

Consórcio de mandioca e feijão na potencialização da Agricultura Familiar do Rio Grande do Sul, Brasil

Cassava and bean consortium in enhancing Family Farming in Rio Grande do Sul, Brazil

Consorsio de yuca y frijol en la potenciación de la Agricultura Familiar en Rio Grande do Sul, Brasil

Recebido: 27/12/2023 | Revisado: 02/01/2024 | Aceitado: 03/01/2024 | Publicado: 07/01/2024

Liege Camargo da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6079-4121>

Secretaria da Agricultura Pecuária Irrigação e Produção Sustentável do RS, Brasil

E-mail: liegeccosta2015@gmail.com

Darlei Michalski Lambrecht

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1376-3504>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: ldarleilambrecht@gmail.com

Charles Patrick de Oliveira Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7458-799X>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: lcharlespatrick2010@hotmail.com

Guilherme Penteado Simões

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3854-7645>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: lguilhermi_simoes@hotmail.com

Naiara do Nascimento dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8391-3172>

Instituto Federal Farroupilha, Brasil

E-mail: lnaiara.2021013390@aluno.iffar.edu.br

Alencar Junior Zanon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7194-9833>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: lalencarzanon@hotmail.com

Nereu Augusto Streck

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2495-0823>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: lnstreck2@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo objetivou avaliar a eficiência agrônômica de diferentes cultivares de mandioca em cultivo solteiro e em consórcio com feijão para impulsionar a produtividade e fortalecer a Agricultura Familiar no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Conduzido em blocos ao acaso com quatro repetições, o experimento incluiu tratamentos como mandioca Vassourinha em cultivo solteiro (T1), mandioca Fepagro RS-13 em cultivo solteiro (T2), Vassourinha consorciada com feijão Fepagro Triunfo ou Garapiá (T3-T4), Fepagro RS-13 consorciada com feijão Fepagro Triunfo ou Garapiá (T5-T6), Vassourinha consorciada com duas linhas de feijão Fepagro Triunfo ou Garapiá (T7-T8), e Fepagro RS-13 consorciada com duas linhas de feijão Fepagro Triunfo ou Garapiá (T9-T10). Foram avaliados o desempenho agrônômico e os componentes de rendimento para a mandioca em cultivo solteiro e para ambas as culturas nos sistemas consorciados. O teste de Scheffé analisou os efeitos do consórcio na massa fresca de mandioca. O uso eficiente da terra (UET) revelou que a produção de massa fresca de raízes é maior em mandioca solteira, enquanto sistemas consorciados com linhas simples de feijão mostraram maior produtividade. A mandioca RS-13 destacou-se nos componentes de produção, e o feijão Fepagro Triunfo demonstrou alto potencial produtivo em sistema de cultivo consorciado com mandioca Vassourinha. Todos os consórcios apresentaram alto UET, sugerindo que o consórcio mandioca/feijão é um sistema agronomicamente eficiente para o desenvolvimento e fortalecimento da Agricultura Familiar na região.

Palavras-chave: Consórcio de culturas; Agricultura Familiar; Desempenho agrônômico; Uso eficiente da terra.

Abstract

This study aimed to assess the agronomic efficiency of different cassava cultivars in sole cropping and intercropped with beans to enhance productivity and strengthen Family Farming in the Planalto Médio region of Rio Grande do Sul, Brazil. Conducted in randomized blocks with four replications, the experiment included treatments such as

Vassourinha cassava in sole cropping (T1), RS-13 cassava in sole cropping (T2), Vassourinha intercropped with Fepagro Triunfo or Garapiá beans (T3-T4), RS-13 intercropped with Fepagro Triunfo or Garapiá beans (T5-T6), Vassourinha intercropped with two rows of Fepagro Triunfo or Garapiá beans (T7-T8), and RS-13 intercropped with two rows of Fepagro Triunfo or Garapiá beans (T9-T10). Agronomic performance and yield components were evaluated for cassava in sole cropping and for both crops in intercropping systems. The Scheffé test examined the effects of intercropping on cassava fresh root mass. Efficient land use (ELU) revealed higher fresh root mass production in sole-cropped cassava, while intercropping with single rows of beans showed greater productivity. RS-13 cassava excelled in production components, and Fepagro Triunfo beans demonstrated high productivity in an intercropping system with Vassourinha cassava. All intercropping systems exhibited high ELU, suggesting that the cassava/bean intercropping is an agronomically efficient system for the development and strengthening of Family Farming in the region.

Keywords: Crop intercropping; Family Farming; Agronomic performance; Efficient land use.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia agronómica de diferentes variedades de yuca en cultivo individual y en consorcio con frijoles para impulsar la productividad y fortalecer la Agricultura Familiar en el Planalto Médio de Rio Grande do Sul. Conducido en bloques al azar con cuatro repeticiones, el experimento incluyó tratamientos como la yuca Vassourinha en cultivo individual (T1), la yuca Fepagro RS-13 en cultivo individual (T2), Vassourinha en consorcio con frijoles Fepagro Triunfo o Garapiá (T3-T4), Fepagro RS-13 en consorcio con frijoles Fepagro Triunfo o Garapiá (T5-T6), Vassourinha en consorcio con dos hileras de frijoles Fepagro Triunfo o Garapiá (T7-T8), y Fepagro RS-13 en consorcio con dos hileras de frijoles Fepagro Triunfo o Garapiá (T9-T10). Se evaluó el rendimiento agronómico y los componentes de rendimiento para la yuca en cultivo individual y para ambas culturas en los sistemas de consorcio. La prueba de Scheffé analizó los efectos del consorcio en la masa fresca de yuca. El uso eficiente de la tierra (UET) reveló que la producción de masa fresca de raíces es mayor en la yuca cultivada individualmente, mientras que los sistemas de consorcio con filas simples de frijoles mostraron una mayor productividad. La yuca RS-13 se destacó en los componentes de producción, y los frijoles Fepagro Triunfo demostraron un alto potencial productivo en el sistema de cultivo en consorcio con la yuca Vassourinha. Todos los consorcios presentaron un alto UET, sugiriendo que el consorcio de yuca/frijol es un sistema agronómicamente eficiente para el desarrollo y fortalecimiento de la Agricultura Familiar en la región.

Palabras clave: Consorcio de cultivos; Agricultura Familiar; Rendimiento agronómico; Uso eficiente de la tierra.

1. Introdução

A agricultura familiar brasileira é a principal responsável pelo abastecimento do mercado interno, com produtos saudáveis e manejo sustentável dos recursos ambientais, apontado pelo anuário da Confederação Nacional dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares (Contag), sendo reconhecida como a oitava maior atividade produtora de alimentos no mundo (Moura, 2023).

O último Censo Agropecuário, realizado pelo IBGE e divulgado em 2019, mostra a dimensão que a agricultura e a pecuária atingiram ao longo dos anos no Brasil. Mais do que isso, o levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) deixa muito claro quão significativa é a participação da Agricultura e da Pecuária Familiar no setor produtivo nacional. É através dela que se produzem os alimentos que constituem a base da dieta e economia mundial, bem com ajuda na economia local e sustento das famílias (Melo et al., 2021). O estudo mostrou que em todo o território nacional, existem 5.073.324 estabelecimentos agropecuários, sendo que 365.094 (7,2%) estão situados no Rio Grande do Sul, que é o quarto estado brasileiro no ranking, perdendo apenas para Bahia, Minas Gerais e Ceará, respectivamente. Conforme os critérios do IBGE, no RS, 294 mil estabelecimentos (80,5%) foram classificados como de agricultura familiar, detendo 25,3% das áreas. Os dados também indicam que 83,7% dos estabelecimentos agropecuários no Estado têm entre 0 e 50 hectares. Essas propriedades são responsáveis por 23% do valor bruto da produção agropecuária do País e por 67% das ocupações no campo.

No Rio Grande do Sul, 80,5% dos estabelecimentos foram considerados como de agricultura familiar, detendo 25,3% de toda a área cultivada e cerca de 992 mil pessoas que se ocupam de atividades agropecuárias. O estudo também aponta que a faixa etária de pessoas que vivem no campo é alta, e que o número de jovens está diminuindo, representando um problema para a sucessão rural. Além da produção de alimentos em si, outra contribuição das propriedades familiares é funcionar com um

“motor” para a economia, ou seja, a agricultura familiar atualmente responde por 40% da renda da população economicamente ativa de 90% dos municípios com até 20 mil habitantes, que representam 68% do total do país. Ou seja, faz o dinheiro circular nas pequenas cidades do campo, gerando um efeito multiplicador de emprego e renda.

Atualmente, a Agricultura Familiar vem ganhando espaço pelos pesquisadores bem como propriedades rurais, pela adesão de novas técnicas produtivas que agregam conhecimentos empíricos e técnico-científicos, a fim de garantir subsídio de políticas públicas e o trabalho no meio rural, objetivando a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente, aproveitamento de uso da área redução de custos e produtividade satisfatória (Fidelis, et al., 2015; Alves et al., 2020).

Nesse sentido, o desenvolvimento de sistemas de cultivos consorciados com diferentes espécies, vem de encontro com a otimização da produção por área e a qualidade do produto, sendo um importante componente dos modelos agrícolas sustentáveis, comum em unidades de produção familiar em regiões subtropicais, sobretudo no Rio Grande do Sul (Schons et al., 2009; Koefender et al., 2016; Alves, et al., 2020). O cultivo consorciado de duas culturas como a mandioca e o feijão, pode ser alternativa para melhorar o aproveitamento da área, ocupação do solo e geração de alimentos e renda, alternativa importante na agricultura familiar desse Estado.

Diversos pesquisadores têm somado esforços e trabalhos vem sendo desenvolvidos com sistemas de cultivos consorciados com espécies como mandioca, feijão e milho (Schons et al., 2009; Albuquerque et al., 2012; Horacio, et al., 2019; Batista et al., 2022), hortaliças e espécies forrageiras (Melo et al., 2015; Almeida et al., 2015; Koefender et al., 2016; Bezerra et al., 2022) entre outras (Fidelis et al., 2015), tendo em vista que esta prática permite a produção de alimentos energéticos e proteicos na mesma área, proporcionando maior rentabilidade e retorno econômico ao produtor familiar pela forma eficiente de aproveitamento do solo, maior estabilidade da oferta dos alimentos e maior sustentabilidade do processo produtivo. Entretanto, com o avanço tecnológico da agricultura e a disponibilidade novas cultivares, estudos sobre a combinação de espécies e arranjos de plantas no dossel são necessários para alcançar a máxima produtividade biológica e econômica dos cultivos, tanto em sistemas de cultivo solteiros como consorciados (Schons et al., 2009).

O grande desafio dos sistemas de cultivo consorciados leva em consideração a associação das espécies escolhidas no que tange ao manejo do sistema, maximizando o uso da terra e os recursos ambientais disponíveis, atendendo aos interesses do produtor. Em sistemas consorciados as plantas estabelecem relações complexas entre as culturas, que vão desde competição por espaço, luz solar, nutrientes e água até benefícios como cooperação ou compensação, no controle de plantas concorrentes, pragas ou doenças (Almeida et al., 2015). E, como importantes vantagens já observadas nos cultivos consorciados em relação ao solteiro, destaca-se o ganho de produtividade por unidade de área (Fidelis et al., 2015; Horacio et al., 2019; Batista et al., 2022).

A mandioca (*Manihot esculenta*) é um dos alimentos mais consumidos no mundo, principalmente nas regiões tropicais, onde o cultivo ocorre em maior intensidade, destacando-se pela sua rusticidade e grande capacidade de adaptação a condições desfavoráveis de clima e solo, além de sua multiplicidade de usos, seja para consumo humano, animal ou industrial, sendo eleita o alimento do século XXI, através do projeto “Save and Grow: Cassava” (Fao, 2013). No Brasil é cultivada em todas as regiões nas mais diversas condições de solo e clima. É uma das principais fontes de carboidratos para a população pelo consumo da raiz, nos mais diferentes formatos (cozido, frito, ou na forma de farinha) além de ser matéria-prima para a agroindústria gerando emprego e renda, principalmente para pequenos produtores (Cardoso, 2003, Tagliapietra et al., 2019). O aumento da demanda por mandioca oferece aos agricultores familiares a oportunidade de intensificar a produção e aumentar sua renda.

A escolha da cultura com a qual a mandioca pode ser consorciada merece atenção e deve priorizar práticas que potencializem sistemas de produção voltados à agricultura familiar. Assim sendo, é importante considerar, além do ciclo de

produção curto, o valor econômico, social e nutricional do cultivo, poder de adaptação e os benefícios potenciais para a cultura principal (Soares & Finoto, 2012), levando ao entendimento que a cultura do feijão atenderia esta demanda de consórcio.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), explorado predominantemente pela agricultura familiar, teve expressão econômica crescente até recentemente, por ser um alimento saudável e acessível, além de ser elemento importante em termos sociais para garantia da segurança alimentar e nutricional (Carranço, 2023). Como espécie diversificadora, pode ser usado em consórcio com várias outras culturas, apresentando singular importância: as plantas fixam o nitrogênio do ar. Em virtude disso, diminui a necessidade de suprir esse nutriente com fertilizante químico, ajudando a diminuir o custo de produção das lavouras e reduzindo o impacto ambiental.

Com relação ao arranjo de plantas mais apropriado a ser usado no consórcio mandioca-feijão em condições subtropicais do Brasil ainda existem controvérsias pois importantes estudos têm sido em trabalhos realizados em regiões com condições edafoclimáticas diferentes do Sul do Brasil, como no Centro-oeste ou Nordeste (Schons et al., 2009; Fialho et al., 2009; Albuquerque et al., 2012; Araújo et al., 2017; Horacio et al., 2019; Batista et al., 2022).

O conhecimento da distribuição espacial de plantas buscando maximizar desempenho agrônomico, produção e uso eficiente do solo, em sistemas de cultivo solteiro e consorciados são relevantes, em razão do grande potencial de utilização de culturas consorciadas na região Sul do Brasil bem como novos cultivares disponíveis. Neste sentido objetivou-se avaliar a eficiência agrônomico de diferentes cultivares de mandioca (Vassourinha e RS 13) em cultivo solteiro e em diferentes sistemas de arranjos de plantas consorciado com feijão (Fepagro Triunfo e Fepagro Garapiá), para melhoria da produtividade, visando o desenvolvimento e fortalecimento da Agricultura Familiar nas condições de cultivo da Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

2. Materiais e Métodos

Esse artigo é parte de um trabalho de estágio de Pós-Doutorado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (RS), de onde um trabalho piloto já foi desenvolvido e publicado, para atender uma necessidade dos Agricultores Familiares da região centro do Estado do RS, numa linguagem simplificada. O trabalho foi intitulado “CONSÓRCIO ENTRE MANDIOCA E FEIJÃO COMO INCREMENTO NA AGRICULTURA FAMILIAR”, e está disponível em forma de Circular Técnica pela Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul, através do endereço <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202309/21152232-circular-tecnica-n16-final.pdf>. Agora, este artigo remonta a parte introdutória, para apresentação de novos dados, resultados completos das avaliações realizadas, de forma inédita, a campo. Tendo dito, este estudo é desenvolvido essencialmente sob forma de pesquisa experimental. Para Gil (1989, p. 73), o “delineamento experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”. Nessa abordagem, a pesquisa ainda apresenta natureza quali-quantitativa, ao que “os resultados numéricos são complementados por resultados qualitativos”, conforme Pereira et al. (2010, p. 100).

O experimento foi realizado na área experimental do Centro de Pesquisa de Sementes (CESEM) do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa agropecuária (DDPA), da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação e Produção Sustentável (SEAPI RS), situado em Júlio de Castilhos, a 29°13'39" S, 53°40'38" W e 500 m de altitude média, Região fisiográfica do Planalto Médio do Estado do Rio Grande do sul. O solo da área de estudo é profundo, possui teor de argila maior que 30% e foi classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico/Distrófico típico, com áreas de transição para Argissolo Vermelho Distrófico nitossólico, conforme classificação realizada pelo Grupo de Pedologia da UFSM.

A área possui histórico de plantio direto. O solo foi preparado de forma convencional, com duas gradagens, sem camalhão, em área pré-cultivada com cobertura vegetal no inverno (aveia), previamente incorporada ao solo. A análise química

do solo na camada 0-20cm indicou 2,3% de matéria orgânica, 10,7 mg/dm³ de P e 113 mg/dm³ de K. A correção do solo foi feita com a aplicação de 280 kg da fórmula 5-30-15, conforme as recomendações técnicas do Manual de Calagem e Adubação para os Estados de SC e RS (SBCS, 2016) para a cultura do feijão, com base no laudo da análise de solo realizada para a área experimental.

O controle de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação de herbicida seletivo pré-emergente de herbicida recomendado para as duas culturas consorciadas (Dual Gold®) e a realização de duas capinas manuais, aos 35 e 55 dias após a emergência das plantas de mandioca. Durante o desenvolvimento do ciclo do sistema consorciado, o controle de pragas e doenças foi realizado conforme indicações técnicas para a cultura do feijão na Região Sul, apenas para controle de *Diabrotica speciosa* (vaquinha) no feijoeiro.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram diferentes duas de mandioca cultivadas em sistema de solteiro e em consórcio com duas cultivares de feijão, arranjadas em linhas simples e duplas na entrelinha da mandioca (arranjos 1:1 e 1:2, respectivamente), dispostas na Tabela 1. Cada parcela experimental foi constituída por 32 plantas de mandioca, dispostas em quatro linhas de 8 plantas cada. Nos sistemas consorciados com uma linha de feijão, o espaçamento entre as plantas de mandioca foi de 1,0 m x 1,0 m (parcelas de 32m²), enquanto que linhas duplas de feijão o espaçamento foi de 1,0 m x 1,20 m (parcelas de 38,4m²).

Tabela 1 – Descrição dos 10 tratamentos utilizados no consórcio com diferentes arranjos de plantas. Júlio de Castilhos, setembro de 2021

Tratamento	Cultivar	Descrição
T1	Vassourinha	Solteira
T2	RS 13	Solteira
T3	Vassourinha + Fepagro Triunfo	Espaçamento 1,0 m/ Arranjo 1:1
T4	Vassourinha + Fepagro Garapiá	Espaçamento 1,0 m/ Arranjo 1:1
T5	Vassourinha + Fepagro Garapiá	Espaçamento 1,0 m/ Arranjo 1:1
T6	RS 13 + Fepagro Triunfo	Espaçamento 1,0 m/ Arranjo 1:1
T7	RS 13 + Fepagro Garapiá	Espaçamento 1,0 m/ Arranjo 1:1
T8	Vassourinha + Fepagro Triunfo	Espaçamento 1,20 m/ Arranjo 1:2
T9	Vassourinha + Fepagro Garapiá	Espaçamento 1,20 m/ Arranjo 1:2
T10	RS 13 + Fepagro Triunfo	Espaçamento 1,20 m/ Arranjo 1:2

*1:1 = 1 linha mandioca: linha simples de feijão; 1:2 = 1 linha mandioca: linhas duplas de feijão.
Fonte: Elaboração própria.

As cultivares de mandioca usadas foram Fepagro RS-13, que tem como característica raízes com película marrom-clara, córtex e polpa branco-creme, recomendada para mesa ou duplo propósito (folhagem com alto teor proteico, silagem) e Vassourinha, com película marrom, córtex e polpa branca, recomendada para mesa. As manivas sementes foram obtidas da Universidade Federal de Santa Maria, do banco de cultivares.

As cultivares de feijão utilizadas foram a Fepagro Triunfo e Fepagro Garapiá, ambas também desenvolvidas pelo DDPA/SEAPI RS, pertencentes aos grupos tipo “preto” e “carioca”, respectivamente, adaptadas à mecanização do cultivo. São cultivares com hábito de crescimento indeterminado, podendo ter sua densidade do dossel ajustada com o efeito compensação das plantas. Possuem características agronômicas de alto potencial produtivo além de resistência às principais doenças da cultura como antracnose, ferrugem e vírus do mosaico, apresentando alta aceitação pelo produtor e consumidor, em razão da alta qualidade do grão para cozimento. Ainda com ciclo relativamente curto, com maturação fisiológica aos 86 dias, características determinantes para a escolha a serem usadas no consórcio com a mandioca.

O experimento foi implantado na data de 24 de setembro de 2021, com o plantio das manivas de mandioca (propágulos vegetativos) previamente inoculadas com *Trichoderma sp.*, na dosagem de 2,5 ml.Kg⁻¹ (dosagem comercial recomendada de 1 a 4 ml.Kg⁻¹ de sementes) com 5-7 gemas, plantadas com profundidade de 5 cm da superfície do solo. As sementes de feijão foram semeadas a profundidade aproximada de 5 cm, previamente à semeadura inoculadas com inoculante biológico (*Rhizobium*) e semeadas com auxílio de saraquá, em linha simples ou dupla, nas entrelinhas das fileiras de mandioca. As duas culturas tiveram a data de semeadura/plantio, emergência de plantas, maturação fisiológica e colheita observadas. Foi considerado data de emergência de plantas quando 50% das plantas de cada parcela estiveram visíveis acima do solo.

O feijão foi colhido quando as plantas se apresentaram em maturação fisiológica, aos 87 dias após a semeadura. Foram colhidas cinco plantas por parcela ao acaso, para determinação do número de hastes e número de vagens médio produzidas por planta. Para fins de avaliação total, a área útil da parcela colhida foi constituída por quatro e oito metros lineares de plantas colhidas, nos arranjos com linhas simples e duplas de feijão entre plantas de mandioca, respectivamente. Foram avaliados o rendimento de grãos (kg e sacas por hectare, após o beneficiamento das amostras) e a massa de mil sementes.

Após a emergência das plantas de mandioca, quatro plantas por parcela foram marcadas para avaliação semanal do (a) número total de folhas cumulativos por planta incluindo todas as hastes (NTF) e (b) altura da planta (AP), considerada do nível do solo até a inserção da última folha da planta. Além dessas, duas plantas por parcela foram colhidas ao acaso, no período que corresponde ao início da tuberação (25 dias após a emergência das plantas), para avaliação do desempenho agrônomo, através dos caracteres (c) área foliar (AF), pelo comprimento do maior lóbulo da folha (cm), (d) número total de folhas da planta, as plantas tiveram suas partes separadas e foi determinado a massa seca de (e) folhas, (f) hastes e (g) raízes, após ficarem em estufa a 65°C e atingirem massa constante. A mandioca foi colhida aos 270 dias após o plantio, quando já haviam perdido as folhas e estavam entrando no período de repouso invernal (junho a agosto, no RS) e, nas quatro plantas inicialmente identificadas, foram determinados os componentes de produção número de raízes comercializáveis (NRC) e não comercializáveis (NRNC), sendo consideradas aquelas com diâmetro superior e inferior a 4 cm de diâmetro, respectivamente; massa fresca (produção de raízes comercializáveis) e massa seca de raízes comercializáveis (MFRC, MSRC) e não comercializáveis (MFRNC, MSRNC) e massa seca de hastes (MSH), nas quais as plantas colhidas foram picadas, suas partes separadas e pesadas com balança de precisão e posteriormente, colocadas a secar até peso constante, em estufa a 60°C, e após foram pesadas.

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância de erro pelo software “Sisvar”. Quando o efeito significativo foi observado para tratamentos, foi aplicado o teste de Scheffé para os contrastes específicos referentes aos efeitos do consórcio da mandioca com feijão, conforme Schons et al. (2009). Consta-se apresentação na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição e efeito dos contrastes definidos para os tratamentos da Tabela 1. Júlio de Castilhos, 2022.

Contraste	Descrição do efeito envolvido	Efeito
Y1	Efeito de mandioca solteira VS consorciada	(T1, T2) vs (T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)
Y2	Efeito de 1 linha de feijão VS 2 linhas de feijão	(T23, T4, T5, T6) vs (T7, T8, T9, T10)
Y3	Efeito de cultivar vassourinha consorciada VS RS 13 Consorciada com 1 linha de feijão	(T3, T4) vs (T5, T6)
Y4	Efeito de cultivar vassourinha consorciada VS RS 13 Consorciada com 2 linha de feijão	(T7, T8) vs (T9, T10)
Y5	Fepagro Triunfo VS Fepagro Garapiá consorciada com a cultivar de mandioca vassourinha e 1 linha de feijão	T3 vs T4
Y6	Fepagro Triunfo VS Fepagro Garapiá consorciada com a cultivar de mandioca RS 13 e 1 linha de feijão	T5 vs T6
Y7	Fepagro Triunfo VS Fepagro Garapiá consorciada com a cultivar de mandioca vassourinha e 2 linhas de feijão	T7 vs T8
Y8	Fepagro Triunfo VS Fepagro Garapiá consorciada com a cultivar de mandioca RS 13 e 2 linhas de feijão	T9 vs T10
Y9	Vassourinha solteira VS RS 13 Solteira	T1 vs T2

Fonte: Elaboração própria.

O uso eficiente da terra (UET) (Willey & Mead, 1980; Schons et al., 2009; Horácio et al., 2019; Bezerra et al., 2022) foi calculado por: $UET = (PMC/PMS) + (PFC/PFS)$, onde PMC e PMS correspondem à produtividade da mandioca em sistema de cultivo consorciado e solteira, respectivamente e, PFC e PFS correspondem à produtividade do feijão em arranjo consorciado e solteiro, respectivamente.

3. Resultados Obtidos

Segundo a classificação de Köppen, o município de Júlio de Castilhos, na região fisiográfica do Planalto Médio, possui clima do tipo Cfa, caracterizado por precipitação pluvial bem distribuída nas diferentes estações do ano. Entretanto, podemos observar que durante os meses de outubro/2021 a fevereiro/2022 a ocorrência de chuvas foi irregular e significativamente inferior às quantidades consideradas normais (SIMAGRO, RS, 2022). A pluviosidade ocorrida no período do desenvolvimento do estudo no Município de Júlio de Castilhos, RS, encontra-se na Tabela 3, disposta em dados quinzenais.

A pluviosidade ocorrida no período do desenvolvimento do estudo no Município de Júlio de Castilhos, RS, encontra-se na Tabela 3, disposta em dados quinzenais. Podemos observar que durante os meses de outubro/2021 a fevereiro/2022 a ocorrência de chuvas foi irregular e inferior às quantidades consideradas normais (SIMAGRO, RS, 2022).

Tabela 3 – Dados pluviométricos observados e normais e quinzenais para o período de setembro/2021 a agosto/2022. Júlio de Castilhos, outubro de 2022

Dados	Set I	Set II	Out I	Out II	Nov I	Nov II	Dez I	Dez II	Jan I	Jan II	Fev I	Fev II
Observ	142,2	69,4	85,4	19	25,6	22,8	8,8	28,4	6,4	20,8	67,2	50,4
Normais	159,5		206,4		146,6		148,8		155,9		140,5	
Dados	Mar I	Mar II	Abr I	Abr II	Mai I	Mai II	Jun I	JunII	Jul I	Jul II	Ago I	Ago II
Observ	107,6	82,6	81,6	125,4	64	88,2	62,8	167	119,8	58,6	57,2	14,4
Normais	121,8		162,2		147,4		146,8		162,2		123	

Fonte: SIMAGRO. Disponível em www.simagro.rs.gov.br.

As médias das características avaliadas para o desempenho agrônomo do feijoeiro consorciado com mandioca são apresentados na Tabela 4, onde verificou-se o número de plantas colhidas e avaliadas em quatro metros lineares para as características número de hastes, número de vagens, produção (kg e sacos/ha) e massa de mil grãos.

O número de hastes e número de vagens por planta não foi influenciado pelos tratamentos com diferentes sistemas de arranjos de plantas nos consórcios (1:1 e 1:2 linhas de mandioca e feijão, respectivamente), sendo que as plantas avaliadas produziram de 2,7 a 4,0 hastes e o número de vagens variou de 16,3 a 26,1 vagens por planta. Resultados não significativos foram também observados por Horácio et al., 2019, onde obtiveram 9,5 e 11,3 vagens por planta com 3 e 4 linhas de feijão, respectivamente, consorciadas com duas linhas de mandioca, justificado provavelmente, em razão da baixa competição das plantas por luminosidade. Esse resultado corrobora com os obtidos por Fidelis et al., 2015, que observou que o consórcio não interferiu nestas características agrônomicas avaliadas, podendo ser indício de que essa variável conseguiu se adaptar aos sistemas de arranjos empregados, sem sofrer prejuízo. Batista et al., 2022, observaram ausência de significância entre essas características, demonstrando que o arranjo de sistemas consorciados permite o aproveitamento das entrelinhas para o cultivo de culturas de ciclo mais curto, como o feijão. A característica de plasticidade atribuída ao feijoeiro permite a adaptação desta cultura ao consórcio com diversas outras culturas, além da cultura da mandioca (Batista et al., 2022). Além disso, associa-se ao feijoeiro, a capacidade de promover mudanças fisiológicas capazes de compensar possíveis interferências ocasionadas por outras culturas consorciadas na competição por água, luz e nutrientes, contribuindo também com o processo de fixação biológica do nitrogênio ao ambiente (Melo et al., 1988; Devidé et al., 2009; Batista et al., 2022).

Os consórcios utilizados neste estudo não evidenciaram alteração significativa na massa média de mil sementes de feijão (MMS), que variaram entre 230 a 240 gramas, ficando dentro do padrão genético das cultivares Fepagro Triunfo e Fepagro Garapiá, avaliadas. Tendo em vista o ciclo longo da cultura da mandioca comparado ao do feijão, a baixa relação competitiva entre as culturas não foi suficiente para alterar o enchimento de grãos do feijoeiro (Horácio et al., 2019). Ainda, a escolha destas culturas para a realização do consórcio, mostrou-se favorável ao desenvolvimento das plantas de feijão como cobertura de solo nas entrelinhas da mandioca, desfavorecendo o desenvolvimento e por sua vez, a competição com plantas daninhas espontâneas. Albuquerque, et al., 2012 não obtiveram diferença entre os sistemas consorciados entre feijão e mandioca para esta característica, entretanto para produção de grãos foi significativo.

Tabela 4 – Desempenho agrônomo do feijão: número de hastes (NH), número de vagens (NV), produção total de grãos (PT) em kg/ha e sacos/ha, massa de mil sementes (MMS) consorciado em linhas simples e duplas com mandioca. Júlio de Castilhos, fevereiro/2022.

Trat	Sistema de cultivo	NP	NH ^{ns}	NV ^{ns}	PT* (kg.ha)	PT* (sacs.ha)	MMS ^{ns} (g)
3	Vassourinha + Triunfo 1:1	58,3	2,8 a	19,2 a	2375,6 a	39,6 a	230,0 a
4	Vassourinha + Garapiá 1:1	46,5	4,0 a	26,1 a	1847,5 b	30,8 b	240,0 a
5	RS 13 + Triunfo 1:1	58,7	3,1 a	16,3 a	1803,1 b	30,1 b	235,0 a
6	RS 13 + Garapiá 1:1	44,5	4,0 a	24,1 a	1740,0 b	29,0 b	232,5 a
7	Vassourinha + Triunfo 1:2	51,8	2,8 a	17,6 a	1501,3 c	25,0 c	235,0 a
8	Vassourinha + Garapiá 1:2	39,0	3,6 a	22,0 a	1392,8 c	23,2 c	232,5 a
9	RS 13 + Triunfo 1: 2	51,2	2,7 a	17,6 a	1290,9 c	21,5 c	232,5 a
10	RS 13 + Garapiá 1:2	41,4	3,4 a	21,4 a	1435,2 c	23,9 c	237,5 a
CV%			19,1	20,3	16,3	16,3	13,1

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro. NP = número de plantas de feijão colhidas em quatro metros lineares e avaliadas. Fonte: Elaboração própria.

Todos os tratamentos consorciados apresentaram produção de grãos de feijão superior à média nacional, que em 2022 ficou em torno de 1.090 Kg.ha (18 sacos por hectare) (IBGE, 2023).

A produção de grãos de feijão foi significativamente afetada pelo sistema de consórcio utilizado: consórcios com linha simples de feijão (T3 ao T6) produziram em média, 41% de grãos a mais que os tratamentos com linhas duplas (T7 ao T10) (Tabela 4). No consórcio entre mandioca Vassourinha e feijão Fepagro Triunfo em linha simples (T3) a produção de grãos foi superior aos demais tratamentos, com total aproximado de 40 sacos por hectare (2375,6 kg.ha⁻¹). Todos os demais tratamentos consorciados com linhas simples de feijão produziram quantidades superiores a 29 sacos de feijão por hectare. Produtividades dessa magnitude (1834 kg.ha⁻¹) foram também observadas por Teixeira et al., 2011, para o feijão ‘Pérola’ (tipo carioca) em monocultivo ou consorciado com mamona. Os tratamentos 7 a 10, com linhas duplas de feijão, apresentaram produção significativamente mais baixas, variando de 1.435,2 a 1.501,3 kg. ha⁻¹. Segundo Costa et al. (2010), Teixeira et al. (2011), Albuquerque et al. (2012) e Batista et al. (2022), o aumento da complexidade dos sistemas consorciados promove o decréscimo nos valores de componentes de rendimento do feijão, a exemplo deste estudo, com a diminuição da produção total de grãos observada.

O desempenho agrônomo da mandioca no período do início da tuberização, aos 25 dias após a emergência das plantas, é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Desempenho agrônomo da mandioca em período de início da tuberização (25 dias após a emergência de plantas): área foliar (AF) em cm, número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), de hastes (MSH) e de raízes (MSR) em gramas.

Trat	Sistema de cultivo	AF *	NF ^{ns}	MSF *	MSH ^{ns}	MSR ^{ns}
1	Vassourinha solteira	20,54 a	19,00 a	52,57 a	48,87 a	38,68 a
2	Fepagro RS-13 solteira	17,31 b	18,75 a	52,57 a	43,61 a	30,98 a
3	Vassourinha + Triunfo 1:1	17,79 b	15,50 a	38,78 b	39,16 a	29,61 a
4	Vassourinha + Garapiá 1:1	18,01 b	17,25 a	38,72 b	37,65 a	33,45 a
5	RS 13 + Triunfo 1:1	14,26 c	18,63 a	42,72 b	39,37 a	27,02 a
6	RS 13 + Garapiá 1:1	14,51 c	22,63 a	48,34 a	44,35 a	28,89 a
7	Vassourinha + Triunfo 1:2	17,50 b	21,13 a	33,62 b	34,20 a	29,88 a
8	Vassourinha + Garapiá 1:2	14,94 c	15,13 a	32,24 b	32,88 a	26,93 a
9	RS 13 + Triunfo 1: 2	12,30 d	18,50 a	35,54 b	37,57 a	25,34 a
10	RS 13 + Garapiá 1:2	12,62 d	19,00 a	40,39 b	39,21 a	26,73 a
CV %		8,19	20,00	18,00	17,38	21,10

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que para as características avaliadas, diferença significativa para área foliar (T1) e massa seca de folhas (T1, T2 e T6) em relação aos demais tratamentos, sendo que o número de folhas, massa seca de hastes e massa seca de raízes não sofreu influência do sistema de produção solteiro ou consórcio, aos 25 DAE. A relevância em se determinar a área foliar é que o crescimento e o desenvolvimento das plantas de mandioca são determinados pela relação do índice de área foliar (IAF) e pela produção e distribuição da biomassa total na colheita. Assim, à medida que o IAF aumenta, a taxa de rendimento tende a aumentar até que se atinja um nível em torno de 95% da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (Cock & EL-Sharkawy, 1988; Brachtvogel, et al., 2009).

Tomando por base resultados obtidos por Schons et al., 2009 e Horacio et al., 2019, onde não foi verificado efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis altura de plantas e número final de folhas da mandioca, estas características foram somente observadas conforme Tabela 6. Ainda, segundo estes autores, o arranjo das plantas e a otimização da ocupação destas duas culturas não interferem negativamente nestas características. Em média, plantas da cultivar Vassourinha atingiram 129,7 cm de altura e 130,5 folhas ao final do ciclo, enquanto que plantas da cultivar RS 13, cresceram 194,7 cm e produziram 181,5 folhas, demonstrando o padrão morfológico das cultivares. Tirloni et al., 2015, observaram padrões semelhantes para a

cultivar Fepagro-RS 13, com plantas em final de ciclo atingindo 222,9 cm de altura, comparadas aos 225,88 cm observados neste experimento.

Tabela 6 – Altura de planta e número final de folhas de plantas de mandioca, conduzidas em sistema de cultivo solteiro e consorciadas em arranjos de linhas simples e duplas de feijão. Júlio de Castilhos, Junho/2022.

Trat	Sistema de cultivo	E	NL	AP	NFF
1	Vassourinha solteira	1,00	0	142,31	104,25
2	Fepagro RS-13 solteira	1,00	0	225,88	169,63
3	Vassourinha + Triunfo 1:1	1,00	1	123,63	107,50
4	Vassourinha + Garapiá 1:1	1,00	1	135,13	129,25
5	RS 13 + Triunfo 1:1	1,00	1	194,38	192,63
6	RS 13 + Garapiá 1:1	1,00	1	196,25	193,75
7	Vassourinha + Triunfo 1:2	1,20	2	133,25	145,13
8	Vassourinha + Garapiá 1:2	1,20	2	113,94	166,13
9	RS 13 + Triunfo 1: 2	1,20	2	173,75	173,13
10	RS 13 + Garapiá 1:2	1,20	2	183,25	178,25

E = espaçamento entre linhas de mandioca (m); NL = número de linhas de plantas de feijão, AP = altura de plantas de mandioca no momento de colheita (cm), NFF = número final de folhas total nas plantas de mandioca.

Fonte: Elaboração própria.

Os resumos das análises de variância relativos à avaliação dos diferentes sistemas e arranjos de cultivo do consórcio mandioca-feijão, dos caracteres relacionados à produção de mandioca são apresentados na Tabela 7. Pela análise estatística, observa-se que houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis de produção: número, massa fresca e seca de raízes comerciais de mandioca produzida e massa seca de hastes. Assim, esses resultados atestam que a cultura do feijão influenciou a produtividade da mandioca nos diferentes sistemas de consórcio utilizados. Entretanto, o número e massa fresca de raízes não comerciais não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, concordando com Tironi et al., 2015, onde comparando diferentes cultivares de mandioca em diferentes datas de plantio em ambiente subtropical no Brasil também não obtiveram respostas significativas para esses caracteres.

Tabela 7 – Resumo das análises de variância dos dados referentes à produção de número de raízes comerciais (NRC), massa fresca de raízes comerciais (MFRC - Kg.ha⁻¹), massa seca de raízes comerciais (MSRC - Kg.ha⁻¹), número de raízes não comerciais (NRNC), massa fresca de raízes não comerciais (MFRNC - Kg.ha⁻¹) e massa seca de hastes (MSH - Kg.ha⁻¹) de mandioca solteira e consorciada, colhida aos 270 dias após o plantio. Júlio de Castilhos, agosto de 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		NRC	MFRC	MSRC	NRNC	MFRNC	MSH
Blocos	9	166164736	17730466	2103693,9	68424043	64622,3	20642,3
Tratamentos	3	1127038748*	68901425*	9093590*	179979292 ^{ns}	342266,7 ^{ns}	4083125,6*
Resíduo	27	174612158	7950975	778508,4	137364058	188831,3	128354,0
Média		71.015,6	20.648,6	7.464,0	31.368,1	1.114,7	3.522,7
CV%		17,7	13,6	11,8	22,6	23,5	10,1

* Significativo a 5% pelo teste F. ^{ns}, não significativo. Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias de todas as variáveis de produção avaliadas na cultura da mandioca em sistemas de cultivo de solteiro (T1 e T2), cultivo consorciado com linha simples de feijão (1:1) (T3, T4, T5 e T6) e cultivo consorciado com linhas duplas de feijão (1:2) (T7, T8, T9 e T10). Em média, a produção de raízes comerciais de mandioca foi de 24,70; 21,54 e 17,57 toneladas por hectare para mandioca cultivada em solteiro, e em consórcio com linhas simples e duplas de feijão, respectivamente (Tabela 8). O maior número, massa fresca e seca de raízes comerciais foi observado nos tratamentos com mandioca solteira (T1 e T2) e no sistema de cultivo mandioca Fepagro RS-13 consorciada com linha simples de feijão (T5 e T6), variando de 23,07 a 25,43 tonelada por hectare, comparadas aos demais tratamentos consorciados (Tabela

8). No sistema de consórcio com linhas duplas de feijão (1:2), a produção de raízes comerciais foi inferior, variando de 13,50 a 22,50 toneladas por hectare, sendo que a mandioca Vassourinha consorciada com linhas duplas de feijão Fepagro Garapiá mostrou-se inferior obteve mais baixo rendimento.

Tabela 8 – Número de raízes comerciais (NRC), massa fresca de raízes comerciais e não comerciais (MF RC/ MF RNC, toneladas/hectare), número de raízes não comerciais (Nº RNC) massa seca de hastes (MSH) e produtividade total de mandioca (PT).

T	Sistema de cultivo	N RC	MF RC	MS RC	NRNC	MF RNC	MSH
01	Vassourinha solteira	97050,8 a	24,76 a	9,19 a	25898,4 a	981,9 a	3565,7 c
02	Fepagro RS-13 solteira	90429,7 a	25,44 a	9,40 a	27617,2 a	849,4 a	5200,1 a
03	Vassourinha + Triunfo 1:1	76699,2 a	18,73 b	7,15 b	48496,1 a	1808,8 a	2856,0 d
04	Vassourinha + Garapiá 1:1	69414,1 b	18,75 b	6,90 b	24062,5 a	793,0 a	2851,7 d
05	RS 13 + Triunfo 1:1	89277,3 a	25,31 a	9,02 a	29609,4 a	971,8 a	4727,3 b
06	RS 13 + Garapiá 1:1	87500,0 a	23,07 a	8,39 a	33144,5 a	1135,4 a	4398,7 b
07	Vassourinha + Triunfo 1:2	45849,6 b	16,22 b	5,61 c	30761,7 a	1222,3 a	2291,2 e
08	Vassourinha + Garapiá 1:2	58268,2 b	13,50 b	5,08 c	29703,8 a	1015,6 a	2239,2 e
09	RS 13 + Triunfo 1: 2	58105,5 b	18,19 b	6,50 b	30875,7 a	1334,4 a	3332,5 c
10	RS 13 + Garapiá 1:2	72949,2 b	22,51 a	7,40 b	33512,4 a	1035,4 a	3764,4 c

Fonte: Elaboração própria.

Considerando as duas cultivares de mandioca presentes neste estudo, altos rendimentos de raízes comerciais, massa seca de raízes comerciais e de hastes foram observados nos tratamentos com a cultivar Fepagro RS-13 (T2, T5, T6 e T10), confirmando resultados anteriormente obtidos por Schons et al., 2009; Tironi et al., 2015. A cultivar Fepagro RS-13, além de apresentar elevada produção de raízes (Tabela 7) pode ser considerada de duplo propósito em razão de elevada produção de massa seca de folhas e hastes (Tabelas 5 e 8) (Tironi et al., 2015). Observando os sistemas de cultivo consorciados utilizados, é possível observar que, à medida que aumenta a complexidade do consórcio, há uma tendência da produtividade de mandioca diminuir em números absolutos (Batista et al., 2022), ou seja, nos tratamentos de mandioca consorciados com linhas duplas de feijão (1:2) (T7 ao T10), há um decréscimo nos valores para os componentes de rendimento avaliados (Tabela 8). As possíveis interferências causadas entre as culturas por competição interespecífica pelos fatores água, luz e nutrientes podem justificar essa redução (Alves et al., 2020; Batista et al., 2022; Bezerra et al., 2022). Afirmativa que pode ser observada neste trabalho com valores superiores em mandioca consorciada com linhas simples de feijão (1:1), com produção de massa fresca de raízes de 18,73; 18,75; 25,31 e 23,07 ton.ha⁻¹ (T3, T4, T5 e T6, Tabela 8). Diferente de Cavalcante et al., 2005 e Horacio et al., 2019, que relataram alta produção de massa seca de raízes comerciais em sistemas de consórcio mais complexos com duas a três fileiras de mandioca consorciadas com duas a quatro linhas de feijoeiro, observou-se neste trabalho alta produção de massa seca em mandioca Fepagro RS-13 solteira ou consorciada com linha simples de feijão (9.404,4 kg, 9.016,7 kg e 8.382,1 kg, respectivamente). Embora seja de conhecimento que a mandioca Vassourinha possua alto potencial produtivo mesmo em diferentes épocas de colheita (Fialho et al., 2009), confirmado neste trabalho em cultivo solteiro, esta foi mais influenciada pelo sistema de cultivo de consórcio com linhas duplas de feijão, produzindo o menor número médio de raízes comerciais (52.058,9), menor de massa fresca (14,86 ton) e seca (5,35 ton) de raízes, bem como menor massa seca de hastes por hectare (2,27 ton), dados médios entre os tratamentos 07 e 08 da tabela 8.

Dado o efeito significativo observado neste trabalho para produção de raízes, principal componente de produção da mandioca, foi aplicado o Teste de Scheffé para os contrastes específicos referentes aos efeitos entre os tratamentos, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Quadro da análise de variância dos contrastes, com sua respectiva estimativa para a variável massa fresca de raiz comercial (MFRC em toneladas por hectare).

Contrastes	GL	QM	Estimativa	p-value
Y1: (T1, T2) vs (T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)	1	197975385,61	5,56*	0,000
Y2: (T3, T4, T5, T6) vs (T7, T8, T9, T10)	1	119451309,71	3,86*	0,001
Y3: (T3, T4) vs (T5, T6)	1	118872683,27	-5,45*	0,001
Y4: (T7, T8) vs (T9, T10)	1	120641665,69	-5,49*	0,001
Y5: T3 vs T4	1	1111,56	-0,023	0,991
Y6: T5 vs T6	1	10023555,38	2,24	0,271
Y7: T7 vs T8	1	14865696,01	2,73	0,183
Y8: T9 vs T10	1	37347699,51	-4,32	0,039
Y9: T1 vs T2	1	934344,50	-0,68	0,734

p-value < 0,05 significa que existe diferença entre os contrastes a 5% de probabilidade de erro.
Fonte: Elaboração própria.

Nesse estudo, contrastes de interesse foram significativos para a variável massa fresca de raízes comerciais, importante componente de produção da mandioca, conforme Tabela 9. No contraste 1 (Y1), o monocultivo foi mais eficiente, onde observou-se que as mandiocas solteiras produziram 5,56 toneladas a mais de raízes comerciais por hectare do que quando cultivadas em consórcio com feijão. Ainda, o contraste 2 (Y2) mostrou que a mandioca cultivada em consórcio com linhas simples de feijão superou o consórcio com linhas duplas, produzindo 3,86 toneladas de raízes comerciais a mais. Em relação às cultivares de mandioca avaliadas, dado o alto potencial produtivo da mandioca Vassourinha, esta ainda apresentou produtividade de 5,45 e 5,49 toneladas a menos em relação a mandioca Fepagro RS-13 de raízes comerciais, quando em consórcio com linhas simples e duplas de feijão, respectivamente (Y3 e Y4). Demais contrastes não foram significativos, revelando que a competição interespecífica nos consórcios não teve efeito significativo sobre a produção massa fresca de raízes, concordando com Schons et al., 2009. Ainda podemos observar que em relação a mandioca Fepagro RS-13, as densidades das duas espécies bem como espaçamentos no cultivo em consórcio foram apropriados não comprometendo seu desempenho em relação ao cultivo solteiro.

As oscilações de precipitação, conforme anteriormente mostrada Tabela 3, durante o período de condução das culturas a campo não foram satisfatórias como o esperado para o período, podendo ter afetado o potencial de produtividade da mandioca. A inserção do consórcio com o feijão possibilitou garantir rendimento em virtudes de tais perdas na cultura principal. O ganho de produtividade que se tem no consórcio resulta do melhor aproveitamento do espaço destinado a cada espécie na lavoura. Resultados que corroboram estudos anteriores com consórcio entre mandioca e feijão (Schons et al., 2009; Horacio et al., 2019; Batista et al., 2022), soja e pinhão manso (Fidelis et al., 2015), consórcio entre hortaliças (Alves et al., 2020).

Uma variável muito utilizada na avaliação dos consórcios culturais é o índice do uso eficiente da terra (UET) (Willey, 1979; Albuquerque et al., 2012; Fidelis et al., 2015; Batista et al., 2022). E, a avaliação do uso eficiente da terra evidenciou que os tratamentos em que foram usados consórcios entre a mandioca e o feijão, foram todos eficientes, uma vez que os valores calculados foram todos superiores a 1,00, variando de 1,19 a 1,88, conforme exibido na Tabela 10 (Vieira et al., 1984; Schons et al., 2009; Albuquerque et al., 2012). Esses índices correspondem a 19% a 88% a mais de grãos e raízes em um hectare de consórcio em relação à mesma área de cultivo solteiro. Apesar da eficiência de todos, os tratamentos que combinaram consórcio de mandioca com uma linha simples de feijão, foram ainda superiores aos consórcio com linhas duplas de feijão, todos acima de 1,50, ressaltando que os sistemas de consórcio mais eficientes neste estudo foram as duas cultivares de

mandioca quando em consórcio com uma linha simples de feijão Fepagro Triunfo (1,88 e 1,83), justificado pelo alto potencial produtivo desta cultivar e capacidade compensatória das plantas no dossel.

Tabela 10 – Valores médios do Uso eficiente da terra (UET) do consórcio entre mandioca e feijão. Júlio de Castilhos, 2022.

Trat	Sistema de cultivo	Produtividades (Kg.ha)		UET parcial		UET TOTAL
		Mandioca	Feijão	Mandioca	Feijão	
3	Vassourinha + Triunfo 1:1	18720	2375,6	0,78	1,09	1,88
4	Vassourinha + Garapiá 1:1	18810	1847,5	0,79	0,83	1,61
5	RS 13 + Triunfo 1:1	25500	1803,1	1,00	0,83	1,83
6	RS 13 + Garapiá 1:1	23120	1740,0	0,91	0,78	1,69
7	Vassourinha + Triunfo 1:2	16100	1501,3	0,67	0,69	1,36
8	Vassourinha + Garapiá 1:2	13500	1392,7	0,56	0,62	1,19
9	RS 13 + Triunfo 1: 2	18160	1209,9	0,71	0,56	1,27
10	RS 13 + Garapiá 1:2	22500	1385,2	0,88	0,62	1,50

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar que o uso de consórcio entre culturas da mandioca e feijão é vantajoso e confere viabilidade para que o sistema produtivo seja mais diversificado. A diversificação implica em maior disponibilidade de produtos a serem consumidos ou comercializados pelo agricultor, incrementando a renda familiar e promovendo a sustentabilidade dos cultivos.

4. Conclusões

O sistema de cultivo solteiro resulta em melhor desempenho agrônomico para a cultura da mandioca, com produção superior de massa fresca de raízes comercializáveis, quando comparadas aos sistemas de consórcio. A mandioca RS-13 independente do sistema de cultivo consorciado adotado, foi superior à Vassourinha.

O sistema de cultivo em consórcio resulta em melhor desempenho agrônomico para a cultura do feijão. O feijão Fepagro Triunfo apresenta alto potencial produtivo quando em sistema de cultivo consorciado em linha simples com mandioca Vassourinha, na Região do planalto médio do RS.

O consórcio mandioca/feijão apresenta-se como um sistema agronomicamente eficiente no uso da terra para fins de produção, sendo que o feijão em arranjo de linhas simples é mais eficiente para a melhoria da produtividade, podendo ser recomendado como sistema de cultivo para o desenvolvimento e fortalecimento da Agricultura Familiar nas condições de cultivo da Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

Tendo em vista esses resultados, destacamos ainda que, em condições climáticas ou regiões fisiográficas distintas a este estudo, ou ainda sistemas de cultivo consorciados que abrangem diferentes cultivares e manejos, novas possibilidades de resultados podem ser observados.

Referências

- Albuquerque, J. A. A., Sedyama, T., Alves, J. M. A., Silva, A. A., & Uchôa, S. C. P. (2012). Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, 43(3), 532-538.
- Albuquerque, J. D., Sedyama, T., Silva, A. D., Carneiro, J. E. S., Cecon, P. R., & Alves, J. M. A. (2008). Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). *Planta daninha*, 26, 279-289.
- Almeida, A. E. S., Neto, F. B., Costa, L. R., Silva, M. L., Lima, J. S. S., & Junior, A. P. B. (2015). Eficiência agrônomico do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. *Revista Caatinga*, 28(3), 79-85.

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Alves, N. T., Echer, M. M., Sackser, G. A. B., Black, A. V., Klosowski, E. S., Júnior, E. K. M., & Coutinho, P. W. R. (2020). Desempenho produtivo da couve (Brassica oleracea L. var. acephala) consorciada com quiabeiro sob manejo orgânico. *Research, Society and Development*, 9(12), 1-51.
- Araújo, A. K., Filho, J. A. A., & Maranhão, S. R. (2017). Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um solo argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. *Essentia, Sobral*, 18(1), 2-23.
- Batista, N. S., Ferreira, J. R., Latawiec, A. E., Silva, C. S. R., Guerra, J. G. M., Espíndola, J. A. A., Jesus, E. C., & Araújo, E. S. (2022). O cultivo da mandioca em consórcio aumenta a eficiência do uso de área. In: Araújo, F. C. D., Dias, A. (organização). *Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia e Agricultura Orgânica: Dez anos do Programa de Pós Graduação em agricultura Orgânica*. Seropédica: PPGA, 44-51. Cap. Livro. www.alice.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 22/07/2023.
- Bezerra, R. C. A., Santos, A. R. M. Dos, Cordeiro, L. R. B. A., Souza, J. C. G. De, Nascimento, D. B. Do, Nogueira, J. C., & Leite, M. L. D. M. V. (2022). Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(15), e258111537107-e258111537107. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37107>.
- Cardoso, C. E. L. (2003). *Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. <https://doi.org/10.11606/T.11.2003.tde-04122003-151241>
- Carrança, T. (2023). Porque feijão está sumindo do prato dos brasileiros. *BBC News Brasil*. <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c90935j2k8go>.
- Cavalcante, F. S., Silva, I. F., & Araújo, M. C. S. P. (2005). Avaliação da viabilidade do consórcio da mandioca e feijão comum em Latossolo Amarelo no brejo paraibano. *Agropecuária Técnica*, 26(1), 93-97.
- Coelho, J. D., & Ximenes, L. F. (2020). *Feijão: produção e mercado*. Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. (Caderno Setorial ETENE, ano 5, 143). https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/429/1/2020_CDS_143.pdf
- Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão. (2010). *Informações técnicas para o cultivo do feijão na região sul-brasileira 2009*. Florianópolis: Epagri. http://docente.ifsc.edu.br/roberto.komatsu/MaterialDidatico/Agroecologia_4%C2%B0M%C3%B3duloGr%C3%A3os/Feijao/informacoes_tecnicas_cultivo_feijao.pdf.
- Companhia Nacional De Abastecimento. (2020, junho 18). *Feijão – análise mensal – maio-junho – 2020*. Brasília, DF: Conab. <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-feijao/item/13707-feijao-analise-mensal-maio-junho-2020>.
- Companhia Nacional De Abastecimento. (2023, fevereiro). *Análise mensal: mandioca*. Brasília, DF: Conab. https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/download/46736_bc3f73c26e9f79fca47ead5545646713.
- Confederação Nacional de Agricultores Familiares e Empreendedores Familiares Rurais. (2020, junho 23). *Feijão, o alimento mais brasileiro mostra a força da agricultura familiar*. Brasília, DF: CONAFER. <https://conifer.org.br/feijao-o-alimento-mais-brasileiro-mostra-a-forca-da-agricultura-familiar>. Acesso em: 02/03/2023.
- Devide, A. C. P., Ribeiro, R. D. L. D., Valle, T. L., Almeida, D. L. D., Castro, C. M. D., & Feltran, J. C. (2009). Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. *Bragantia*, 68, 145-153.
- Fao, IFAD, Unicef, WFP, Who. (2019). *The state of food security and nutrition in the world 2019: safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Rome: FAO. E-book. <https://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>.
- Fialho, J. F., Vieira, E. A., Silva, M. S., Moraes, S. V. P., Fukuda, V. M. G., & Filho, M. O. S. S. (2009). Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Agrociência*, 15(4), 31-35.
- Fidelis, R. R., Oliveira, V. A., Andrade, C. A. O., & Feres, C. I. M. A. (2015). Desempenho agrônomico de sorgo e soja solteiros e em consórcio nas entrelinhas do pinhão-manso. *Revista Agrarian*, 8(30), 331-342.
- Gil, A. C. (1989). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. (2a ed.), Atlas.
- Hernani, L. C., Sousa, L. C. F., & Ceccon, G. (2021). Consorciação de culturas. In: Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. *Sistema Plantio Direto*. Brasília, DF: Embrapa. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fazendo-certo/planejando-e-executando/fase-de-implantacao/organizando-o-sistema-produtivo/consorciacao-de-culturas>.
- Horacio, E. H., Mota, J. H., & Teixeira, I. R. (2019). Monocultivo e cultivo consorciado de feijão e mandioca. *Scientia Agraria Paranaensis*, 18(2), 132-138.
- Koefender, J., Schoffel, A., Manfio, C. E., Golle, D. P., Silva, A. N., & Horn, R. C. (2016). Consorciação entre alface e cebola em diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, 34(4), 580-583.
- Mead, R., & Willey, R. W. (1980). The concept of "Land Equivalent Ratio" and advantage in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, 16, 217-228.
- Melo, E. B., Barros, L. N., Souza, L. K. R., Melo, L. O., Gonçalves, R. M. O., & Borges, D. C. S. (2021). A importância da agricultura para a sociedade: breve revisão de literatura. *Scientia Generalis*, 2, 144. Supl. 1. Anais do IV Fórum de Iniciação Científica, 2021.
- Melo, F. S., Santi, A., Dalacort, R., Rocha, R. P., Santos, E. S., & Junior, C. A. F. (2015). Viabilidade do consórcio entre beterraba e couve-chinesa sob diferentes dias e transplante. *Acta Iguazu*, 4(3), 78-90.
- Pereira, S. A., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

- Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaceli, A., Hosseini, M. B., & Hashemi, M. (2013). Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, 148, 43-48.
- Salvador, F. V. (2018). *Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro: otimização das etapas de seleção e otimização de progênies*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/25206/1/texto%20completo.pdf>.
- Salvador, K. R. S. Da., Jardim, A. M. D. R. F., Nascimento, G. Do, Júnior, A., Alves, C. P., Pinheiro, A. G. & Silva, T. G. F. (2021). Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(04), 2322-2343.
- Santos, C. F., Siqueira, E. S., Araújo, I. T., & Guedes, Z. M. (2014). Agroecology as a means of sustainability for family-based agriculture. *Ambiente e Sociedade*, 17(2), 33-52.
- Schaffrath, V. R., & Miller, P. R. M. (2000). Consorcio de mandioca com crotalaria: efeitos sobre plantas espontaneas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentavel*, 1(4), 19-24.
- Schons, A., Streck, N. A., Storck, L., Buriol, G. A., Zanon, A. J., Pinheiro, D. G., & Kraulich, B. (2009). Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, 68, 155-167.
- Silva, W. B. (2023). Rotação de cultura e mitigação das mudanças climáticas. In: INBS. <https://inbs.com.br/rotacao-de-culturas-e-mitigacao-das-mudancas-climaticas>. Acesso em: 28/08/2023.
- Simagro: Sistema de monitoramento e alertas agroclimáticos do Rio Grande do Sul. <http://www.simagro.rs.gov.br/>. Acesso em 18/08/2022.
- Soares, M. B. B., & Finoto, E. L. (2012). Cobertura vegetal e controle de plantas daninhas em consórcio de mandioca industrial e amendoim. *Pesquisa & Tecnologia*, 9(1). <https://www.agricultura.sp.gov.br/documents/1007647/0/24.%20COBERTURA%20VEGETAL%20E%20CONTROLE%20DE%20PLANTAS%20DANINHAS%20EM%20DOIS%20ARRANJOS%20ESPACIAIS%20DO%20CONS%20C%2093RCIO%20ENTRE%20MANDIOCA%20INDUSTRIAL%20E%20AMENDOIMISSN.pdf/95fa8e92-3c8c-ddbc-c41d-0b2070b9d449>. Acesso em 02/01/2024.
- Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo. (2016). *Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11. ed. [S. l.]: SBCS. Núcleo Regional Sul, 376 p., il. https://www.sbcs-nrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf. Acesso em 02/01/2024.
- Tagliapietra, B. L., Zanon, A. J., Silva, M. N., Alves, A. F., Freitas, C. P. O., Tironi, L. F. & Streck, N. A. (2019). Mandioca para alimentação humana e animal. *Santa Maria: Editora GR*.
- Tagliapietra, B. L., Zanon, A. J., Tironi, L. F., Streck, N. A., & Richards, N. S. P. S. (2021). Qualidade nutricional e aceitação sensorial da mandioca biofortificada. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020247. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24720>.
- Tironi, L. F., Uhlmann, L. O., Streck, N. A., Samboranza, F. K., Freitas, C. P. O., & Silva, M. R. (2015). Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. *Bragantia*, 74(1), 58-66.