortuna o consórcio é mais vantajoso. O sistema consorciado melhora a qualidade pós-colheita da beterraba diminuindo o percentual de anéis brancos concêntricos nas raízes.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage paper 56).
- ALMEIDA, B. C.; LEMOS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, L. S. Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-7, 2019.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. N.; COUTINHO, P. W. R.; MACEDO JUNIOR, E. K.; KLOSOWSKI, E. S.; BLACK, A. V.; INAGAKI, A. M. Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físico-químicas da couve de folha sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 79987-80001, 2020.
- AOAC – **Official methods of analysis chemists**. 18. Ed. Washington: Association Of Official Analytical Chemists International, 2005.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- BEZERRA NETO, F.; RIBEIRO, J. R. S.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; GUERRA, N. M.; NUNES, R. L. C. NuneAgro-bioeconomic feasibility of immature cowpea and beet cultivar combinations in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 70-79, 2023.
- BORGES, L. S.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Índices morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de jambu influenciadas pela adubação orgânica e mineral. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1768-1778, 2014.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; BIANCO, M. S.; TARDIVO, C. F.; PUGINA, G. C. M. Agronomic viability of New Zealand spinach and kale intercropping. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 2975-2986, 2017.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; DUTRA, A. F. Yield of intercropped lettuce and cucumber as a function of population density and cropping season. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 943-951, 2019.
- CHAVES, A. P.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; LINO, V. A. S. Bio-agroeconomic returns in beet-cowpea intercropping by optimization of population densities and spatial arrangements. **Acta Scientiarum**, v. 44, n. 1, p. e55146, 2022.

COUTINHO, P. W. R.; OLIVEIRA, P. S. R.; ECHER, M. M.; CADORIN, D. A.; VANELLI, J. Establishment of intercropping of beet and chicory depending on soil management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 674-682, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, F. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S. Qualidade pós-colheita de cenoura durante o desenvolvimento em monocultivo e consorciada com rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 423-428, 2011.

GONG, W. Z.; JIANG, C. D.; WU, Y. S.; CHEN, H. H.; LIU, W. Y.; YANG, W. Y. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v. 53, n. 3, p. 259-268, 2015.

GONG, X.; LIU, C.; LI, J.; LUO, Y.; YANG, Q.; ZHANG, W.; YANG, P.; FENG, B. Responses of rhizosphere soil properties, enzyme activities and microbial. **Soil and Tillage Research**, v. 195, n. 12, p. 2019.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

GUERRA, N. M.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; PORTO, V. C. N.; QUEIROGA, R. C. F.; LINO, V. A. S.; SÁ, J. M. Agro-economic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 82-91, 2022.

GUIMARÃES, M. A.; LIMA NETO, B. P.; LEMOS NETO, H. S.; HENDGES, A. R. A. A.; VIANA, C. S.; RABELO, J. S. Agronomic performance of arugula/nira intercropping in different cultivation arrangements. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 329-333, 2020.

HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; VALE, J. C.; LIMA NETO, B. P. Agronomic performance and biological efficiency of kale intercropped with spice species. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 7-15, 2019.

HIEBSCH, C. K.; MCCOLLUM, R. E. Area x time equivalency ratio: a method of evaluating the productivity of intercrops. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 1, p. 15-22, 1987.

NASCIMENTO, C. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; NASCIMENTO, C. S.; BEZERRA NETO, F.; GRANGEIRO, L. C. Effect of population density of lettuce intercropped with rocket on productivity and land-use efficiency. **PLOS ONE**, v. 13, n. 4, p. e0194756, 2018.

ODO, P. E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v. 27, n. 4, p. 435-441, 1991.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; RODRIGUES, S.; Carini, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012.

REN Y.; LIU J.; WANG Z.; ZHANG, S. Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrops 66mportan competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. **European Journal of Agronomy**, v. 72, p.70-79, 2016.

RIBEIRO, J. R. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; CHAVES, A. P.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L.C. 2020. Production efficiency in cultivar combinations of beet and cowpea. **Horticultura Brasileira** v. 38, n. 4, p. 445-453, 2020.

SANTANA, F. M. S.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; SILVA, A. F. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LINS, H. A. Economic viability of beet crops using *Calotropis procera* biomass as soil fertilizer in two growing seasons. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 846-856, 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SOUSA, V. L. B.; LOPES, K. P.; COSTA, C. C.; PORTO, D. R. Q; SILVA, D. S. O. Tratamento pré germinativo e densidade de semeadura de coentro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 21-26, 2011.

SOUZA, J. P.; MACEDO, M. A. S. Análise de viabilidade agroeconômica de sistemas orgânicos de produção consorciada. **Associação Brasileira de Custos**, v. 2, p. 57-78, 2007.

SOUZA, L. G. S.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M.; FRANCISCO, W. M.; PINTO, G. P. Desempenho agrônômico de cultivares de beterraba sob coberturas de solo e épocas de cultivo. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 764-777, 2020.

SU, BY; SONG, YX; SONG, C; CUI, L; YONG, TW; YANG, WY. Growth and photosynthetic responses of soybean seedlings to maize shading in relay intercropping system in Southwest China. **Photosynthetica**, v. 52, n. 10, p. 332-340, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WAN, X; LEI, M. Intercropping efficiency of four arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* populations as intercrops with *Morus alba*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 12600-12611, 2018.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, v. 70, n. 2, p. 517-529, 1972.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. P. 1020.

ZENG, L.; LIN, X, ZHOU, F.; QIN, J.; LI, H. Biochar and crushed straw additions affect cadmium absorption in cassava-peanut intercropping system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, n. 1, p. 520-530, 2019.

6 CAPÍTULO III – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE BETERRABA CONSORCIADAS COM COENTRO NO VERÃO

Resumo – O cultivo de beterraba (*Beta vulgaris* L.) em regiões de clima quente tem restrições devido às altas temperaturas e radiação solar afetarem processos fisiológicos e bioquímicos da cultura, sobretudo no verão. O cultivo consorciado ocasiona um sombreamento parcial na área de cultivo podendo favorecer o desenvolvimento de algumas culturas. O objetivo deste estudo foi avaliar índices fisiológicos de crescimento, trocas gasosas e compostos bioativos de cinco cultivares de beterraba consorciados com coentro (*Coriandrum sativum*) no verão. O estudo foi realizado entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, em área experimental da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Foram avaliadas cinco cultivares de beterraba (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna e Maravilha) em cultivos solteiros e consorciados com coentro. Utilizou-se o delineamento de blocos aleatorizados com quatro repetições. O ciclo da beterraba foi de 72 dias após a semeadura (DAS), sendo que neste período foram realizados dois cultivos de coentro com colheitas aos 37 e 32 DAS. Índices de crescimento, trocas gasosas e compostos bioativos das cultivares de beterraba foram avaliados. Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram melhores índices de crescimento em relação à Fortuna. O sistema consorciado superou o solteiro em relação ao índice de área foliar (IAF). A eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e de uso da água (EUA) aos 36 DAS foi maior em cultivo solteiro. As cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram melhor desempenho de taxa fotossintética líquida (*A*). Aos 69 DAS a Early Wonder Tall Top teve os maiores *A*, EiC e EUA em ambos os sistemas de cultivo entre as cultivares avaliadas e a Early Wonder 2000 em consórcio. As trocas gasosas foram maiores aos 69 DAS, no sistema solteiro. Maior teor de polifenóis totais foi observado nas cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha no sistema consorciado. A cultivar Fortuna teve maior conteúdo de betacianinas e betalainas totais. As cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha têm melhores índices de crescimento que a Fortuna nos cultivos solteiros e consorciados no verão; o cultivo consorciado limitou as trocas gasosas aos 36 DAS e favoreceu aos 69 DAS; o cultivo consorciado aumenta os teores de polifenóis totais em cultivares de beterraba.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.; betalainas; consorciação; *Coriandrum sativum*; trocas gasosas.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF BEET CULTIVARS INTERCROPPED WITH CORIANDER IN SUMMER

Abstract – The aim of this study was to evaluate physiological parameters and bioactive compounds of five beet cultivars (*Beta vulgaris* L.) intercropped with coriander (*Coriandrum sativum*) in the summer season. The study was carried out between December 2020 and February 2021, in an experimental area of the Federal University of Ceará, in Fortaleza. Five beet cultivars (Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top, Fortuna and Maravilha) were evaluated in single crops and intercropped with coriander. A randomized block design with four replications was used. The beet cycle lasted until 72 days after sowing (DAS), and during this period two coriander crops were carried out with harvests at 37 and 32 DAS. Growth indices, gas exchange and bioactive compounds of the beet cultivars were evaluated. Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha had better growth indices than Fortuna. Fortuna had the highest specific leaf area, root/shoot ratio and harvest index, however, the lowest total productivity (TP), both in single cultivation and in intercropping. The intercropped system outperformed the single system in relation to the leaf area index (LAI), but had a lower TP. The Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha cultivars had the best net photosynthetic rate (A), instantaneous carboxylation efficiency (ICE) and water use (WUE) at 36 DAS in single cultivation. At 69 DAS Early Wonder Tall Top had higher A , ICE and EUA in both cropping systems, along with Early Wonder 2000 intercropped. At 69 DAS, the single system favored gas exchange. Higher total polyphenol content was observed in Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha cultivars in the intercropped system. The Fortuna cultivar had a higher content of betacyanins and total betalains. Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha had higher betaxanthin content. The cultivars Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top and Maravilha have better growth rates than Fortuna in single and intercropped crops in the summer; intercropping limited gas exchange to 36 DAS and favored 69 DAS; intercropping increases the levels of total polyphenols in beet cultivars and does not influence the content of total betalains.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; betalains; intercropping; *Coriandrum sativum*; gas exchange.

6.1 Introdução

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma das hortaliças com grande importância no Brasil, estando entre as dez mais produzidas no país (SILVA et al., 2019). A beterraba contém na parte aérea e nas raízes elementos que lhe conferem alto valor nutritivo. Sua composição química tem carotenoides, nitratos, flavonoides, vitaminas; minerais como potássio, sódio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês, todos com inúmeros benefícios à saúde (PANGHAL et al., 2017). Além disso, possui efeito antioxidante por conter compostos bioativos como betalainas e polifenóis (CARRILLO et al., 2017).

Apesar de sua importância, a cultura da beterraba apresenta melhor desenvolvimento em regiões com temperaturas amenas ou baixas, próximas a 20 °C (SANTANA et al., 2021). A espécie possui mecanismo fotossintético tipo C₃ e, quando plantada sob temperatura elevada, a parte tuberosa apresenta anéis claros podendo alterar o sabor (SOUZA et al., 2020). Além disso, a ocorrência de temperaturas acima do ponto de saturação, promove decréscimo na fotossíntese líquida e aumento linear da respiração e fotorrespiração (TAIZ et al., 2017).

Um das técnicas que pode favorecer o cultivo da beterraba em regiões de clima quente é o sistema de cultivo consorciado, pois esse sistema pode modificar o ambiente de cultivo, propiciando a criação de um microclima favorável ao desenvolvimento das culturas (SOUZA et al. 2013; ALVES et al., 2020). Dessa forma, pode haver uma atenuação dos efeitos negativos causados pelas altas temperaturas e radiação solar à cultura da beterraba, favorecendo assim seus processos fisiológicos e, conseqüentemente, seu crescimento e desenvolvimento mesmo em regiões quentes e na época de verão.

O sistema consorciado consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma área, com ciclos e/ou arquiteturas distintas, sendo que seus produtos podem ou não serem colhidos ao mesmo tempo (GUERRA et al., 2022). Um das culturas que podem ser consorciadas com a beterraba é o coentro (*Coriandrum sativum* L.). Esta espécie, apesar de também ter mecanismo fotossintético tipo C₃, é amplamente adaptada e cultivada em vários países tropicais e subtropicais do mundo (YASHNI et al., 2021). No Brasil, ela é utilizada como planta medicinal e condimento para diversos tipos de pratos, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (ALMEIDA et al., 2019).

O consórcio de beterraba com coentro já foi estudado nas condições de Mossoró-RN, no entanto, os pesquisadores avaliaram apenas o desempenho agrônomo das culturas e a eficiência do consórcio (GRANGEIRO et al., 2011). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar

índices de crescimento, trocas gasosas e compostos bioativos de cinco cultivares de beterraba consorciadas com coentro na época de verão.

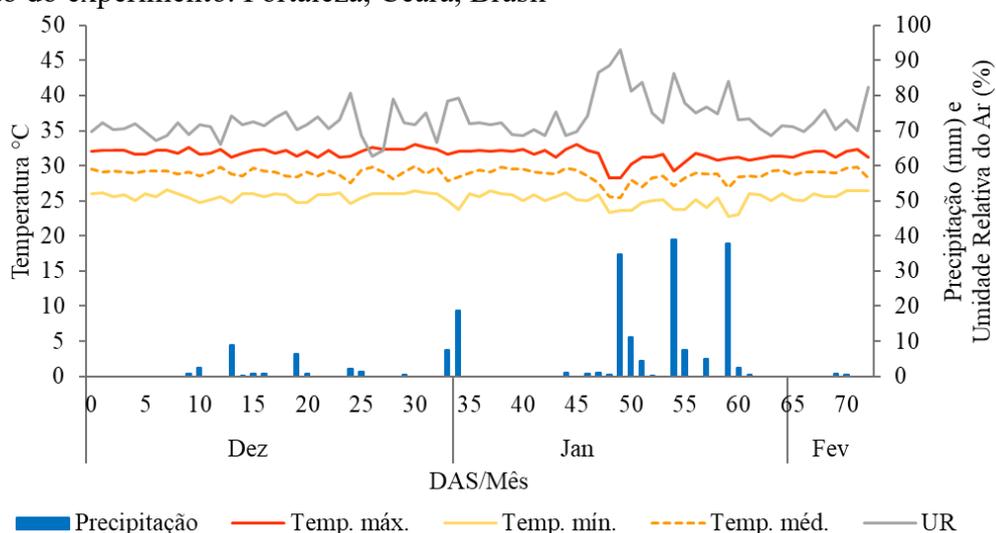
6.2 Material e Métodos

6.2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, em área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, no município de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil. O local situa-se nas coordenadas geográficas 3°44'45''S e 38°34'55''W, a 19,5 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw', caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações verão e outono, segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014).

Durante o período experimental a precipitação total foi de 197,0 mm, a temperatura e umidade relativa do ar, médias, de 28,9 °C e 73,3%, respectivamente (Figura 10).

Figura 10 – Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar média (%) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ceará, Brasil



Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018) e sua análise física e química da camada de 0-20 cm foi feita (Tabela 10).

Tabela 10 – Características físico-químicas da camada de 0-20 cm do solo utilizado no experimento

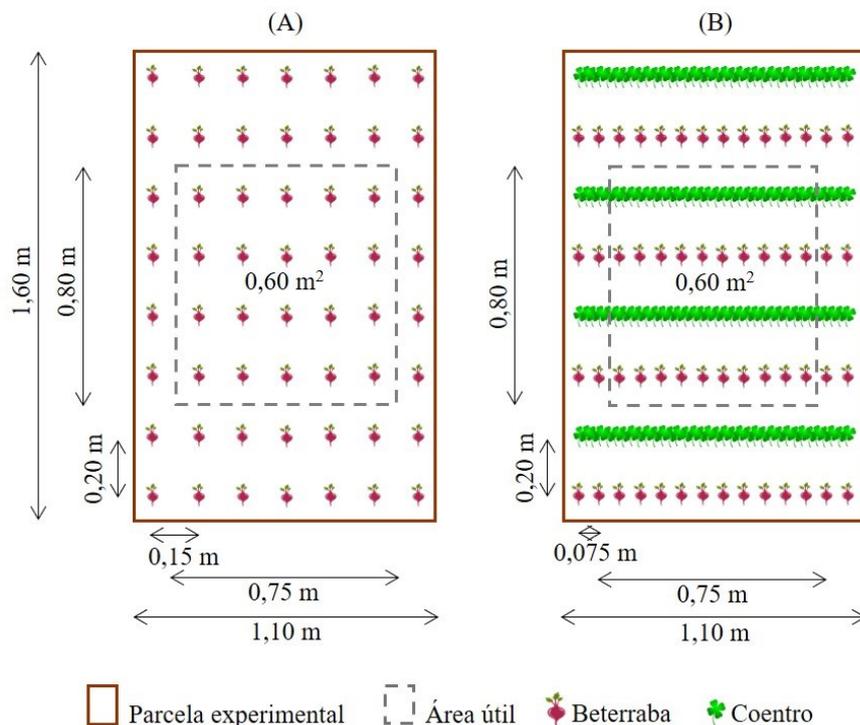
pH (H ₂ O)	CE (dS m ⁻¹)	M.O. (%)	P ----- (mg dm ⁻³)	K ----- (mg dm ⁻³)	Na ----- (mg dm ⁻³)	Ca ----- (cmol _c dm ⁻³)	Mg ----- (cmol _c dm ⁻³)	Al ----- (cmol _c dm ⁻³)	(H+Al) ----- (cmol _c dm ⁻³)	V (%)	
6,8	0,5	0,8	12,8	40,0	5,0	1,5	0,6	0	0,3	86,8	
Areia		Silte		Argila		Classe textural					
----- g kg ⁻¹ -----											
840		90		70		Areia franca					

Fonte: Laboratório de Análise de Solos Viçosa LTDA.

6.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi feito em delineamento em blocos completos aleatorizados, com onze tratamentos e quatro repetições, totalizando 44 parcelas experimentais, sendo cada uma constituída de um canteiro com área total de 1,68 m². A área útil das parcelas de beterraba solteira e consorciada com coentro correspondeu a 0,60 m² (Figura 11).

Figura 11 – Croqui das parcelas experimentais representando o cultivo solteiro de beterraba (A) e cultivo consorciado de cultivares de beterraba com coentro (B)



Fonte: próprio autor.

Cinco cultivares de beterraba em cultivo solteiro e consorciado com coentro, constituíram os tratamentos: T1: Beterraba Itapuã 202; T2: Beterraba Early Wonder 2000; T3: Beterraba Tall Top Early Wonder; T4: Beterraba Fortuna; T5: Beterraba Maravilha; T6:

Coentro; T7: Beterraba Itapuã 202 + coentro; T8: Beterraba Early Wonder 2000 + coentro; T9: Beterraba Tall Top Early Wonder + coentro; T10: Beterraba Fortuna + coentro; T11: Beterraba Maravilha + coentro.

6.2.3 Preparo da área

O preparo inicial do solo foi realizado com grade pesada acoplada em trator. Os canteiros que constituíram cada parcela foram levantados a uma altura aproximada de 0,25 m, com auxílio de encanteirador acoplado a um trator. A adubação para ambas as culturas foi realizada para a espécie mais exigente (beterraba), de acordo com a análise do solo (Tabela 1) e segundo recomendação de Aquino et al. (1993). Dessa forma, a recomendação para a beterraba foi de 80:120:120 (N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente).

Esterco bovino curtido foi utilizado como fonte de nitrogênio, cinza vegetal oriunda de fábrica de produtos cerâmicos como fonte de potássio e fosfato de rocha como fonte de fósforo. A caracterização química do esterco e da cinza se encontra na Tabela 11.

Tabela 11 – Caracterização química do esterco bovino e cinza vegetal utilizados para adubação do experimento

MATERIAL	PARÂMETRO									
	pH (H ₂ O)	C ---(%)---	N	C/N	P	S	K	Ca	Mg	Na
Esterco	7,98	9,51	1,32	7,20	0,83	0,36	1,28	3,41	1,07	1,13
Cinza	13,02	0,31	0,06	-	1,08	0,53	3,60	43,65	1,40	1,18
	PARÂMETRO									
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	------(mg dm ⁻³)-----				
Esterco	10963,70	251,20	29,30	182,40	13,70					
Cinza	8062,90	1389,50	100,90	112,30	61,40					

Fonte: Laboratório de Análise de Solos Viçosa LTDA.

A adubação de plantio foi feita 10 dias antes e a de cobertura 35 dias após a semeadura (DAS). O fosfato de rocha foi aplicado todo em plantio, o esterco e a cinza vegetal foram aplicados metade em plantio e metade em cobertura. A suplementação com boro foi feita por meio de cinco aplicações via foliar de “Boro Mais” (Ecocert Insumos) a cada 10 dias, sendo iniciada no 10º dia após a emergência, na dosagem de 500 g há⁻¹, conforme recomendação para a cultura, especificada no produto.

6.2.4 Implantação e condução das culturas

A semeadura das culturas da beterraba e coentro foi realizada no dia 02/12/2020. A semeadura da beterraba foi direta, em fileiras transversais espaçadas de 0,20 m, colocando-se três glomérulos por cova distanciadas 0,15 m entre si. Aos 18 DAS foi feito desbaste, deixando-se uma planta por cova, totalizando uma população de 333.333 plantas há^{-1} (GRANGEIRO et al., 2011).

A semeadura do coentro também foi direta, em sulcos transversais distanciados de 0,20 m e densidade de 3,0 g de sementes por metro linear de sulco (SOUSA et al., 2011).

No sistema consorciado, o arranjo espacial foi o de fileiras alternadas, espaçadas 0,20 m, com mesma densidade de população de plantas adotada no cultivo solteiro para as duas culturas. Assim, para a beterraba o espaçamento entre plantas foi reduzido a metade (0,075 m) e para o coentro foi duplicada (6,0 g m^{-1}). A cultivar de coentro foi a Verdão (Top Seed®).

A irrigação foi por micro aspersão, utilizando-se água de poço localizado próximo ao local do experimento, classificada como C3S1, cujas características físico-químicas são: pH = 7,1, CE = 0,89 dS m^{-1} ; RAS = 3,82; Ca^{2+} = 0,50; Mg^{2+} = 2,20; K^{+} = 0,40; Na^{+} = 6,20; Cl^{-} = 4,60; HCO_3^{-} = 4,5 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$). O manejo da irrigação foi feito a partir de dados climáticos coletados na Estação Agrometeorológica da UFC e foi direcionado para a cultura da beterraba, por ser a com maior demanda hídrica. A evapotranspiração da cultura (Etc) foi estimada pelo método do Tanque Classe A (ALLEN et al., 1998). Já para o coeficiente de cultivo (Kc), foram utilizados os valores 0,5, 1,05 e 0,95, nas fases inicial, média e final, respectivamente (ALLEN et al., 1998). A lâmina aplicada correspondeu a 100 % do Kc , e foi parcelada para dois períodos, manhã (09h30) e tarde (14h00).

A amontoa na beterraba foi realizada a cada 10 dias, iniciando logo após o desbaste. O controle de ervas espontâneas foi feito por capina entre os canteiros e de forma manual dentro destes. O controle e prevenção de doenças fúngicas foi realizado três vezes por aplicações de *Trichoderma* em suspensão concentrada (0, 25 e 50 DAS), na dosagem de 1,0 L há^{-1} .

Aos 37 DAS foi realizada a primeira colheita do coentro. No dia seguinte (38 DAS da beterraba) foi realizada capina, amontoa e adubação de cobertura em todas as parcelas das culturas solteiras e consorciadas. No dia subsequente, a cultura do coentro foi semeada para obtenção do segundo ciclo. O segundo ciclo de coentro foi colhido aos 32 DAS. Aos 72 DAS a beterraba foi colhida.

6.2.5 Características avaliadas

6.2.5.1 Índices de crescimento

Aos 72 dias após a semeadura, foram coletadas todas as plantas da área útil de cada parcela (20 plantas), transportadas para laboratório e lavadas em água corrente. O diâmetro de cada raiz tuberosa foi medido com auxílio de paquímetro digital (DIGIMESS; 100.174 BL), classificando-as em raízes comerciais e não comerciais. As raízes com diâmetro igual ou superior a 4,0 cm, não danificadas, sem rachaduras e bifurcações, foram consideradas comerciais (GRANGEIRO et al., 2011). As raízes que não se enquadraram nestes critérios foram consideradas não comerciais.

Entre as plantas cujas raízes foram classificadas como comerciais, foram escolhidas cinco, e separadas em raiz tuberosa e parte aérea. A área foliar foi medida com um medidor de área foliar de bancada (LI-COR; Série LI-3000c) após corte das folhas rente à parte tuberosa. As folhas foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa fresca da parte aérea. Em seguida, foram alocadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB – SL 102), à temperatura de 65 °C por 72 horas, para obtenção da massa seca da parte aérea. Com estes dados foram calculados os seguintes índices: índice de área foliar (IAF), razão entre área foliar e área do terreno (espaçamento da beterraba); área foliar específica (AFE, $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), razão entre área foliar e massa seca das folhas; razão raiz/parte aérea (R/PA, g g^{-1}), razão entre as massas seca da raiz e da parte aérea; índice de colheita (IC), razão entre massa seca das raízes e massa seca total.

6.2.5.2 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram medidas em duas épocas, aos 36 DAS da semeadura de ambas as culturas e aos 69 DAS da beterraba (30 DAS do segundo ciclo de coentro), sob condições normais, das 08h00 às 11h00, em duas folhas completamente expandidas, em duas plantas de cada parcela. Um analisador de gases no infravermelho (IRGA) (LI-COR; LI6400 XT) com concentração de CO_2 na câmara a 400 mol mol^{-1} e $1200 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ foi utilizado. Os seguintes parâmetros foram avaliados: taxa fotossintética líquida (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$). Com estes dados foram calculadas a razão entre as concentrações de CO_2 interna e do ambiente (C_i/C_a), eficiência instantânea do uso da

água, que é a razão entre A e E (EUA, $\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e eficiência instantânea de carboxilação, que é a razão entre A e C_i (EIC, $\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ Pa}$).

6.2.5.3 Compostos bioativos

Os compostos bioativos analisados foram betalaínas totais, betacianinas, betaxantinas e compostos fenólicos totais. As análises foram realizadas em amostras de cinco raízes tuberosas, representativas de cada parcela. Antes das análises as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas à -18°C .

Em laboratório as raízes tuberosas de beterraba foram descongeladas, descascadas com auxílio de faca de cozinha, trituradas em multiprocessador doméstico (Walita), coadas em peneira, e o líquido concentrado foi acondicionado em tubos plásticos de 50 mL e microtubos tipo eppendorf de 1,5 mL e novamente armazenados à -18°C para as análises posteriores.

O teor de polifenóis totais foi determinado de acordo com o método descrito por Obanda e Owuor (1997). Em ambiente escuro, foram macerados 1 g do concentrado de raízes com 4 mL de metanol 50% (v/v) por 1 min e deixados em repouso por 60 min a 25°C e, depois, centrifugados a $12000 \times g$ por 15 min a 25°C em centrífuga (SIGMA 2-16KL). O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro Whatman n.1 e separado. Posteriormente foi adicionado ao precipitado 4 mL de acetona 70% (v/v), homogeneizados em vórtex por 1 min e deixado em repouso por 60 min a 25°C , e centrifugado a $12000 \times g$ por 15 min a 25°C . O sobrenadante foi filtrado e unido ao primeiro sobrenadante constituindo o extrato. A solução contendo 125 μL de extrato, 250 μL de reagente de Folin-Ciocalteu 0,25% (v/v), 500 μL de carbonato de sódio anidro 20% (m/v) e 500 μL de água destilada foi preparada e uma alíquota de 250 μL desta mistura foi incubado a 25°C por 30 min. Após esse período, a absorbância foi medida a 700 nm em espectrofotômetro com leitor de microplacas (Synergyx Mx, Biotek, Estados Unidos), usando curva de ácido gálico como padrão. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) kg^{-1} MF.

Os teores de betacianina, betaxantina e betalaínas totais foram determinados utilizando o método de Nilson (1970). Amostras de 2 g do concentrado de raízes foram diluídos em 5 ml de água destilada. Em seguida, a solução obtida foi centrifugada a 4°C durante 40 minutos, com rotação de $6000 \times g$. Em tubo de ensaio, foram homogeneizados 400 μL do sobrenadante e 4 mL de água destilada. Posteriormente a absorbância desta solução foi lida a 525 nm em espectrofotômetro com leitor de microplacas (Synergyx Mx, Biotek, Estados

Unidos). Os resultados foram expressos em mg de betalaínas 100 g⁻¹, aplicando-se as seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned}
 B &= x + y \\
 x &= 1,095 (a-c) \\
 y &= b-z-x/3,1 \\
 z &= a-x
 \end{aligned}$$

em que: B é o teor de betalaínas totais; x é a absorvância de betacianina; y é a absorvância de betaxantina; a é a leitura da absorvância a 538 nm; b é a leitura a 476 nm; c é a leitura a 600 nm; z é a absorvância de impurezas.

6.2.6 Análise dos dados

Os dados obtidos para a beterraba foram analisados em blocos completos, em esquema fatorial 5 x 2, em que o primeiro fator foi composto por cinco cultivares de beterraba, e o segundo por dois sistemas de cultivo (solteira e consorciada com coentro).

Inicialmente os dados foram verificados quanto a existência de pontos discrepantes (outliers) por meio do teste t, homogeneidade da variância pelo teste de Levene e normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Após verificar que todos estes pressupostos foram atendidos, foi aplicado o teste F para a ANOVA, e, quando significativo (p<0,05), as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott (p<0,05) para identificação dos melhores tratamentos. A análise dos dados foi feita no software Sisvar (FERREIRA, 2011).

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Índices de crescimento

Na análise de variância foi observado efeito do fator ‘cultivar’ para todas as variáveis estudadas (Tabela 12). O fator ‘sistema de cultivo’ afetou o índice de área foliar (IAF), razão raiz/parte aérea (R/PA) e índice de colheita (IC). Não houve interação dos fatores ‘cultivar’ e ‘sistema de cultivo’ para as variáveis estudadas.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), razão raiz/parte aérea (R/PA) e índice de colheita (IC) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

FV	GL	SIGNIFICÂNCIA			
		IAF	AFE	R/PA	IC
C	4	**	*	*	*
S	1	**	ns	**	**
C x S	4	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	11,94	15,07	22,38	12,50

C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

O IAF foi maior nas cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha, não diferindo entre si (Tabela 13). Quanto aos sistemas de cultivo, o consórcio foi melhor que o cultivo solteiro.

Tabela 13 – Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), razão raiz/parte aérea (R/PA) e índice de colheita (IC) de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

TRATAMENTO	IAF	AFE	R/PA	IC
		(m ² g ⁻¹)	(g g ⁻¹)	
Cultivar				
IT	3,56 ± 0,31 a	151,76 ± 6,57 b	1,04 ± 0,12 b	0,51 ± 0,03 b
EW	3,54 ± 0,36 a	152,81 ± 9,63 b	1,15 ± 0,15 b	0,51 ± 0,04 b
WT	2,75 ± 0,27 b	159,20 ± 11,57 b	1,48 ± 0,11 a	0,60 ± 0,02 a
FO	2,26 ± 0,27 c	190,01 ± 10,88 a	1,45 ± 0,13 a	0,59 ± 0,02 a
MA	3,24 ± 0,33 a	153,88 ± 7,73 b	1,26 ± 0,11 b	0,55 ± 0,02 b
Sistema				
Solteiro	2,34 ± 0,11 b	155,84 ± 7,27 a	1,47 ± 0,08 a	0,59 ± 0,02 a
ConSORCIADO	3,80 ± 0,16 a	167,23 ± 5,55 a	1,09 ± 0,07 b	0,52 ± 0,02 b

IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilh. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 8 para cultivar e n = 20 para sistema).

O aumento do IAF para estas cultivares pode ser vantajoso, pois representa uma estimativa do tamanho do aparelho assimilatório da cultura, porém, a partir de um certo ponto, pode provocar o decréscimo da taxa fotossintética, uma vez que maior IAF também pode indicar sombreamento mútuo das folhas. Isso pode ser confirmado quando se analisa os sistemas, em que o maior IAF no sistema consorciado culminou em menor IC (Tabela 13). Em geral, as culturas consorciadas aproveitam melhor a radiação solar em virtude de um maior IAF (VIANA et al., 2021). No entanto, existe um IAF ótimo, que partir dele passa haver decréscimo no aproveitamento da luz, principalmente para as culturas consortes de porte mais baixo (UMESH et al., 2023).

A cultivar Fortuna teve a maior média de AFE. Não houve efeito dos sistemas de cultivo pra esta variável. A maior AFE observada na cultivar Fortuna pode ser uma estratégia de adaptação às condições de restrição por luz, como pode ocorrer em cultivos consorciados, pois as plantas tendem a desenvolverem mecanismos para aumentar a absorção da radiação solar buscando o aumento da eficiência fotossintética, chamados de plasticidade fenotípica (TAIZ et al., 2017). Uma das formas de plasticidade é a diminuição da espessura das folhas, resultando, assim, em uma menor área foliar específica. A plasticidade relacionada com a adaptação a situações diferenciadas de radiação leva a modificações no aparato fotossintético, favorecendo o acúmulo eficiente de matéria seca e promove o crescimento (RIBEIRO et al., 2022).

Na R/PA, as cultivares Fortuna e Early Wonder Tall Top, tiveram as maiores médias, superando as demais cultivares. Em relação aos sistemas de cultivo, o solteiro foi superior ao consorciado.

Estes resultados significam que Fortuna e Early Wonder Tall Top alocaram mais biomassa seca para a raiz em relação à parte aérea quando comparada às outras cultivares. A menor alocação de fotoassimilados para a raiz tuberosa nas cultivares Itapuã 202, Early Wonder 200 e Maravilha pode estar relacionado com os maiores IAF (Tabela 13) que pode significar a ocorrência de sombreamento mútuo das folhas. Em beterraba, o sombreamento diminui a partição para as raízes, assim, presumivelmente, as folhas jovens podem exaurir o conteúdo de açúcar dos elementos crivados de modo mais rápido e, assim, aumentar o gradiente de pressão e a taxa de translocação em sua própria direção (TAIZ et al., 2017). Esta também pode ser a explicação para o maior valor do cultivo solteiro comparado ao consorciado, já que o sistema consorciado também propiciou maior IAF, provavelmente em virtude do adensamento das culturas.

Em relação ao IC, os dados assemelham-se aos observados em R/PA, em que as cultivares Fortuna e Early Wonder Tall Top tiveram as maiores médias e o sistema de cultivo solteiro foi superior ao consorciado. Estes resultados indicam que Fortuna e Early Wonder Tall Top alocaram mais biomassa seca para a raiz em relação à massa seca total quando comparada às outras cultivares. Seguindo o mesmo raciocínio para R/PA, ou seja, os maiores IAF observados pode estar relacionado a diminuição do acúmulo de fotoassimilados em virtude sombreamento mútuo (UMESH et al., 2023).

Ressalta-se que apesar do IC ser um parâmetro importante na avaliação de desempenho fisiológico e produtivo, quando se analisa os resultados para a cultivar Fortuna, fica claro que precisa ser considerado também outros índices como a produtividade. Isto fica

evidente quando se verifica que a Fortuna teve IC superior à Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha (Tabela 13), porém, sua produtividade de raízes comerciais foi menor que em todas as cultivares estudadas em ambos os sistemas de cultivo, conforme discutido no capítulo II.

6.3.2 Trocas gasosas

Na primeira avaliação de trocas gasosas (36 DAS), verifica-se pela análise de variância que houve interação dos fatores ‘cultivar’ e ‘sistemas de cultivo’ para taxa fotossintética líquida (A), eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso da água (EUA) (Tabela 14). O fator ‘cultivar’ influenciou na A , condutância estomática (g_s), EiC e EUA. Já o fator ‘sistema de cultivo’ influenciou A , EiC e EUA.

Tabela 14 – Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e razão C_i/C_a , eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso de água (EUA) de cinco cultivares de beterraba, aos 36 DAS, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

FONTE DE VARIÇÃO	GL	SIGNIFICÂNCIA					
		A	g_s	E	C_i/C_a	EiC	EUA
C	4	**	*	ns	ns	**	*
S	1	**	ns	ns	ns	**	**
C x S	4	**	ns	ns	ns	**	*
Bloco	3	ns	ns	**	**	ns	ns
Erro	27	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	11,93	30,93	13,50	3,94	13,75	17,18

C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

Já na segunda avaliação, aos 66 DAS, observa-se na análise de variância que houve interação dos fatores de variação para A , EiC e EUA (Tabela 15). O fator ‘cultivar’ causou efeito na A e EiC, enquanto que o fator ‘sistemas de cultivo’ não influenciou em nenhum dos parâmetros de trocas gasosas avaliados.

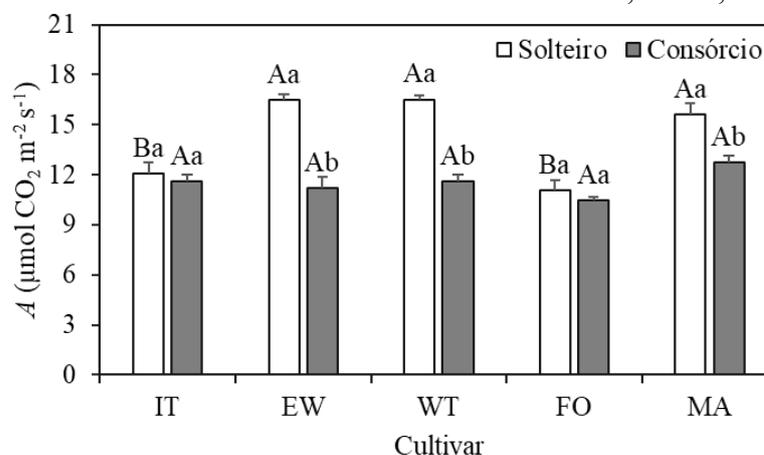
Tabela 15 – Resumo da análise de variância para taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e razão C_i/C_a , eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea de uso de água (EUA) de cinco cultivares de beterraba, aos 69 DAS, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

FONTE DE VARIÇÃO	GL	SIGNIFICÂNCIA					
		A	g_s	E	C_i/C_a	EiC	EUA
C	4	**	ns	ns	ns	*	ns
S	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x S	4	**	ns	ns	ns	**	**
Bloco	3	ns	*	*	*	ns	*
Erro	27	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	9,93	33,99	14,57	8,11	17,39	14,72

C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

A A das cultivares em cada sistema de cultivo aos 36 DAS teve maiores valores em Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha no sistema solteiro (Figura 12). No sistema consorciado não houve diferença de A para as cultivares.

Figura 12 – Taxa fotossintética líquida (A) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS (A) em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média ($n = 4$).

Já quando se analisa os sistemas para cada cultivar, observa-se que houve uma tendência da A ser superior no cultivo solteiro, com destaque para as cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha (Figura 12).

Estes resultados indicam que aos 36 DAS (Figura 13B), próximo a colheita do primeiro ciclo de coentro, estava havendo limitação de luz para as cultivares de beterraba no sistema consorciado em virtude do sombreamento parcial provocado pelo coentro. Em sistemas

consorciados pode haver sombreamento, reduzindo a interceptação de luz e a taxa fotossintética (A) devido ao impacto negativo sobre processos fisiológicos da planta (COSTA et al., 2014; UMESH et al., 2023). Esta diminuição da A observada para a maioria das cultivares no sistema consorciado pode ter sido a principal causa do menor IC observado para as cultivares em consórcio (Tabela 4). Geralmente, quando uma planta é sombreada por outra, durante o período de convivência, a quantidade da luz que atinge as folhas pode se tornar fator limitante, comprometendo assim o metabolismo energético pela redução da taxa de assimilação de CO_2 , o que reduz o crescimento e a produtividade (GONG et al., 2015).

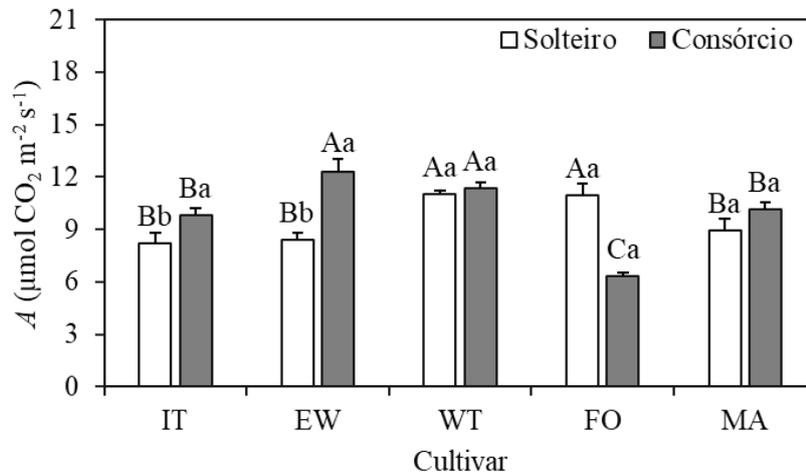
Figura 13 – Beterraba Early Wonder 2000 em sistema de cultivo solteiro (A) e consorciado com coentro (B) aos 36 DAS de ambas as culturas. Fortaleza, Ceará, Brasil



Fonte: próprio autor.

Já na avaliação das trocas gasosas aos 69 DAS (Figura 14), as cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna tiveram maiores médias de A no sistema solteiro. Nos consórcios, Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top foram superiores à Itapuã 202, Maravilha e Fortuna, sendo que esta última teve a menor média. Analisando os sistemas para cada cultivar, observa-se que o sistema consorciado superou o solteiro com as cultivares Itapuã 202 e Early Wonder 2000, enquanto que o cultivo solteiro superou o consórcio com a cultivar Fortuna.

Figura 14 – Taxa fotossintética líquida (A) de cinco cultivares de beterraba aos 69 DAS (A) em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



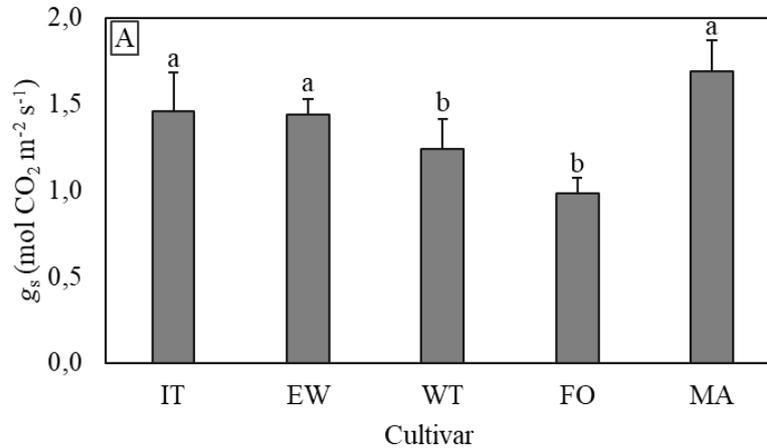
IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média ($n = 4$).

Os resultados de A aos 69 DAS da beterraba indicam que o sistema consorciado favoreceu ao aumento da fotossíntese líquida principalmente nas cultivares Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top, ao contrário do que foi observado aos 36 DAS. Uma explicação para este comportamento é que pode ter ocorrido algum nível de fotoinibição nas cultivares de beterraba em cultivo solteiro na fase final de cultivo no sistema solteiro, que pode ter sido atenuado nas cultivares quando consorciadas com coentro. Sendo assim, no cultivo solteiro, as folhas de beterraba podem ter sido expostas a uma quantidade de luz maior do que podiam utilizar, causando inativação do centro de reação do fotossistema II (TAIZ et al., 2017). Este processo causa diminuição da eficiência fotossintética, afetando negativamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da beterraba.

Em relação a g_s , foi observada influência significativa do fator ‘cultivar’ apenas aos 36 DAS, em que as cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha tiveram médias superiores à Wonder Tall Top e Fortuna (Figura 15).

A maior g_s nas cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha aos 36 DAS pode estar relacionado com o maior IAF dessas cultivares. O maior IAF propicia maior cobertura do solo, mantendo a umidade por mais tempo, contribuindo assim para manter o fluxo transpiratório.

Figura 15 – Condutância estomática (g_s) de cultivares de beterraba aos 36 DAS (A) em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

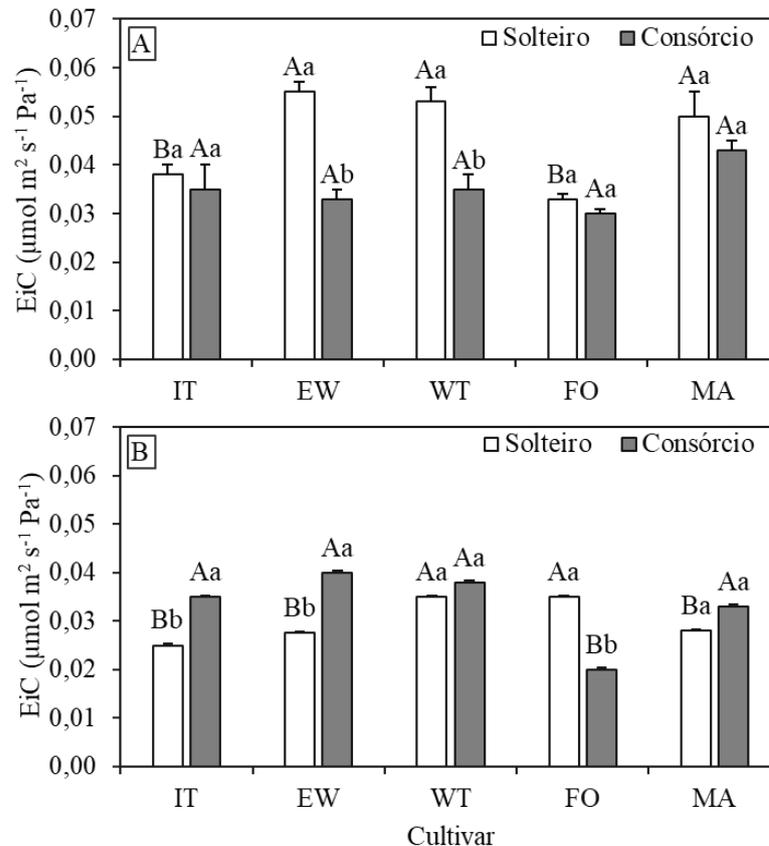


IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 8 para cultivar e n = 20 para sistema).

Por outro lado, com o menor IAF das cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna e uma menor cobertura pelo dossel, a umidade do solo pode ter diminuído mais rapidamente causando uma restrição hídrica momentânea e estimulando as plantas a fecharem estômatos para evitar a perda de água, ocasionando a diminuição da g_s . Sabe-se que o efluxo de água ocorre necessariamente através dos estômatos por meio da transpiração, sendo o movimento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores (SILVA et al., 2015). Em condições de déficit hídrico, o fechamento estomático é um dos mecanismos utilizados pelas plantas buscando reduzir a perda de água para a atmosfera (NAIDOO; NAIDOO, 2018).

Houve interação dos fatores ‘cultivar’ e ‘sistema de cultivo’ para EiC aos 36 e 69 DAS (Figuras 16A e 16B). Aos 36 DAS maiores médias foram observadas nas cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha no sistema solteiro (Figura 16A). Não houve diferença da EiC entre as cultivares no sistema consorciado. Analisando-se os sistemas para cada cultivar, o cultivo solteiro superou o consórcio com as cultivares Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top.

Figura 16 – Eficiência instantânea de carboxilação (EiC) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS (A) e 69 DAS (B), em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

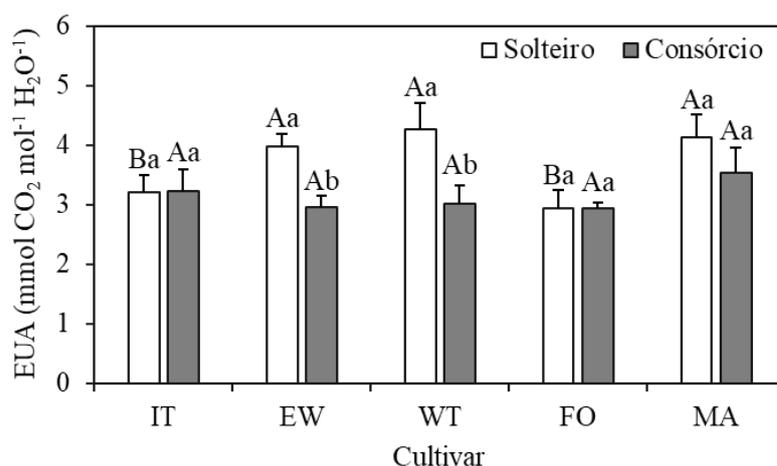
A EiC diz respeito a velocidade de fixação e assimilação do CO₂ no processo fotossintético. Neste sentido, o melhor desempenho das cultivares em cultivo solteiro aos 36 DAS pode estar relacionado à ausência de sombreamento ocasionado pelo coentro como pode ter ocorrido nos consócios, seguindo a tendência do que foi observado para *A*. Com maior radiação interceptada pelas folhas, há um aumento na taxa de fotossíntese líquida que combinada com uma menor resistência estomática pode resultar em um aumento na EiC. (HENDGES et al., 2017). Estes autores, estudando o consórcio de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) com espécies condimentares, também relataram menor *A* e EiC quando a couve foi consorciada com o coentro.

Aos 69 DAS (Figura 16B), as cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna tiveram as maiores médias de EiC no sistema solteiro. As cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha não diferiram entre si e foram superiores à Fortuna no sistema consorciado. Quando se analisa os sistemas para cada cultivar, o consorciado superou

o solteiro com a Itapuã 202 e Early Wonder 2000. Já o solteiro superou o consorciado com a cultivar Fortuna, e, para as cultivares Early Wonder Tall Top e Maravilha não houve influência dos sistemas. Neste caso, as maiores médias de EiC das cultivares no sistema consorciado provavelmente está relacionado com a maior *A* observadas (Figura 16B), já que não houve diferença para Ci/Ca (LEMOS NETO et al., 2018).

Em relação à EUA aos 36 DAS, as cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha tiveram as maiores médias no sistema solteiro, superando Itapuã 202 e Fortuna (Figura 17). Não houve diferença da EUA entre as cultivares no sistema consorciado. Já quando se analisa o fator ‘sistema’ para cada cultivar, o cultivo solteiro superou o consórcio com as cultivares Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top.

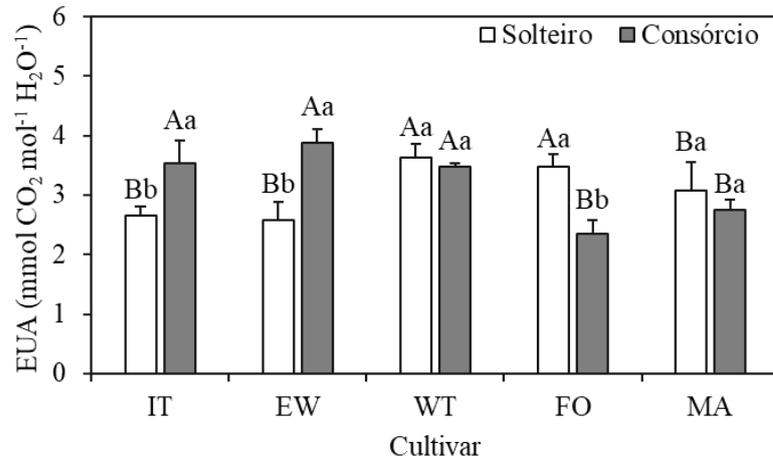
Figura 17 – Eficiência instantânea de uso da água (EUA) de cinco cultivares de beterraba aos 36 DAS em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

Aos 69 DAS as cultivares Early Wonder Tall Top e Fortuna apresentaram as maiores médias de EUA no sistema solteiro (Figura 18). Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top não diferiram entre si e foram superiores à Fortuna e Maravilha no sistema consorciado. Ao se analisar os sistemas para cada cultivar, observou-se que o consorciado foi maior que o solteiro com a Itapuã 202 e Early Wonder 2000. O solteiro superou o consorciado com a cultivar Fortuna.

Figura 18 – Eficiência instantânea de uso da água (EUA) de cinco cultivares de beterraba aos 69 DAS, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

A maior EUA (A/E) aos 36 DAS observada nas cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha no cultivo solteiro; aos 69 DAS para Early Wonder Tall Top e Fortuna no cultivo solteiro; e para Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Early Wonder Tall Top no consorciado, pode ser explicada pelas maiores taxas de fotossíntese líquida dessas cultivares nesses sistemas de cultivo, já que não houve diferença significativa para E .

Geralmente a EUA está relacionada também com a redução da condutância estomática que ocorre quando a planta necessita fechar os estômatos buscando diminuir a perda de água para a atmosfera em condições de baixa umidade do solo (TAIZ et al., 2017). Isso pode ter ocorrido com a Early Wonder Tall Top, pois esta cultivar teve menor g_s quando comparada à Itapuã 202, Early Wonder 2000 e Maravilha. Por meio de mudanças estomáticas, as plantas ajustam a relação entre E , A e EUA visando aumentar a assimilação de CO_2 e diminuir as perdas de água (LI et al., 2017). Este resultado sugere maior potencial da Early Wonder Tall Top para cultivo em regiões com limitação de água, como no Semiárido brasileiro. Provavelmente este comportamento pode ser explicado por uma maior adaptabilidade dessa cultivar às condições de clima quente (verão) e uma maior competitividade com a cultura consorte (RIBEIRO et al., 2020).

6.3.3 Compostos bioativos

A partir da análise de variância, pode-se observar que houve efeito da interação dos fatores ‘cultivar’ e ‘sistema de cultivo’ apenas para polifenóis totais (Tabela 16). De forma isolada, o fator ‘cultivar’ influenciou os teores de polifenóis totais, betacianinas, betaxantinas e betalaínas totais. Já o fator ‘sistema de cultivo’ proporcionou influência em polifenóis totais e betaxantinas.

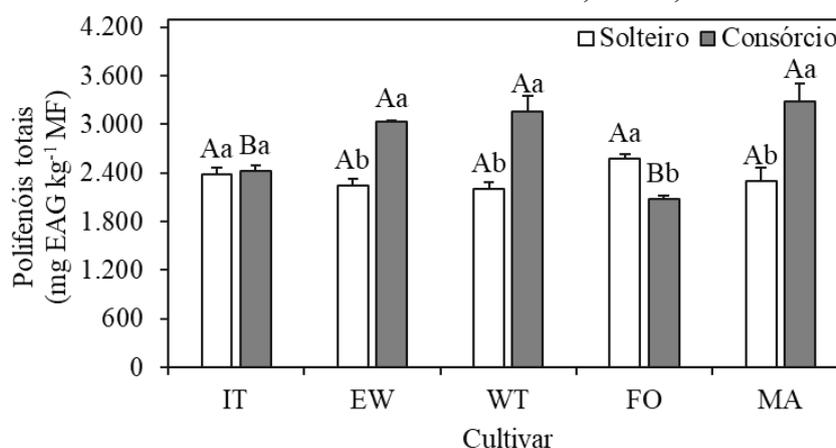
Tabela 16 – Resumo da análise de variância para teores de polifenóis totais, betacianinas, betaxantinas e betalaínas totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

FONTE DE VARIÇÃO	GL	SIGNIFICÂNCIA			
		Polifenóis totais	Betacianina	Betaxantina	Betalaínas totais
C	4	**	**	**	**
S	1	**	ns	**	ns
C x S	4	**	ns	ns	ns
Bloco	3	ns	ns	ns	ns
Erro	27	-	-	-	-
CV (%)	-	9,44	17,73	10,52	15,25

C – Cultivar; S – Sistema de cultivo; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade; ** e * - significativo pelo teste F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste F a 5%.

Não houve diferença nos teores de polifenóis totais entre as cultivares no sistema solteiro, enquanto que no sistema consorciado, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha foram superiores à Fortuna e Itapuã 202 (Figura 19).

Figura 19 – Teores de compostos fenólicos totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil



IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro do mesmo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e minúsculas comparam os sistemas para cada cultivar. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão da média (n = 4).

No que concerne a análise dos sistemas para cada cultivar, o solteiro superou o consorciado apenas para a cultivar Fortuna. Já o sistema consorciado possibilitou maiores teores de polifenóis que o solteiro para as cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha, não havendo diferença estatística entre sistemas para a cultivar Itapuã 202 (Figura 19).

De forma geral, estes resultados sugerem que o cultivo consorciado favoreceu o aumento dos teores de polifenóis totais na beterraba, pois no cultivo solteiro não houve diferença significativa para nenhuma das cultivares. Provavelmente isso ocorreu em decorrência da competição intraespecífica a qual as plantas em consócio foram submetidas devido ao adensamento. Os polifenóis são produtos do metabolismo secundário das plantas, e estão localizados na interface entre o metabolismo primário e a interação dos organismos com seu ambiente (TAIZ et al., 2017). Assim, o teor de polifenóis nas hortaliças pode ser influenciado pelo tipo de cultivo, cultivar e condições ambientais (DEUS et al., 2019).

A cultivar Fortuna teve maior média para os teores de betacianinas, sendo superior a todas as cultivares (Tabela 17). Em relação aos sistemas de cultivo, não houve diferença significativa. Maiores teores de betaxantinas foram observados nas cultivares Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha, enquanto que o sistema de cultivo solteiro foi superior ao consorciado. O teor de betalaínas totais foi maior na cultivar Fortuna, que se destacou com média superior a todas as cultivares estudadas. Já os sistemas de cultivo não influenciaram neste parâmetro.

Tabela 17 – Teores de betacianinas, betaxantinas e Betalaínas totais de cinco cultivares de beterraba em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com coentro. Fortaleza, Ceará, Brasil

TRATAMENTO	Betacianinas	Betaxantinas	Betalaínas totais
	(mg 100g ⁻¹)		
Cultivar			
IT	78,89 ± 2,48 b	14,18 ± 0,52 b	93,06 ± 2,60 b
EW	90,00 ± 3,54 b	17,46 ± 0,87 a	107,48 ± 3,93 b
WT	80,56 ± 3,60 b	17,33 ± 0,60 a	97,85 ± 3,54 b
FO	162,75 ± 12,17 a	15,61 ± 0,71 b	178,36 ± 12,12 a
MA	80,10 ± 3,06 b	17,33 ± 0,87 a	97,41 ± 3,37 b
Sistema			
Solteiro	99,67 ± 7,47 a	17,53 ± 0,53 a	117,20 ± 7,50 a
Consoiciado	97,25 ± 9,08 a	15,23 ± 0,38 b	112,50 ± 8,95 a

IT – beterraba Itapuã 202; EW – beterraba Early Wonder 2000; WT – beterraba Early Wonder Tall Top; FO – beterraba Fortuna; MA – beterraba maravilha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. Valores sobrescritos representam o erro padrão da média (n = 8 para cultivar e n = 20 para sistema).

O maior teor de betacianinas e de betalaínas totais verificados na Fortuna, indica que ela é mais resistente a despigmentação desencadeada pelas temperaturas elevadas, quando comparada às outras cultivares estudadas. Já a superioridade do cultivo solteiro para o teor de betaxantinas, pode estar relacionado com as condições do meio. As betalaínas são também metabólitos secundários e por isso podem ser afetados pelas condições ambientais e de cultivo mais facilmente, como os polifenóis (DEUS et al., 2019; SKALICKY et al., 2020).

6.4 Conclusões

As cultivares Itapuã 202, Early Wonder 2000, Early Wonder Tall Top e Maravilha têm melhores índices de crescimento que a Fortuna nos cultivos solteiros e consorciados no verão. O cultivo consorciado limitou as trocas gasosas durante o primeiro ciclo de coentro e favoreceu no segundo. O cultivo consorciado aumenta os teores de polifenóis totais em cultivares de beterraba.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage paper 56).
- ALMEIDA, B. C.; LEMOS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, L. S. Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-7, 2019.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. N.; COUTINHO, P. W. R.; MACEDO JUNIOR, E. K.; KLOSOWSKI, E. S.; BLACK, A. V.; INAGAKI, A. M. Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físico-químicas da couve de folha sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 79987-80001, 2020.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- CARRILLO, C.; REY, R.; HENDRICKX, M.; CAVIA, M. M.; ALONSO-TORRE, S. R. Antioxidant capacity of beetroot: Traditional vs novel approaches. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 72, p. 266-273, 2017.
- COSTA, E. M. R.; MARCHESE, A.; MALUF, W. R.; SILVA, A. A. Resistência de genótipos de couve-manteiga ao pulgão-verde e sua relação com a cerosidade foliar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 146-154, 2014.
- DEUS, V. L.; SANTOS, A. P. C.; WALKER, J. F.; SANTANA NETA, L. G.; SOUZA, L. S. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal Health and Pharmacy**, v. 1, n. 1, 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GONG, W. Z.; JIANG, C. D.; WU, Y. S.; CHEN, H. H.; LIU, W. Y.; YANG, W. Y. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v. 53, n. 3, p. 259-268, 2015.
- GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.
- GUERRA, N. M.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; PORTO, V. C. N.; QUEIROGA, R. C. F.; LINO, V. A. S.; SÁ, J. M. Agro-economic viability

of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 82-91, 2022.

HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; MESQUITA, R. O. Physiological performance and competitive ability in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* 'Manteiga da Georgia') intercropped with 92 importante aromatic species and herbs. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 9, p. 1181-1187, 2017.

LEMONS NETO, H. S.; MAIA, C. L.; COSTA, M. R.; RABELO, J. S.; HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A. Fisiologia do rabaneteiro em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-6, 2018.

LI, J.; CANG, Z.; JIAO, F.; BAI, X.; ZHANG, D.; ZHAI, R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 82-88, 2017.

NAIDOO, G.; NAIDOO, K. K. Drought stress effects on gas exchange and water relations of the invasive weed *Chromolaena odorata*. **Flora**, v. 248, p. 1-9, 2018.

NILSON, T. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukshogskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of food and Agriculture**, [s.l.], v. 74, p. 209-215, 1997.

PANGHAL, A.; VIRKAR, K.; KUMAR, V.; DHULL, S. B.; GAT Y.; CHHIKARA, N. Development of probiotic beetroot drink. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, v. 5, n. 3, p. 257-262, 2017.

RIBEIRO, A. S.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CARVALHO, A. A.; TOSTES, W. N., COELHO, A. D.; PINTO, J. E. B. P. Light intensities alter growth and essential oil of patchouli under shade nets. **Ciência Rural**, v. 52, n. 5, p. 1-11, 2022.

RIBEIRO, J. R. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; CHAVES, A. P.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L.C. 2020. Production efficiency in cultivar combinations of beet and cowpea. **Horticultura Brasileira** v. 38, n. 4, p. 445-453, 2020.

SANTANA, F. M. S.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; SILVA, A. F. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LINS, H. A. Economic viability of beet crops using *Calotropis procera* biomass as soil fertilizer in two growing seasons. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 846-856, 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de

irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-9522, 2015.

SILVA, G. A.; GRANGEIRO, L. G.; SOUSA, V. F. L.; SILVA, L. R. R.; JESUS, P. M. M.; SILVA, J. L. A. Agronomic performance of beet cultivars as a function of phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 518-523, 2019.

SKALICKY, M.; KUBES, J.; SHOKOOFEH, H.; TAHJIB-UL-ARIF, M.; VACHOVA, P.; HEJNAK, V. Betacyanins and Betaxanthins in Cultivated Varieties of Beta vulgaris L. Compared to Weed Beets. **Molecules**, v. 25, n. 5395, p. 1-15, 2020.

SOUSA, V. L. B.; LOPES, K. P.; COSTA, C. C.; PORTO, D. R. Q.; SILVA, D. S. O. Tratamento pré germinativo e densidade de semeadura de coentro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 21-26, 2011.

SOUZA, A. J. J.; MATSUMOTO, S. N.; MALTA, M. R.; GUIMARÃES, R. J. Qualidade do café arborizado e a pleno sol em manejo pós-colheita no sudoeste da Bahia. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 109-120, 2013.

SOUZA, L. G. S.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M.; FRANCISCO, W. M.; PINTO, G. P. Desempenho agrônômico de cultivares de beterraba sob coberturas de solo e épocas de cultivo. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 764-777, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

UMESH M. R.; ANGADI, S.; BEGNA, S.; GOWDA, P.; LAURIAULT, L.; HAGEVOORT, R.; DARAPUNENI, M. Intercropping and species interactions on physiological and light use characteristics of forage cereals-legumes combinations in semi-arid regions. **Field Crops Research**, v. 290, p. 1-9, 2023.

VIANA, C. S.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SAMPAIO, I. M. G.; HENDGES, A. R. A. A.; RABELO, J. S. Competitive ability and physiological aspects of single and intercropped arugula (*Eruca sativa* Miller). **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 2, p. 505-520, 2021.

YASHNI, G.; AL-GHEETHI, A.; MOHAMED, R. M.S. R.; SHANMUGAN, V. A.; BAKAR, J. A. Characterization of Coriandrum sativum leaves as a sustainable green biosorbent. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, n. 1, p. 1345-1349, 2021.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de cultivo consorciado tem potencial para favorecer a qualidade e o conteúdo de compostos bioativos de beterraba em regiões de clima quente na época de verão.

Mais estudos são necessários para evidenciar quais espécies têm complementaridade com a beterraba em regiões de clima quente na época de verão; a quantidade de ciclos de cultivo da cultura secundária durante o ciclo da beterraba; a melhor densidade de plantas; e, o melhor arranjo espacial para as culturas no sistema.

Além de ganhos produtivos, deve ser considerado também os benefícios ambientais e sociais do sistema consorciado.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. R.; FRANÇA, A. C.; CRUZ, R. S.; SARDINHA, L. T.; MACHADO, C. M. M.; FERREIRA, B. O.; ARAÚJO, F. H. V. Produção e qualidade de beterrabas submetidas a diferentes manejos de adubação e efeito residual na produção de milho cultivado em sucessão. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 1, p. 60-70, 2021.
- ALMEIDA, A. S.; SANTOS, A. F. Flavonoides do Gênero *Annona*. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 475-485, 2018.
- ALMEIDA, B. C.; LEMOS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, L. S. Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-7, 2019.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, H.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 869-890, 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. N.; COUTINHO, P. W. R.; MACEDO JUNIOR, E. K.; KLOSOWSKI, E. S.; BLACK, A. V.; INAGAKI, A. M. Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físico-químicas da couve de folha sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 79987-80001, 2020.
- ANDRADE FILHO, F. C.; OLIVEIRA, E. Q.; LIMA, J. S. S.; MOREIRA, J. N.; SILVA, I. N.; LINS, H. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F. 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, n. 1, p. 210-224, 2020.
- AOAC – **Official methods of analysis chemists**. 18. Ed. Washington: Association Of Official Analytical Chemists International, 2005.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- BAIÃO, D. D. S.; SILVA, D. V.; DEL AGUILA, E. M.; PASCHOALIN, V. M. F. (2017). Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. **Food Additives**, v. 6, n. 6, p. 2017.
- BALBINO, J. M. S.; FAVARATO, L. F. Boas práticas de colheita e de pós-colheita da batata-baroa. In. BALBINO, J. M. S. (Org.). **Cultura da batata-baroa (mandioquinha-salsa)**: práticas da produção à pós-colheita. Vitória: Incaper, 2018. 126 p. cap. 7, p. 103-124.

- BANGAR, S. P.; SHARMA, N.; SANWAL, N.; LORENZO, J. M.; SAHU, J. K. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, n. 1, p. 111556, 2022.
- BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J.; TOSIN, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1078-1084, 2012.
- BEDOUSSAC, L.; JOURNET, E. P.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; NAUDIN, C.; CORREHELLOU, G.; JENSEN, E.S.; PRIEUR, L.; JUSTES, E. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 911–935, 2015.
- BEZERRA NETO, F.; PORTO, V. C. N.; GOMES, E. G.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MOREIRA, J. N. Assessment of agro-economic indices in polycultures of lettuce, rocket and carrot through uni and multivariate approaches in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, v. 14, n. 1, p. 11-17, 2012.
- BEZERRA NETO, F.; RIBEIRO, J. R. S.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; GUERRA, N. M.; NUNES, R. L. C. NuneAgro-bioeconomic feasibility of immature cowpea and beet cultivar combinations in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 70-79, 2023.
- BORGES, L. S.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. Índices morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de jambu influenciadas pela adubação orgânica e mineral. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1768-1778, 2014.
- BRITO, E. G.; SILVA, M. V. C.; CRISPIM, A. B. **Climatologia**. Fortaleza, CE: EdUECE, 2019. 106 p.
- CARRILLO, C.; REY, R.; HENDRICKX, M.; CAVIA, M. M.; ALONSO-TORRE, S. R. Antioxidant capacity of beetroot: Traditional vs novel approaches. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 72, p. 266-273, 2017.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; BIANCO, M. S.; TARDIVO, C. F.; PUGINA, G. C. M. Agronomic viability of New Zealand spinach and kale intercropping. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 2975-2986, 2017.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; DUTRA, A. F. Yield of intercropped lettuce and cucumber as a function of population density and cropping season. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 943-951, 2019.
- CHAVES, A. P.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; LINO, V. A. S. Bio-agro-economic returns in beet-cowpea intercropping by optimization of population densities and spatial arrangements. **Acta Scientiarum**, v. 44, n. 1, p. e55146, 2022.
- CHHIKARA, N.; KUSHWAHA, K.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 192-200, 2019.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 783 p.

COSTA, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVA, M. L.; LIMA, L. S. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; PORTO, V. C. N. Intercropping of carrot x cowpea-vegetables: evaluation of cultivar combinations fertilized with roostertree. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 633-641, 2017.

COSTA, E. M. R.; MARCHESE, A.; MALUF, W. R.; SILVA, A. A. Resistência de genótipos de couve-manteiga ao pulgão-verde e sua relação com a cerosidade foliar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 146-154, 2014.

COUTINHO, P. W. R.; OLIVEIRA, P. S. R.; ECHER, M. M.; CADORIN, D. A.; VANELLI, J. Establishment of intercropping of beet and chicory depending on soil management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 674-682, 2017.

CUNHA-CHIAMOLERA, T. P. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; SANTOS, D. M. M.; CRUZ, F. J. R. Gas 97mportan, photosynthetic pigments, and growth in tomato: lettuce intercropping. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 77, n. 4, p. 295-302, 2017.

DE, L. C.; DE, T. Nutrient rich foods in human diet as immunity boosters. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, n. 3, p. 197-206, 2021.

DEUS, V. L.; SANTOS, A. P. C.; WALKER, J. F.; SANTANA NETA, L. G.; SOUZA, L. S. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal Health and Pharmacy**, v. 1, n. 1, 2019.

DUCHENE, O.; VIAN, J-F.; CELETTE, F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 240, n. 3, p. 148-161, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, F. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S. Qualidade pós-colheita de cenoura durante o desenvolvimento em monocultivo e consorciada com rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 423-428, 2011.

FERREIRA, F. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 421p.

FREITAS, M. S. M.; GONÇALVES, Y.S.; LIMA, T. C.; SANTOS, P. C.; PEÇANHA, D. A.; VIEIRA, M. E.; CARVALHO, A. J.C.; VIEIRA, I. J. C. Potassium sources and doses in coriander fruit production and essential oil 97mportan. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 268-273, 2020.

GONG, W. Z.; JIANG, C. D.; WU, Y. S.; CHEN, H. H.; LIU, W. Y.; YANG, W. Y. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v. 53, n. 3, p. 259-268, 2015.

GONG, X.; LIU, C.; LI, J.; LUO, Y.; YANG, Q.; ZHANG, W.; YANG, P.; FENG, B. Responses of rhizosphere soil properties, enzyme activities and microbial. **Soil and Tillage Research**, v. 195, n. 12, p. 2019.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

GUERRA, N. M.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; PORTO, V. C. N.; QUEIROGA, R. C. F.; LINO, V. A. S.; SÁ, J. M. Agro-economic viability of lettuce-beet intercropping under green manuring in the semi-arid region. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 82-91, 2022.

GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. R. C.; GARITA, A. A.; GOMES, S. G. Condições climáticas para o cultivo. In: GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. R. C. (Eds.). **Implantação de hortas: aspectos a serem considerados**. Fortaleza, CE: Protograf Gráfica e editora, 2015. 104 p. cap. 4, p. 28-41.

GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; LIMA NETO, B. P.; HENDGES, A. R. A. A.; VIANA, C. S.; RABELO, J. S.; OLIVEIRA, F. R. A. Physiological responses of arugula/nirá intercropping under diferente arrangements and **growing seasons**. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 255-260, 2022.

GUIMARÃES, M. A.; LIMA NETO, B. P.; LEMOS NETO, H. S.; HENDGES, A. R. A. A.; VIANA, C. S.; RABELO, J. S. Agronomic performance of arugula/nira intercropping in different cultivation arrangements. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 329-333, 2020.

HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; MESQUITA, R. O. Physiological performance and competitive ability in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* 'Manteiga da Georgia') intercropped with 98 importante aromatic species and herbs. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 9, p. 1181-1187, 2017.

HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; VALE, J. C.; LIMA NETO, B. P. Agronomic performance and biological efficiency of kale intercropped with spice species. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 7-15, 2019.

HENDGES, A. R. A. A.; MELO, J. W. S.; GUIMARAES, M. A.; RABELO, J. S. Intercropping Kale with Culinary Herbs Alters Arthropod Diversity and Hinders Population Growth in Aphids. **Hortscience**, v. 53, p. 44-48, 2018.

HIEBSCH, C. K.; MCCOLLUM, R. E. Area x time equivalency ratio: a method of evaluating the productivity of intercrops. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 1, p. 15-22, 1987.

- HU, J.; CHEN, J.; WANG, W.; ZHU, L. Mechanism of growth inhibition mediated by disorder of chlorophyll metabolism in rice (*Oryza sativa*) under the stress of three polycyclic aromatic hydrocarbons. **Chemosphere**, v. 329, p. 1-9, 2023.
- JUSTES, E.; BEDOUSSAC, L.; CORRE-HELLOU, G.; FUSTEC, J.; HINSINGER, P.; JEUFFROY, M. H.; JOURNET, E. P.; LOUARN, G.; NAUDIN, C.; PELZER, E. Les processus de complémentarité de niche et de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leur efficacité pour l'acquisition des ressources abiotiques. **Innovations Agronomiques**, n. 40, n. 1, p. 1-24, 2014.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York, New York, USA, Ed. 2. 2008.
- LEMONS NETO, H. S.; MAIA, C. L.; COSTA, M. R.; RABELO, J. S.; HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A. Fisiologia do rabaneteiro em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-6, 2018.
- LI, J.; CANG, Z.; JIAO, F.; BAI, X.; ZHANG, D.; ZHAI, R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 82-88, 2017.
- LINHARES, P. C. A.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; RODRIGUES, G. S. O.; CHAVES, A. P. Polycultures of coriander, carrot, and arugula in strip-intercropping system. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 622-632, 2017.
- LINO, V. A. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L. C.; GUERRA, N. M.; LINO, F. K. K. S.; SÁ, J. M.; SILVA, J. N. Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 432-443, 2021.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. 492 p.
- MARTIN-GUAY, M. O.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; RIVEST, D. The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 767-772, 2018.
- MATTEDI, A. P.; LAURINDO, B. S. A cultura. In: AQUINO, L. A.; BORÉM, A. **Beterraba do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2021. 183 p. cap. 1, p. 9-18.
- MEDEIROS, M. L. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; LIMA, J. S. S.; SILVA, M. L.; PÁDUA, G. V. G. Consorciação de caupi-hortaliça e beterraba sob diferentes quantidades de flor-de-seda incorporadas ao solo. **Revista Verde**, v. 14, n. 1, p. 12-20, 2019.
- MORAIS, E. C.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; SILVA, J. N.; NUNES, R. L. C.; LINHARES, P. C. A. Habilidade competitiva e biológica do consórcio beterraba com caupi-hortaliça proveniente de adubação verde e de arranjos espaciais. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 433-442, 2018.

NAIDOO, G.; NAIDOO, K. K. Drought stress effects on gas exchange and water relations of the invasive weed *Chromolaena odorata*. **Flora**, v. 248, p. 1-9, 2018.

NASCIMENTO, C. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; NASCIMENTO, C. S.; BEZERRA NETO, F.; GRANGEIRO, L. C. Effect of population density of lettuce intercropped with rocket on productivity and land-use efficiency. **PLOS ONE**, v. 13, n. 4, p. e0194756, 2018.

NATARAJAN, M.; WILLEY, R. W. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 13, p. 117-131, 1986.

NILSON, T. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukhogskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970.

NUNES, G. H. S. Qualidade pós-colheita de cenoura durante o desenvolvimento em monocultivo e consorciada com rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 423-428, 2011.

NYAWADE, C. O.; KARANJA, N. N.; GACHENE, C. K. K.; GITARI, H. I.; SCHULTE-GELDERMANN, E.; PARKER, M. L. Short-term dynamics of soil organic matter fractions and microbial activity in smallholder potato-legume intercropping systems. **Applied Soil Ecology**, v. 142, n. 10, p. 123-135, 2019.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of food and Agriculture**, [s.l.], v. 74, p. 209-215, 1997.

ODO, P. E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v. 27, n. 4, p. 435-441, 1991.

PANGHAL, A.; VIRKAR, K.; KUMAR, V.; DHULL, S. B.; GAT Y.; CHHIKARA, N. Development of probiotic beetroot drink. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, v. 5, n. 3, p. 257-262, 2017.

PEREIRA, F. H. F.; BRITO, M. E. B.; MEDEIROS, J. E. Exigências climáticas e Ecofisiologia. In: AQUINO, L. A.; BORÉM, A. **Beterraba do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2021. 183 p. cap. 2, p. 19-37.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; RODRIGUES, S.; Carini, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Clima e as hortaliças. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. (Eds.). **Olericultura, teoria e prática**. (2. Ed.). Viçosa, MG: UFV, DFT, 2019a. 632 p. cap. 2, p. 33-48.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Cultura da beterraba. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. (Eds.). **Olericultura, teoria e prática**. (2. Ed.). Viçosa, MG: UFV, DFT, 2019b. 632 p. cap. 24, p. 465-478.

- RABELO, J. S. **Determinantes fisiológicos, metabólicos e produtivos na consorciação da rúcula com jambu em função do regime hídrico no semiárido**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- RAMALHO, W. B.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; ALMEIDA, A. M. B.; MORAIS, A. P. Desempenho econômico do consórcio de coentro com beterraba, adubados com doses de jiterana, combinada com esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p.78-83, 2016.
- REN Y.; LIU J.; WANG Z.; ZHANG, S. Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrops 101important competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. **European Journal of Agronomy**, v. 72, p.70-79, 2016.
- RIBEIRO, A. S.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CARVALHO, A. A.; TOSTES, W. N., COELHO, A. D.; PINTO, J. E. B. P. Light intensities alter growth and essential oil of patchouli under shade nets. **Ciência Rural**, v. 52, n. 5, p. 1-11, 2022.
- RIBEIRO, J. R. S.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S.; CHAVES, A. P.; SILVA, J. N.; SANTOS, E. C.; NUNES, R. L.C. 2020. Production efficiency in cultivar combinations of beet and cowpea. **Horticultura Brasileira** v. 38, n. 4, p. 445-453, 2020.
- SANTANA, F. M. S.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; SILVA, A. F. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LINS, H. A. Economic viability of beet crops using *Calotropis procera* biomass as soil fertilizer in two growing seasons. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 846-856, 2021.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.
- SILVA, G. A.; GRANGEIRO, L. G.; SOUSA, V. F. L.; SILVA, L. R. R.; JESUS, P. M. M.; SILVA, J. L. A. Agronomic performance of beet cultivars as a function of phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 518-523, 2019.
- SILVA, I. N.; BEZERRA NETO, F. B.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LIMA, J. S. S.; BATISTA, T. M. V.; LINS, H. A. Green manure and spatial arrangement in the sustainability improvement of lettuce-beet intercrops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 451-457, 2018.

SINGH, N.; ANAND, G.; KAPOOR, R. Incidence and severity of fungal diseases of safflower in India. **Crop Protection**, v. 125, n. 11, p. 104905, 2019.

SIVARAM, A. K.; LOGESHWARAN, P.; LOCKINGTON, R.; NAIDU, R.; MEGHARAJ, M. The impact of low molecular weight organic acids from plants with C₃ and C₄ photosystems on the rhizoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 19, n. 1, p.100957, 2020.

SKALICKY, M.; KUBES, J.; SHOKOOFEH, H.; TAHJIB-UL-ARIF, M; VACHOVA, P.; HEJNAK, V. Betacyanins and Betaxanthins in Cultivated Varieties of Beta vulgaris L. Compared to Weed Beets. **Molecules**, v. 25, n. 5395, p. 1-15, 2020.

SOUSA, V. L. B.; LOPES, K. P.; COSTA, C. C.; PORTO, D. R. Q; SILVA, D. S. O. Tratamento pré germinativo e densidade de semeadura de coentro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 21-26, 2011.

SOUZA, A. J. J.; MATSUMOTO, S. N.; MALTA, M. R.; GUIMARÃES, R. J. Qualidade do café arborizado e a pleno sol em manejo pós-colheita no sudoeste da Bahia. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 109-120, 2013.

SOUZA, J. P.; MACEDO, M. A. S. Análise de viabilidade agroeconômica de sistemas orgânicos de produção consorciada. **Associação Brasileira de Custos**, v. 2, p. 57-78, 2007.

SOUZA, L. G. S.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; UCHÔA, T. L.; SILVA, N. M.; FRANCISCO, W. M.; PINTO, G. P. Desempenho agrônômico de cultivares de beterraba sob coberturas de solo e épocas de cultivo. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 764-777, 2020.

SU, BY; SONG, YX; SONG, C; CUI, L; YONG, TW; YANG, WY. Growth and photosynthetic responses of soybean seedlings to maize shading in relay intercropping system in Southwest China. **Photosynthetica**, v. 52, n. 10, p. 332-340, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. 45p.

UMESH M. R.; ANGADI, S.; BEGNA, S.; GOWDA, P.; LAURIAULT, L.; HAGEVOORT, R.; DARAPUNENI, M. Intercropping and species interactions on physiological and light use characteristics of forage cereals-legumes combinations in semi-arid regions. **Field Crops Research**, v. 290, p. 1-9, 2023.

VIANA, C. S.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SAMPAIO, I. M. G.; HENDGES, A. R. A. A.; RABELO, J. S. Competitive ability and physiological aspects of single and intercropped arugula (*Eruca sativa* Miller). **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 2, p. 505-520, 2021.

WAN, X.; LEI, M. Intercropping efficiency of four arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* populations as intercrops with *Morus alba*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 12600-12611, 2018.

WANG, X.; SHEN, L.; LIU, T.; WEI, W.; ZHANG, S.; TUERTI, T.; LI, L.; ZHANG, W. Juvenile plumcot tree can improve fruit quality and economic benefits by intercropping with alfalfa in semi-arid areas. **Agricultural Systems**, v. 205, n. 2, p. 103590, 2023.

WEI, J. N.; LIU, Z. N.; ZHAO, Y. P.; ZHAO, L. L.; XUE, T. K.; LAN, Q. K. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**, v. 286, n. 7, p. 260-267, 2019.

WEZEL, A., CASAGRANDE, M., CELETTE, F., VIAN, J. F., FERRER, A., PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 1-20, 2014.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, v. 70, n. 2, p. 517-529, 1972.

WU, K.; FULLEN, M. A.; AN, T.; FAN, Z.; ZHOU, F.; XUE, G.; WU, G. Above- and below-ground interspecific interaction in intercropped maize and potato: A field study using the 'target' technique. **Field Crops Research**, v. 139, p. 63-70, 2012.

YASHNI, G.; AL-GHEETHI, A.; MOHAMED, R. M.S. R.; SHANMUGAN, V. A.; BAKAR, J. A. Characterization of *Coriandrum sativum* leaves as a sustainable green biosorbent. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, n. 1, p. 1345-1349, 2021.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. P. 1020.

ZENG, L.; LIN, X.; ZHOU, F.; QIN, J.; LI, H. Biochar and crushed straw additions affect cadmium absorption in cassava-peanut intercropping system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, n. 1, p. 520-530, 2019.

ANEXO A – FOTO AÉREA DO EXPERIMENTO AOS 69 DAS

Fonte: Ingrid Pinheiro