



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM**

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

ADILSON JOSE SZADY

PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO DA CULTIVAR MILAGROS

ERECHIM

2026

ADILSON JOSE SZADY

PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO DA CULTIVAR MILAGROS

Dissertação apresentada para o Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Altemir José Mossi

ERECHIM

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS ERECHIM

ERS 135 – Km 72, nº200

CEP: 99700-970

Caixa Postal 764

Zona Rural

Erechim - RS

Brasil

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Szady, Adilson Jose
PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO DA VARIEDADE MILAGROS
/ Adilson Jose Szady. -- 2026.
68 f.

Orientador: Doutor Altemir José Mossi

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental, Erechim,RS, 2026.

1. Tomate, produção orgânica, agroecologia. I. ,
Altemir José Mossi, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

ADILSON JOSE SZADY

TÍTULO: PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO DA CULTIVAR MILAGROS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de ciência e tecnologia ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/08/2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ALTEMIR JOSE MOSSI**
Data: 23/09/2026 07:00:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Altemir José Mossi– UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO WILSON REICHERT JUNIOR**
Data: 23/09/2026 08:43:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Wilson Reichert Junior

Documento assinado digitalmente
 **MATHEUS FERNANDO MOHR**
Data: 23/09/2026 09:34:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Matheus Fernando Mohr

Dedico este trabalho a minha esposa, e
minhas filhas, que me auxiliaram muito
para a o estudo, e aprendizado, no
mestrado que apesar das dificuldades e
obstáculos foi conquistado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força, sabedoria e perseverança concedidas ao longo desta caminhada.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e incentivo em todos os momentos, especialmente nos desafios enfrentados durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, pela dedicação, paciência, confiança e valiosas contribuições acadêmicas, fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos professores e colegas do programa de pós-graduação, pelos ensinamentos compartilhados, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio ao longo desta trajetória.

À instituição UFFS, pela estrutura oferecida e pelas oportunidades proporcionadas para meu crescimento acadêmico e profissional.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

"O homem não é nada mais do que aquilo que ele faz de si mesmo."
— **Jean-Paul Sartre**, *O Existencialismo é um Humanismo*

RESUMO

A produção de mudas de elevada qualidade constitui uma etapa determinante para o sucesso do cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), especialmente em sistemas orgânicos, nos quais o manejo biológico do solo e o uso de bioinsumos assumem papel fundamental no desenvolvimento inicial das plantas. Nesse contexto, esta dissertação teve como objetivo avaliar a influência de diferentes recipientes e bioinsumos sobre a qualidade de mudas de tomateiro cultivar Milagros produzidas em sistema orgânico, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias aplicáveis à agricultura familiar e à produção sustentável de hortaliças. O objetivo deste estudo foi conduzir dois experimentos independentes visando aprimorar a produção de mudas de tomateiro cultivar Milagros em sistema orgânico. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade das mudas, utilizando bandeja de 128 células (23,60 mL), tubete (55 mL) e tubetão (190 mL). No segundo experimento, avaliou-se o efeito de diferentes bioinsumos aplicados em mudas produzidas em recipientes de 190 mL, utilizando levedura nativa, bokashi, *Trichoderma harzianum* e testemunha sem aplicação de bioinsumos. Foram avaliadas características morfológicas da parte aérea e do sistema radicular, incluindo comprimento da parte aérea e das raízes, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca. Aos 40 dias após a semeadura, observou-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL proporcionaram melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular em comparação à bandeja de 23,60 mL. O recipiente de 55 mL apresentou desempenho semelhante ao de 190 mL para diversas variáveis avaliadas, indicando potencial para uso eficiente em viveiros comerciais. Entre os bioinsumos avaliados, o bokashi promoveu os maiores valores de crescimento e biomassa das mudas. Conclui-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL favorecem a qualidade de mudas de tomateiro durante a fase de viveiro e que o bokashi constitui uma alternativa promissora para a produção orgânica de mudas. A pesquisa integrou um projeto regional de fortalecimento da produção orgânica de tomate desenvolvido no Alto Uruguai Gaúcho, envolvendo instituições de pesquisa, viveiro de mudas, cooperativa e agricultores familiares, evidenciando a aplicabilidade prática dos resultados obtidos. Dessa forma, além da contribuição científica para o avanço do

conhecimento sobre a produção de mudas em sistema orgânico, o estudo fornece subsídios técnicos para a adoção de tecnologias sustentáveis, fortalecendo a produção regional de tomate e contribuindo para a geração de inovação, transferência de tecnologia e desenvolvimento da agricultura familiar.

Palavras-chave: Agricultura orgânica, Bioinsumos, Produção de mudas, *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

The production of high-quality seedlings is a critical step for the successful cultivation of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.), especially in organic systems, where biological soil management and the use of bio-inputs play a fundamental role in the plants' early development. In this context, the objective of this dissertation was to evaluate the influence of different containers and bio-inputs on the quality of Milagros tomato seedlings produced in an organic system, thereby contributing to the development of technologies applicable to family farming and the sustainable production of vegetables. The objective of this study was to conduct two independent experiments aimed at improving the production of Milagros tomato seedlings in an organic system. In the first experiment, the effect of different container volumes on the growth and quality of the seedlings was evaluated, using a 128-cell tray (23.60 mL), a small tube (55 mL), and a large tube (190 mL). In the second experiment, the effect of different bio-inputs applied to seedlings produced in 190-mL containers was evaluated, using native yeast, bokashi, *Trichoderma harzianum*, and a control without bio-input application. Morphological characteristics of the aerial part and root system were evaluated, including the length of the aerial part and roots, collar diameter, fresh weight, and dry weight. Forty days after sowing, it was observed that containers with a volume equal to or greater than 55 ml resulted in better development of the aerial parts and root system compared to the 23.60 mL tray. The 55 mL container performed similarly to the 190 mL container for several variables evaluated, indicating potential for efficient use in commercial nurseries. Among the bio-inputs evaluated, bokashi promoted the highest growth and biomass values in the seedlings. It is concluded that containers with a volume of 55 mL or greater favor the quality of tomato seedlings during the nursery phase and that bokashi constitutes a promising alternative for organic seedling production. The research was part of a regional project to strengthen organic tomato production carried out in the Alto Uruguai Gaúcho region, involving research institutions, a seedling nursery, a cooperative, and family farmers, highlighting the practical applicability of the results obtained. Thus, in addition to its scientific contribution to advancing knowledge about seedling production in organic systems, the study provides technical guidance for the adoption of sustainable technologies, strengthening regional tomato production and contributing to innovation, technology transfer, and the development of family farming.

Keywords: Keywords: Organic agriculture, Bioinputs, Seedling production, *Solanum lycopersicum*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos bioinsumos utilizados na produção de mudas de tomate cultivar <i>Milagros</i>	40
Tabela 2. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate, cultivar <i>Milagros</i> , produzidas em diferentes tamanhos de células.....	41
Tabela 3. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm ³), área superficial das raízes (mm ²), diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento médio das raízes (cm) de mudas de tomate da cultivar <i>Milagros</i> produzidas em diferentes volumes de recipientes.....	43
Tabela 4. Massa fresca da parte aérea, Massa seca da parte aérea, Massa fresca das raízes e Massa seca das raízes em gramas, de mudas de tomate cultivar <i>Milagros</i> , produzidas com diferentes bioinsumos.....	46
Tabela 5. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate da cultivar <i>Milagros</i> produzidas com diferentes bioinsumos....	49
Tabela 6. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm ³), área superficial de raízes (mm ²) Diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento do sistema radicular (cm) de mudas de tomate da cultivar <i>Milagros</i> produzidas com diferentes tratamentos de bioinsumos.....	50

ANEXO

Tabela A1. Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca das raízes e massa seca das raízes de mudas de tomate da cultivar <i>Milagros</i> produzidas em diferentes tamanhos de células.....	64
Tabela A2. Avaliação da produção de frutos a campo a partir das mudas desenvolvidas em diferentes tamanhos de células.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA – Análise de Variância

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado

EM – Microrganismos Eficientes (*Effective Microorganisms*)

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MSPA – Massa Seca da Parte Aérea

MSR – Massa Seca das Raízes

MFPA – Massa Fresca da Parte Aérea

MFR – Massa Fresca das Raízes

RNC – Registro Nacional de Cultivares

SISORG – Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica

WinRHIZO® – Software para análise morfológica do sistema radicular

SUMÁRIO

1	<i>INTRODUÇÃO.....</i>	<i>12</i>
1.1	CULTURA DO TOMATE.....	12
1.2	PRODUÇÃO ORGÂNICA DE TOMATE.....	13
1.3	PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE.....	16
1.4	USO DE BIOFERTILIZANTES.....	18
1.5	BOKASHI, TRICHODERMA E LEVEDURAS NATIVAS.....	20
1.5.1	Bokashi.....	20
1.5.2	Trichoderma.....	20
1.5.3	Leveduras Nativas.....	21
2	<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>31</i>
2.1	GERAL.....	31
2.1	ESPECÍFICOS.....	31
3	<i>ARTIGO PUBLICADO NO PERIÓDICO REMUNOM.....</i>	<i>32</i>
	RESUMO.....	32
	1. INTRODUÇÃO.....	34
	2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
	3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
	4. CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
4	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</i>	<i>59</i>
5	<i>TRABALHOS FUTUROS.....</i>	<i>61</i>
6	<i>IMPACTOS E APLICABILIDADE DOS RESULTADOS.....</i>	<i>62</i>

1 INTRODUÇÃO.

Meu nome é Adilson José Szady, formado em Agronomia com pós graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Atualmente Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Da Fronteira Sul Campus Erechim, esta pesquisa faz parte de uma demanda concreta de agricultores familiares do Alto Uruguai vinculados a cooperativa Nossa Terra a qual tem uma demanda de tomate para produção de molho para a comercialização no (PAA) programa de aquisição de alimentos para a merenda escolar nos Estados do Rio Grande Do Sul, Mato Grosso e São Paulo, os Agricultores estavam enfrentando dificuldades na produção de mudas de tomate e buscando por melhores resultados produtivos em seus sistemas de cultivo, no ano 2025 a produção media por pé girou entorno de 500 gramas ,já com a pesquisa neste ano conseguimos chegar a uma produção de 1,800 kg por pé ,com a combinação de células e bioinsumos .

A região Norte do Rio Grande do Sul caracteriza-se, do ponto de vista geográfico, por um relevo suavemente ondulado, com presença marcante de solos férteis, como os Latossolos e Nitossolos, e clima subtropical úmido, com boa distribuição de chuvas ao longo do ano condições favoráveis à diversificação agrícola (EMBRAPA, 2022).

Estima-se que a região concentre dezenas de milhares de agricultores familiares muitos municípios possuem mais de 70% dos estabelecimentos rurais classificados nessa categoria o que reforça a relevância social e econômica desse modelo produtivo (IBGE, 2024). Nesse cenário, a adoção de práticas como o uso de microrganismos eficientes na produção de mudas de tomate orgânico se insere como uma estratégia alinhada às características regionais, promovendo sustentabilidade, autonomia produtiva e fortalecimento das comunidades rurais. Nesse contexto produtivo, o tomateiro destaca-se como uma das hortaliças de maior importância econômica.

1.1 CULTURA DO TOMATE

Entre as hortaliças de maior relevância na produção agrícola brasileira, destaca-se o gênero *Solanum* (família Solanaceae), o qual inclui o tomateiro *Solanum lycopersicum* L.. Segundo dados recentes, o Brasil figura entre os dez

maiores produtores mundiais dessa cultura, com produção estimada em cerca de 4,4 milhões de toneladas em 2023 (MATTOS et al., 2023; IBGE, 2024).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie amplamente cultivada devido à importância econômica e nutricional de seus frutos. Trata-se de uma planta com metabolismo C3, o que lhe confere maior eficiência fotossintética em condições de baixa intensidade luminosa e temperaturas moderadas (HARTMANN et al., 2014).

Fatores ambientais desempenham papel crucial no desenvolvimento do tomateiro e na qualidade dos frutos produzidos. Variáveis como temperatura, luminosidade, umidade relativa e disponibilidade de nutrientes influenciam diretamente o crescimento vegetativo, a floração, a frutificação e a maturação. Temperaturas superiores a 28 °C podem afetar negativamente a cor e a firmeza dos frutos, ocasionando coloração amarelada em decorrência da interrupção na biossíntese de compostos como o licopeno (ARAÚJO et al., 2013).

O cultivar de tomate Milagros tem sido utilizado, na região do Alto Uruguai Gaúcho, em sistemas produtivos comerciais em função de seu elevado potencial produtivo e da qualidade agrônômica de seus frutos. De modo geral, apresenta plantas vigorosas, com bom equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, característica desejável para a obtenção de altos rendimentos e uniformidade de produção (FILGUEIRA, 2013). Os frutos são descritos como uniformes, com formato regular, coloração vermelha intensa e boa firmeza, atributos relevantes para a aceitação comercial e para a redução de perdas no pós-colheita (ALVARENGA, 2013).

Em termos produtivos, cultivares com essas características são amplamente recomendadas para cultivo em diferentes sistemas de manejo, incluindo a agricultura industrial e sistemas que incorporam práticas sustentáveis, como o uso de bioinsumos e microrganismos promotores de crescimento vegetal, os quais podem potencializar o desempenho produtivo da cultura (BACKER et al., 2018; CASTRO et al., 2020). Quanto à utilização, os frutos do tomateiro Milagros destinam-se predominantemente ao consumo in natura, sendo empregados na alimentação fresca e na elaboração de preparações culinárias, como saladas e molhos, além de apresentarem potencial para processamento artesanal, em função

do adequado equilíbrio entre sólidos solúveis e acidez, parâmetros importantes para a qualidade sensorial do tomate (ALVARENGA, 2013; EMBRAPA, 2022).

Atualmente, há uma crescente preocupação dos consumidores em optarem por alimentos livres de agrotóxicos, seguros e com alto valor nutritivo, principalmente aqueles degustados in natura. Uma alternativa para a geração desse tipo de alimento é a produção orgânica, método agrícola no qual não devem ser utilizados agroquímicos sintéticos (DELPRETE, 2020).

1.2 PRODUÇÃO ORGÂNICA DE TOMATE

A produção orgânica de hortaliças tem adquirido crescente relevância no contexto da agricultura sustentável, especialmente em função das preocupações ambientais, sociais e de saúde pública associadas ao uso intensivo de insumos químicos na agricultura industrial.

O sistema orgânico de produção fundamenta-se nos princípios da agroecologia, buscando o equilíbrio entre solo, planta, ambiente e organismos associados. De acordo com a legislação brasileira, a produção orgânica exclui o uso de fertilizantes minerais solúveis, agrotóxicos sintéticos, reguladores de crescimento e organismos geneticamente modificados, priorizando práticas que promovam a sustentabilidade dos agroecossistemas (WEZEL et al., 2019). Nesse contexto, o manejo do solo assume papel central, uma vez que a fertilidade é construída gradualmente por meio da incorporação de matéria orgânica, adubação verde, compostagem e uso de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal

O cultivo orgânico de tomate tem ganhado crescente destaque no contexto da agricultura contemporânea, motivado pela demanda cada vez mais significativa por produtos agrícolas que aliam qualidade nutricional, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental (MATTOS et al., 2023). Diferenciando-se da agricultura industrial, a agricultura orgânica baseia-se em práticas que respeitam o equilíbrio natural do solo, a biodiversidade local e os ciclos ecológicos, evitando, assim, o uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas químicos que possam comprometer a saúde humana e a integridade ambiental (SILVA, 2014).

Nesse sistema, a adubação é realizada predominantemente com compostos orgânicos, tais como esterco animal, compostagem de resíduos vegetais, farinha de ossos e outros subprodutos agroindustriais. Estes insumos não apenas fornecem

nutrientes de forma gradual e contínua, como também promovem a melhoria da estrutura física do solo, estimulam a atividade microbiológica benéfica e contribuem para a retenção hídrica, reforçando a resiliência do agroecossistema frente a variações climáticas (WEZEL et al., 2019).

Nos sistemas de agricultura industrial para a orgânica deve ocorrer um período de transição, onde esse intervalo é considerado fundamental para que o solo, a vegetação e o ecossistema produtivo possam restabelecer condições compatíveis com os princípios da agricultura orgânica, garantindo a eliminação de resíduos químicos e a recuperação da biodiversidade e da fertilidade natural (BARBOSA et al., 2023).

Contudo no período transição, tal exigência impõe desafios significativos aos produtores oriundos da agricultura industrial, pois, normalmente enfrentam uma redução inicial nos rendimentos agrícolas em decorrência da adaptação das técnicas de manejo e não têm acesso imediato ao diferencial de preço (o chamado premium price) característico dos produtos orgânicos certificados. Essa defasagem econômica, associada ao risco produtivo durante o período de transição, frequentemente desestimula o ingresso de agricultores oriundos da agricultura industrial no sistema de produção orgânica (MOURA, 2019).

SILVA et al. (2020), propõem como alternativa para minimizar estes riscos ou até mesmo reduzir o período de conversão nos sistemas de produção orgânica certificados, a elaboração de um substrato formulado exclusivamente a partir de matérias-primas previamente aprovadas pela regulamentação orgânica vigente. Esse substrato poderia ser obtido mediante a mistura de compostos orgânicos ricos em nutrientes, resultantes de processos de compostagem ou outras técnicas compatíveis com os princípios agroecológicos, a meios inertes, como areia, perlita ou vermiculita (SILVA et al., 2020).

A combinação teria por finalidade não apenas fornecer uma elevada concentração de elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal, mas também melhorar as propriedades físicas e químicas do meio de cultivo, favorecendo a aeração e a drenagem, e prevenindo condições de hipóxia radicular. Essa abordagem, além de atender às normas de produção orgânica, possibilitaria a obtenção de um ambiente de cultivo equilibrado e produtivo, reduzindo os riscos

associados à queda de rendimento durante a fase inicial de transição (SILVA et al., 2020).

Dentre os principais elementos nutricionais presentes no composto orgânico, estima-se que aproximadamente 70 a 80% do fósforo (P) e 80 a 90% do potássio (K) estejam disponíveis para absorção pelas plantas já no primeiro ano de aplicação. Essa elevada disponibilidade inicial desses macronutrientes favorece o desenvolvimento radicular e o equilíbrio osmótico das culturas, contribuindo para a produtividade (SILVA et al., 2020).

Em contrapartida, todo o nitrogênio (N) presente no composto encontra-se na forma orgânica, o que implica a necessidade de sua mineralização pela atividade microbiana do solo antes de estar acessível para as plantas. Tal processo, dependente de fatores como temperatura, umidade, aeração e relação carbono: nitrogênio, é relativamente lento, resultando em uma taxa de mineralização de apenas cerca de 11% no primeiro ano. Essa liberação limitada pode ocasionar deficiências de nitrogênio nas plantas, especialmente em culturas de rápido crescimento ou alta exigência nutricional, caso não haja manejo complementar adequado, como a adição de fontes orgânicas ou minerais compatíveis com a certificação (LIMA et al., 2021).

Na cultura do tomate, as exigências nutricionais são bem definidas: por tonelada de produção são necessários aproximadamente 3 kg de nitrogênio (N), 1 kg de fósforo (P_2O_5), 5 kg de potássio (K_2O), 2,5 kg de cálcio (Ca) e 1 kg de magnésio (Mg). Tomando como exemplo uma produtividade de 100 t ha^{-1} , seriam necessários 300 kg de N por hectare (LIMA et al., 2021).

Estudos indicam que os nutrientes contidos no composto orgânico utilizado satisfazem as necessidades nutricionais do tomate durante os primeiros dois meses após o transplante, e, em condições adequadas, podem suprir as exigências da planta por até quatro meses, garantindo uma produção aceitável, inclusive para variedades como o tomate cereja (FERNANDES, 2021).

Produzir mudas de tomate de forma orgânica é mais difícil porque essa fase é muito sensível e, no sistema orgânico, o produtor tem menos “atalhos” químicos para corrigir problemas rapidamente, desta forma se torna necessário estudos para que esses problemas sejam minimizados.

1.3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE

A propagação do tomateiro ocorre predominantemente por via sexuada, por meio de sementes, sendo comum o uso de mudas produzidas em bandejas de polietileno nos viveiros comerciais. Entretanto, inovações recentes têm sido introduzidas visando aprimorar o sistema de produção de mudas (BARBOSA et al., 2023).

A produção de mudas de tomate em sistemas orgânicos tem despertado interesse crescente, impulsionada tanto pelos benefícios ambientais quanto pela demanda por produtos agrícolas sustentáveis. A qualidade das mudas, determinante para o desempenho produtivo das plantas adultas, depende do desenvolvimento equilibrado do sistema radicular e da parte aérea. O uso de bandejas como substrato para germinação e crescimento inicial permite um maior controle sobre o ambiente, otimização do uso de recursos e uniformidade das mudas (SANTOS et al., 2015).

Nesse sentido, a avaliação integrada das características radiculares e foliares é fundamental para compreender os efeitos das práticas orgânicas sobre o estabelecimento e vigor das plantas.

Além do manejo da planta adulta, a produção de mudas em bandejas constitui etapa crítica para o sucesso da cultura. A escolha do substrato exerce influência direta no desenvolvimento inicial das mudas, sendo que combinações de materiais como vermiculita, casca de pinus, perlita e turfa proporcionam condições físicas e químicas adequadas para o crescimento radicular (NADAI et al., 2015).

A qualidade das mudas produzidas influencia diretamente o desempenho das plantas adultas, refletindo em maior adaptabilidade às condições ambientais, resistência a doenças e uniformidade na produção. A avaliação criteriosa do sistema radicular e da parte aérea durante a fase de mudas é essencial para detectar deficiências nutricionais ou falhas de manejo que possam comprometer o desenvolvimento posterior (SOUZA et al., 2019).

Após a seleção da cultivar ou híbrido, é necessário um planejamento detalhado que contemple o preparo do solo ou substrato, a adubação inicial e a instalação de sistemas de irrigação adequados, garantindo que as mudas estejam prontas para o transplante geralmente entre 20 e 30 dias após a semeadura. Para mudas destinadas ao consumo in natura, utilizam-se bandejas de 128 ou 200 células, sendo que as bandejas de 128 células proporcionam mudas mais vigorosas,

enquanto as de 200 células reduzem o uso de substrato, otimizando custos. Para produção voltada à indústria, bandejas de 450 células são preferidas devido à demanda elevada e à eficiência econômica (SOUZA et al., 2019).

A utilização de bandejas multicelulares facilita a gestão do substrato e do espaço no viveiro, contribuindo para a obtenção de mudas de excelente padrão com elevada taxa de pegamento pós-transplante, além de reduzir a necessidade de tratamentos fitossanitários. A padronização das mudas e a economia de água são ampliadas, enquanto os danos às raízes durante o transplante são minimizados com a utilização desses recipientes (SOUZA et al., 2019).

O uso de bandejas com células amplas e profundas proporcionam um espaço maior para as raízes se desenvolverem, permitindo que se espalhem e se infiltrem no solo. Isso resulta em mudas mais saudáveis e com um sistema radicular robusto, essencial para a captação de água e nutrientes após o replantio (SANTOS et al., 2015).

Em bandejas que possuem células rasas ou formatos inadequados, as raízes podem começar a se contorcer na parte inferior da célula. Isso pode comprometer o crescimento futuro da planta. Diferentes formatos de bandejas são projetados para minimizar esse problema, favorecendo um desenvolvimento radicular mais vertical e saudável (SANTOS et al., 2015).

Além disso o modelo de bandeja impacta diretamente o tamanho e a vitalidade da muda. Mudanças que apresentam uniformidade e um bom crescimento foliar costumam possuir uma taxa de sobrevivência superior, além de se adaptarem mais rapidamente ao ambiente outdoor. Para “saúde” das mudas é necessário que as bandejas garantam adequada drenagem e arejamento sendo eficazes na prevenção de doenças fúngicas, como o "damping-off" (morte de plântulas), que pode comprometer gravemente a produção de mudas (HAYATA et al., 2023).

As bandejas desenvolvidas para simplificar a remoção das mudas, preservando as raízes, aceleram o processo de transplante e minimizam o estresse nas plantas. Certas bandejas possibilitam a retirada das mudas com o torrão completo, o que é o desejável. Destaca-se ainda que a forma das bandejas influencia também a praticidade no manuseio, transporte e armazenamento (SANTOS et al., 2015).

Atualmente a busca por melhores mudas da hortaliça se justifica em função de que o estabelecimento satisfatório das lavouras em campo, essencial para o sucesso da cultura, está, em grande parte, relacionado à qualidade das mudas. A qualidade das mudas, por sua vez, depende diretamente do desenvolvimento equilibrado do sistema radicular e da parte aérea da planta (HAYATA et al., 2023).

A adoção de práticas adequadas na produção de mudas assegura que as plantas iniciem seu desenvolvimento no campo em condições ótimas, promovendo ciclos produtivos mais eficientes, redução de perdas e maior resistência a adversidades ambientais. A integração de manejo nutricional, substratos apropriados, irrigação controlada e técnicas de enxertia representa um conjunto de estratégias essenciais para a maximização do potencial produtivo do tomateiro.

1.4 USO DE BIOFERTILIZANTES

Bioinsumos são definidos como produtos, processos ou tecnologias de origem vegetal, animal ou microbiana inclusive aqueles obtidos por processos biotecnológicos ou que sejam estruturalmente similares e funcionalmente idênticos aos de origem natural destinados ao uso na produção, proteção, armazenamento e beneficiamento de produtos agropecuários, bem como em sistemas de produção aquícola e florestas plantadas. Esses insumos atuam interferindo no crescimento, no desenvolvimento e nos mecanismos de resposta de plantas, animais, microrganismos e do solo, além de interagirem com processos físico-químicos e biológicos dos sistemas produtivos (BRASIL, 1980; BRASIL, 2024).

Entre os principais tipos de bioinsumos utilizados na atividade agropecuária, destacam-se os bioestimuladores ou inibidores de crescimento, semioquímicos, bioquímicos, fitoquímicos, metabólitos, macromoléculas orgânicas, agentes biológicos de controle, condicionadores de solo, biofertilizantes e inoculantes. Considera-se, ainda, bioinsumo com uso aprovado para a agricultura orgânica aquele que contém exclusivamente substâncias permitidas em regulamento específico para esse sistema de produção. Complementarmente, a legislação brasileira sobre insumos agrícolas define categorias relacionadas, como fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, que contribuem para a fertilidade do solo e o desenvolvimento vegetal (BRASIL, 1980; BRASIL, 2024).

Apesar dos avanços técnicos, desafios como sustentabilidade ambiental, redução de custos e otimização de recursos ainda permeiam a produção de mudas de tomate orgânico. Estratégias como a utilização de biofertilizantes, manejo integrado de pragas e doenças e implementação de práticas mais eficientes têm sido estudadas para aumentar a qualidade e a sustentabilidade do processo (RODRIGUES et al., 2021).

O manejo nutricional do tomateiro, independentemente da escala, é complexo e requer atenção à qualidade e disponibilidade dos nutrientes essenciais. A adubação pode ser de origem mineral ou orgânica, sendo cada tipo caracterizado por particularidades quanto à composição, absorção e custo.

A manutenção do pH adequado do solo, preferencialmente próximo a 7,0, é essencial para a disponibilidade de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Fe, Cu, Mn, Zn), sendo a calagem uma prática fundamental em solos ácidos, comuns em regiões brasileiras (BURBANNO, 2020).

Os bioinsumos, produtos de origem biológica ou natural, desempenham papel central no fortalecimento da sanidade vegetal. Dentre estes, destacam-se os biofertilizantes, que promovem a disponibilização de nutrientes às plantas através de microrganismos benéficos, e os biopesticidas, que utilizam substâncias naturais para controlar pragas e patógenos, contribuindo para a redução do impacto ambiental associado ao uso de químicos sintéticos (CASTRO, 2020).

Os biofertilizantes são adubos obtidos a partir de diferentes tipos de matéria orgânica, como esterco, leite e cinzas, podendo ainda ser enriquecidos com resíduos de palhada, plantas medicinais e pó de rocha. Sua produção pode ocorrer por meio de processos aeróbicos, realizados em contato com o ar, ou anaeróbicos, na ausência de oxigênio (MOREIRA; CAPELESSO, 2006).

1.5 BOKASHI, TRICHODERMA E LEVEDURAS NATIVAS

1.5.1 Bokashi

O bokashi, refere-se a um composto orgânico fermentado de origem japonesa, elaborado a partir da combinação de materiais orgânicos, como farelos de cereais, cascas de frutas e outros resíduos vegetais, submetidos à fermentação por microrganismos benéficos (SHIN et al., 2017).

Esse biofertilizante é amplamente reconhecido por sua capacidade de promover a saúde do solo, uma vez que contribui para o aumento da biodiversidade

microbiana e para a melhoria da estrutura física do solo. Pesquisas indicam que a aplicação de bokashi eleva a disponibilidade de nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal, como nitrogênio, fósforo e potássio (KOYAMA et al., 2015). Ademais, os microrganismos presentes nesse composto atuam na decomposição da matéria orgânica, liberando nutrientes de forma gradual e favorecendo a retenção de água no solo (BHOGAL et al., 2018).

1.5.2 Trichoderma

Já o gênero *Trichoderma* é reconhecido como um fungo oportunista capaz de estabelecer interações simbióticas com plantas, promovendo o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Sua atuação contribui para a nutrição das plantas por meio da solubilização e disponibilização de diversos micronutrientes presentes no solo (BONONI et al., 2020).

Além do mais, o *Trichoderma* apresenta diversas características que o qualificam como um agente eficaz de controle biológico e promotor do crescimento vegetal. Entre os principais mecanismos de ação empregados por esses fungos destacam-se a antibiose, o parasitismo, a competição por espaço e nutrientes, bem como a indução de resistência nas plantas hospedeiras (HOWELL et al., 2007).

A promoção do crescimento vegetal mediada por *Trichoderma* spp. pode ser observada desde a germinação das sementes até o desenvolvimento completo das plantas. Esses efeitos têm sido atribuídos à produção de fitormônios e outros fatores de crescimento, bem como à melhoria na eficiência de uso de nutrientes e ao aumento da disponibilidade e absorção de elementos minerais pelas plantas (BENÍTEZ et al., 2004).

Adicionalmente, outro mecanismo associado à promoção do crescimento é a capacidade de determinadas linhagens de *Trichoderma* spp. de ampliar a superfície total do sistema radicular, o que resulta em maior exploração do solo e, consequentemente, melhor acesso aos nutrientes minerais disponíveis (ALTOMARE et al., 1999).

1.5.3 Leveduras Nativas

Leveduras são fungos unicelulares microscópicos, pertencentes majoritariamente ao filo Ascomycota, que se destacam pela capacidade de realizar fermentação, convertendo açúcares em etanol, dióxido de carbono e outros metabólitos de interesse industrial e alimentar (WALKER, 1998; MADIGAN et al.,

2016). Esses microrganismos apresentam ampla distribuição ambiental, sendo encontrados no solo, na água, no ar e na superfície de plantas e alimentos, com papel relevante em processos biotecnológicos e na produção de alimentos fermentados (KURTZMAN et al., 2011).

As leveduras nativas correspondem às populações naturalmente presentes em frutos, folhas e substratos orgânicos, sem seleção comercial, caracterizando-se por elevada diversidade genética e metabólica, o que pode proporcionar perfis sensoriais diferenciados em fermentações, embora com maior variabilidade de resultados (FLEET, 2003).

Podemos ainda fazer o uso de leveduras junto ao substrato para a produção de mudas, sendo que as leveduras apresentam características que as tornam particularmente adequadas para o controle de doenças e a promoção do enraizamento, destacando-se por não produzirem esporos ou toxinas, além de apresentarem baixa exigência nutricional para seu desenvolvimento (MENDES et al., 2022).

Dessa forma, esta dissertação busca contribuir para o preenchimento de lacunas existentes no conhecimento sobre a produção orgânica de tomate na região do Alto Uruguai Gaúcho, com ênfase na qualificação da produção de mudas. Para tanto, avalia-se a influência da escolha do tamanho das células das bandejas e da utilização de biofertilizantes e bioestimulantes, visando à obtenção de mudas de melhor qualidade e ao aprimoramento do sistema produtivo regional.

A produção de mudas representa uma das etapas mais estratégicas do cultivo do tomateiro, uma vez que a qualidade das plantas transplantadas exerce influência direta sobre o estabelecimento da lavoura, o desenvolvimento vegetativo, a uniformidade do cultivo e o potencial produtivo. Em sistemas orgânicos, essa etapa assume importância ainda maior, pois o crescimento inicial das plantas ocorre em condições nas quais a disponibilidade imediata de nutrientes é mais limitada quando comparada à agricultura industrial. Dessa forma, a obtenção de mudas vigorosas reduz os efeitos do estresse causado pelo transplante e favorece a adaptação das plantas às condições de campo, contribuindo para maior eficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis.

Entre os fatores que determinam a qualidade das mudas, destacam-se as características físicas e biológicas do ambiente de crescimento. O recipiente

utilizado durante a produção influencia diretamente o volume disponível para o desenvolvimento radicular, a retenção de água, a aeração do substrato e a disponibilidade de nutrientes. Recipientes com volume insuficiente podem restringir o crescimento das raízes, reduzindo sua capacidade de exploração do substrato e comprometendo o desenvolvimento da parte aérea após o transplante. Em contrapartida, recipientes que proporcionam maior espaço para expansão radicular tendem a favorecer a formação de sistemas radiculares mais vigorosos, capazes de explorar de forma mais eficiente a água e os nutrientes presentes no solo.

O desenvolvimento adequado das raízes durante a fase de viveiro constitui um dos principais indicadores da qualidade das mudas. Um sistema radicular bem distribuído aumenta a superfície de absorção, melhora a sustentação das plantas e reduz o tempo necessário para o restabelecimento do crescimento após o transplante. Além disso, raízes saudáveis apresentam maior capacidade de estabelecer associações benéficas com os microrganismos presentes no solo, potencializando processos biológicos relacionados à disponibilidade de nutrientes, à produção de reguladores de crescimento e à proteção contra fitopatógenos.

Paralelamente às características dos recipientes, a composição e a qualidade do substrato exercem influência decisiva sobre o desenvolvimento inicial das mudas. Um substrato adequado deve reunir propriedades físicas, químicas e biológicas que favoreçam simultaneamente a retenção de água, a drenagem, a aeração e o fornecimento gradual de nutrientes. Em sistemas orgânicos, além dessas características, torna-se fundamental que o substrato apresente elevada atividade microbiológica, favorecendo a mineralização da matéria orgânica e o estabelecimento de comunidades microbianas capazes de estimular o crescimento vegetal.

Nesse contexto, os bioinsumos têm adquirido importância crescente como ferramentas capazes de fortalecer os processos biológicos responsáveis pela manutenção da fertilidade dos sistemas agrícolas. Diferentemente dos insumos convencionais, cuja ação está baseada principalmente no fornecimento direto de nutrientes ou no controle químico de organismos indesejáveis, os bioinsumos atuam estimulando processos naturais que ocorrem no solo e na rizosfera, favorecendo o equilíbrio microbiológico e aumentando a eficiência de utilização dos recursos disponíveis pelas plantas.

Entre esses produtos destacam-se os compostos orgânicos fermentados, inoculantes microbianos e biofertilizantes obtidos a partir de diferentes matérias-primas vegetais e animais. Esses materiais promovem incremento da atividade microbiológica do solo, estimulam a ciclagem de nutrientes e contribuem para o aumento da matéria orgânica, criando condições favoráveis ao crescimento radicular e ao desenvolvimento das plantas. Além dos benefícios nutricionais, diversos bioinsumos apresentam capacidade de estimular mecanismos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetal, aumentando a tolerância das plantas aos estresses ambientais e favorecendo seu estabelecimento após o transplante.

Entre os bioinsumos utilizados na horticultura, o bokashi destaca-se pela elevada diversidade microbiológica e pelo fornecimento gradual de nutrientes provenientes do processo de fermentação da matéria orgânica. Durante sua decomposição, ocorre intensa atividade microbiana, resultando na liberação progressiva de compostos orgânicos, aminoácidos, vitaminas e substâncias bioativas que contribuem para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato. Além do aporte nutricional, o bokashi favorece a diversificação da microbiota do solo, condição considerada essencial para a manutenção da estabilidade dos agroecossistemas e para o desenvolvimento equilibrado das plantas.

Outro grupo de organismos amplamente estudado na agricultura sustentável corresponde às espécies do gênero *Trichoderma*.

Esses fungos apresentam elevada capacidade de colonização da rizosfera e estabelecem interações benéficas com diversas culturas agrícolas. Seus mecanismos de ação incluem a produção de enzimas, compostos bioativos e fitormônios, além da indução de resistência nas plantas e da competição com microrganismos fitopatogênicos. Como consequência, plantas associadas a *Trichoderma* frequentemente apresentam maior crescimento radicular, incremento na absorção de nutrientes e maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, características particularmente importantes durante a fase de produção de mudas.

Além dos fungos promotores de crescimento, as leveduras nativas também vêm despertando interesse como componentes de bioinsumos utilizados na agricultura. Embora tradicionalmente associadas aos processos fermentativos empregados na produção de alimentos e bebidas, diversas espécies apresentam

potencial para atuar na promoção do crescimento vegetal por meio da produção de vitaminas, aminoácidos, fitormônios e outros metabólitos capazes de estimular o desenvolvimento das plantas. Sua utilização em sistemas agrícolas representa uma alternativa promissora para ampliar a diversidade microbiológica do ambiente radicular, fortalecendo os processos naturais que sustentam a fertilidade dos sistemas orgânicos.

A utilização integrada desses bioinsumos está alinhada aos princípios da agroecologia, que reconhecem o solo como um sistema vivo, cuja produtividade depende da interação entre componentes físicos, químicos e biológicos. Sob essa perspectiva, o manejo da microbiota deixa de representar apenas uma prática complementar, passando a constituir um dos principais pilares para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes, resilientes e ambientalmente sustentáveis. Assim, compreender como esses microrganismos interagem com o ambiente radicular e influenciam a qualidade das mudas torna-se fundamental para o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar a eficiência da produção orgânica de tomate.

A adoção de tecnologias baseadas em processos biológicos assume relevância ainda maior quando considerada a realidade da agricultura familiar. No Norte do Rio Grande do Sul, particularmente na região do Alto Uruguai Gaúcho, a produção agropecuária caracteriza-se pelo predomínio de pequenas e médias propriedades rurais, nas quais a diversificação das atividades constitui importante estratégia para a geração de renda e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Além da produção de grãos e da atividade leiteira, a horticultura ocupa papel crescente na economia regional, destacando-se o cultivo de tomate destinado principalmente ao mercado de consumo in natura.

Nos últimos anos, observa-se um aumento do interesse de agricultores familiares por sistemas de produção baseados nos princípios da agroecologia e da agricultura orgânica. Essa transição é impulsionada pela crescente demanda dos consumidores por alimentos produzidos com menor impacto ambiental, pelo fortalecimento de mercados diferenciados e pelas oportunidades de agregação de valor aos produtos agrícolas. Entretanto, a consolidação desses sistemas depende da disponibilidade de tecnologias compatíveis com os princípios da produção

orgânica, especialmente aquelas relacionadas à produção de mudas, etapa considerada determinante para o sucesso do cultivo.

Entre as principais limitações enfrentadas pelos produtores destaca-se a dificuldade de obtenção de mudas de elevada qualidade produzidas de acordo com as normas da agricultura orgânica. Em muitas regiões brasileiras, as mudas comercializadas são provenientes de viveiros localizados em outras unidades da Federação, produzidas na agricultura industrial e submetidas a longas distâncias de transporte até as propriedades rurais. Essa condição pode comprometer o vigor das mudas, aumentar os custos de implantação das lavouras e reduzir a autonomia dos agricultores, tornando evidente a necessidade de fortalecer sistemas regionais de produção de mudas adaptados às condições locais.

Foi nesse contexto que se desenvolveu o projeto regional de fortalecimento da produção orgânica de tomate no Alto Uruguai Gaúcho, integrando instituições de pesquisa, assistência técnica, produção de mudas e organizações da agricultura familiar. Durante as safras de 2025 e 2026, participaram da iniciativa oito famílias agricultoras, que receberam mudas produzidas regionalmente, juntamente com os insumos necessários à implantação das lavouras, por meio da articulação da Cooperativa Nossa Terra. A produção das mudas foi realizada pelo Viveiro D'Agostini Produção de Flores e Hortaliças, permitindo que todo o processo de formação das plantas ocorresse na própria região, reduzindo a dependência de fornecedores externos e fortalecendo a cadeia produtiva local.

Embora a validação realizada junto às propriedades rurais não constitua parte do delineamento experimental desta dissertação, seus resultados demonstram o potencial de aplicação prática das tecnologias investigadas. Durante o período de acompanhamento observou-se aumento expressivo da produtividade média das plantas, passando de aproximadamente 500 g de frutos por planta na safra de 2025 para cerca de 1,38 kg por planta na safra seguinte. Esses resultados evidenciam que a geração de conhecimento científico, quando associada às demandas reais da agricultura familiar, pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis, reforçando a importância da integração entre pesquisa, extensão rural e organizações de produtores.

Apesar dos avanços observados nos últimos anos em relação ao uso de bioinsumos na horticultura, ainda permanecem lacunas importantes quanto à

compreensão das interações entre recipientes utilizados na produção de mudas e diferentes tecnologias biológicas empregadas em sistemas orgânicos de cultivo. Grande parte dos estudos disponíveis concentra-se na avaliação isolada de substratos, fertilizantes orgânicos ou microrganismos promotores de crescimento, enquanto são relativamente escassos os trabalhos que investigam de forma integrada os efeitos dessas estratégias sobre a qualidade morfológica das mudas e seu potencial de desempenho após o transplante.

Essa lacuna torna-se particularmente relevante quando considerada a crescente necessidade de desenvolver tecnologias adaptadas às condições da agricultura familiar e compatíveis com sistemas de produção de base agroecológica. A obtenção de mudas com elevado vigor fisiológico, sistema radicular bem desenvolvido e maior capacidade de adaptação ao campo representa uma das alternativas mais promissoras para aumentar a eficiência produtiva do tomateiro sem ampliar a dependência de insumos sintéticos. Assim, o estudo da interação entre recipientes para produção de mudas e bioinsumos constitui não apenas uma questão científica, mas também uma demanda tecnológica com potencial de gerar impactos econômicos, sociais e ambientais para os sistemas de produção regional.

Nesse contexto, a presente dissertação foi desenvolvida com o propósito de gerar conhecimento científico capaz de subsidiar o aperfeiçoamento da produção de mudas de tomate em sistemas orgânicos, contribuindo para o fortalecimento da horticultura regional e para a ampliação do uso de tecnologias sustentáveis na agricultura familiar. Os resultados apresentados fornecem subsídios para a adoção de práticas que favoreçam a qualidade das mudas, a eficiência do estabelecimento das lavouras e a sustentabilidade dos sistemas produtivos, aproximando a pesquisa científica das necessidades concretas dos agricultores e ampliando as possibilidades de transferência de tecnologia para o setor produtivo.

REFERÊNCIAS

- ALTOMARE, C. et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 65, n. 7, p. 2926–2933, 1999.
- ALVARENGA, M. A. R. *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013.
- ARAÚJO, A. C. et al. Influência da temperatura na qualidade de frutos de tomate. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 2, p. 290–296, 2013.
- BACKER, R. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: mechanisms and applications. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1473, 2018.
- BARBOSA, L. S. et al. Produção orgânica de hortaliças: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 45–60, 2023.
- BENÍTEZ, T. et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, v. 7, n. 4, p. 249–260, 2004.
- BURBANNO, M. L. Manejo da fertilidade do solo em sistemas agrícolas sustentáveis. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 15, n. 2, p. 1–9, 2020.
- BHOGAL, A.; SINGH, Y.; GOSAL, S. K. Bokashi: a potential organic waste management strategy. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 7, n. 4, p. 281–289, 2018.
- BONONI, L. et al. *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento vegetal. *Scientia Agricola*, v. 77, n. 4, e20180317, 2020.
- BRASIL. **Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024**. Dispõe sobre bioinsumos para uso na agropecuária. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 dez. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980**. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 17 dez. 1980. (com alterações posteriores).
- CASTRO, Ana M. G. Bioinsumos na agricultura: conceitos, aplicações e perspectivas. *Cadernos de Agroecologia*, Recife, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2020.
- DELPRETE, P. G. Produção orgânica e consumo sustentável. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, p. 1–10, 2020.
- EMBRAPA. *Sistema de produção do tomate*. Brasília: Embrapa, 2022.

FERNANDES, R. A. *Adubação orgânica na cultura do tomateiro*. 2021. Dissertação (Mestrado).

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

FLEET, G. H. Yeast interactions and wine flavour. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 86, n. 1-2, p. 11–22, 2003.

HARTMANN, A.; GOTTESMAN, B.; MICHALSKI, G. *Soil Microbiology: Ecology and Biochemistry*. 4. ed. London: CRC Press, 2014.

HAYATA, M. et al. Volume de células de bandejas, substrato e número de sementes na produção de mudas de tomateiro. In: SOUZA, W. J. O.; SANCHES, A. G. (org.). *Tecnologia e inovação na agricultura*. v. 1. 2023. p. 98–110.

HOWELL, C. R. Effect of seed quality and combination fungicide *Trichoderma* spp. seed treatments on pre- and postemergence damping-off in cotton. *Phytopathology*, [s. l.], v. 97, n. 1, p. 66–71, 2007.

IBGE. *Produção agrícola municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

KOYAMA, M. et al. Effects of organic fertilizers on soil properties and plant growth. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 61, p. 1–9, 2015.

KURTZMAN, C. P.; FELL, J. W.; BOEKHOUT, T. (ed.). *The yeasts: a taxonomic study*. 5. ed. Amsterdam: Elsevier, 2011.

LIMA, T. S.; SILVA, R. M.; OLIVEIRA, J. A. Importância das análises laboratoriais na caracterização de resíduos para substratos agrícolas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 4, p. 302-310, 2021.

MADIGAN, Michael T. et al. *Microbiologia de Brock*. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MATTOS, L. M. et al. Panorama da produção de tomate no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 41, n. 2, p. 101–110, 2023.

MENDES, R. et al. Bioestimulantes microbianos na produção de mudas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 17, n. 3, p. 88–102, 2022.

MOURA, A. F. *Conversão agroecológica e desafios na agricultura orgânica brasileira*. *Revista Agroecossistemas*, v. 11, n. 3, p. 89–102, 2019.

MOREIRA, V.R.R.; CAPELESSO, E. Orientações para uma Agricultura de Base Ecológica no Pampa Gaúcho. Instituto de Menores, p. 4- 6, 2006.

NADAI, F. B. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 3, p. 261-267, 2015.

RODRIGUES, A. P.; MARCELO, A. L.; FERRAZ, A. G. Microalgas e bioestimulantes: novas fronteiras para a agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 4, p. 553–560, 2021.

SANTOS, A. B. et al. Substratos para produção de mudas de hortaliças em bandejas. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 159–167, 2015.

SILVA, E. A. et al. Crescimento e qualidade de mudas de tomateiro em diferentes recipientes. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 216–222, 2014.

SILVA, J. A. et al. Efeitos da aplicação de extratos de *Chlorella* sp. no crescimento de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 123–130, 2020.

SHIN, P. K.; CHO, K. H.; LEE, Y. G. Effects of Bokashi application on soil chemical properties and growth of cucumber in vinyl house cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, v. 50, n. 3, p. 234–239, 2017.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P.; SILVA, M. A. Uso de bokashi na produção de mudas e na fertilidade do solo. *Revista Agroecossistemas*, v. 11, n. 2, p. 45–56, 2019.

WALKER, G. M. *Yeast physiology and biotechnology*. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.

WEZEL, A. et al. Agroecological practices for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 39, n. 1, p. 1–20, 2019.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a influência de diferentes recipientes e bioinsumos sobre a qualidade de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Milagros produzidas em sistema orgânico, visando gerar subsídios técnicos para o aprimoramento da produção de mudas e o fortalecimento de sistemas sustentáveis de cultivo.

2.1 Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade morfológica de mudas de tomateiro cultivar Milagros.
- Avaliar a influência de diferentes bioinsumos sobre o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das mudas produzidas em sistema orgânico.
- Fornecer subsídios técnicos para a produção regional de tomate em sistemas orgânicos.

3 ARTIGO PUBLICADO NO PERIÓDICO REMUNOM

(VOL. 13 NO. 13 (2026): REMUNOM - ISSN 2178-6925)

PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE ORGÂNICO CULTIVAR *MILAGROS* EM DIFERENTES TAMANHOS DE CÉLULAS E COM UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS

PRODUCTION OF ORGANIC TOMATO SEEDLINGS OF THE *MILAGROS* CULTIVAR IN DIFFERENT CELL SIZES AND USING BIO-INPUTS

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE ECOLÓGICO DE LA VARIEDAD *MILAGROS* EN CELDAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y CON EL USO DE INSUMOS BIOLÓGICOS

Resumo

A produção de mudas de tomateiro em sistemas orgânicos representa uma etapa fundamental para o estabelecimento inicial das plantas e para a obtenção de cultivos mais uniformes. O objetivo deste estudo foi conduzir dois experimentos independentes visando aprimorar a produção de mudas de tomateiro cultivar Milagros em sistema orgânico. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade das mudas, utilizando bandeja de 128 células (23,60 mL), tubete (55 mL) e tubetão (190 mL). No segundo experimento, avaliou-se o efeito de diferentes bioinsumos aplicados em mudas produzidas em recipientes de 190 mL, utilizando levedura nativa, bokashi, *Trichoderma harzianum* e testemunha sem aplicação de bioinsumos. Foram avaliadas características morfológicas da parte aérea e do sistema radicular, incluindo comprimento da parte aérea e das raízes, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca. Aos 40 dias após a semeadura, observou-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL proporcionaram melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular em comparação à bandeja de 23,60 mL. O recipiente de 55 mL apresentou desempenho semelhante ao de 190 mL para diversas variáveis avaliadas, indicando potencial para uso eficiente em viveiros comerciais. Entre os bioinsumos avaliados, o bokashi promoveu os maiores valores de crescimento e biomassa das mudas. Conclui-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL favorecem a qualidade de mudas de tomateiro durante a fase de viveiro e que o bokashi constitui uma alternativa promissora para a produção orgânica de mudas.

Palavras-chave: agricultura orgânica; bioinsumos; produção de mudas; *Solanum lycopersicum*.

Abstract

The production of tomato seedlings under organic systems is a critical stage for ensuring successful crop establishment and uniform plant development. This study comprised two independent experiments aimed at improving the production of organic tomato seedlings of the cultivar Milagros. In the first experiment, the effects of different container volumes on seedling growth and quality were evaluated using trays (128 cells, 23.60 mL), tubes (55 mL), and large tubes (190 mL). In the second experiment, the effects of different bioinputs were assessed in seedlings produced in 190 mL containers, including native yeast, bokashi, *Trichoderma harzianum*, and a control treatment without bioinput application. Morphological attributes of the shoot and root systems were evaluated, including shoot and root length, stem diameter, fresh biomass, and dry biomass. At 40 days after sowing, containers with volumes of 55 mL or greater promoted superior shoot and root development compared with 23.60 mL trays. The 55 mL container showed performance similar to that of the 190 mL container for several growth variables, indicating its potential as an efficient alternative for commercial seedling production. Among the evaluated bioinputs, bokashi promoted the greatest increases in seedling growth and biomass accumulation. The results indicate that container volumes of 55 mL or greater improve tomato seedling quality during the nursery stage and that bokashi is a promising strategy for organic seedling production.

Keywords: organic agriculture; bioinputs; seedling production; *Solanum lycopersicum*.

• Resumen

La producción de plántulas de tomate en sistemas orgánicos constituye una etapa fundamental para el establecimiento inicial de las plantas y la obtención de cultivos más uniformes. El objetivo de este estudio fue realizar dos experimentos independientes con el fin de optimizar la producción de plántulas de tomate cultivar Milagros en sistema orgánico. En el primer experimento, se evaluó el efecto de diferentes volúmenes de recipientes sobre el crecimiento y la calidad de las plántulas, utilizando bandejas de 128 celdas (23,60 mL), tubetes (55 mL) y tubetes de mayor volumen (190 mL). En el segundo experimento, se evaluó el efecto de diferentes bioinsumos aplicados a plántulas producidas en recipientes de 190 mL, utilizando levadura nativa, bokashi, *Trichoderma harzianum* y un tratamiento testigo sin aplicación de bioinsumos. Se evaluaron características morfológicas de la parte aérea y del sistema radical, incluyendo longitud de la parte aérea y de las raíces, diámetro del tallo, biomasa fresca y biomasa seca. A los 40 días después de la siembra, se observó que los recipientes con volumen igual o superior a 55 mL promovieron un mejor desarrollo de la parte aérea y del sistema radical en comparación con las bandejas de 23,60 mL. El recipiente de 55 mL presentó un desempeño similar al de 190 mL para varias de las variables evaluadas, lo que indica su potencial como alternativa eficiente para la producción comercial de plántulas. Entre los bioinsumos evaluados, el bokashi promovió los mayores incrementos en crecimiento y acumulación de biomasa. Se concluye que recipientes con volumen igual o superior a 55 mL favorecen la calidad de las plántulas de tomate durante la fase de vivero y que el bokashi constituye una alternativa prometedora para la producción orgánica de plántulas.

Palabras clave: agricultura orgánica; bioinsumos; producción de plántulas; *Solanum lycopersicum*.

1. Introdução

A produção de mudas de tomate em sistemas orgânicos tem despertado interesse crescente, impulsionada tanto pelos benefícios ambientais quanto pela demanda por produtos agrícolas sustentáveis. A qualidade das mudas, condição determinante para o desempenho produtivo das plantas adultas, depende do desenvolvimento equilibrado entre sistema radicular e parte aérea. O uso de bandejas como substrato para germinação e crescimento inicial permite um maior controle sobre o ambiente, otimização do uso de recursos e uniformidade das mudas (SANTOS *et al.*, 2021).

Além do manejo da planta adulta, a produção de mudas em bandejas constitui etapa crítica para o sucesso da cultura. A escolha do substrato exerce influência direta no desenvolvimento inicial das mudas, sendo que combinações de materiais como vermiculita, casca de pinus, perlita e turfa proporcionam condições físicas e químicas adequadas para o crescimento radicular (NADAI *et al.*, 2015).

A qualidade das mudas produzidas influencia diretamente o desempenho das plantas adultas, refletindo em maior adaptabilidade às condições ambientais, resistência a doenças e uniformidade na produção. Nesse sentido, a avaliação integrada das características radiculares e foliares é fundamental para compreender os efeitos das práticas orgânicas sobre o estabelecimento e vigor das plantas.

Apesar dos avanços técnicos observados nas últimas décadas, a produção de mudas de tomate em sistema orgânico ainda enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade ambiental, à redução de custos e à otimização do uso de recursos. Nesse contexto, estratégias como a utilização de biofertilizantes, o manejo integrado de pragas e doenças e a adoção de práticas mais eficientes vêm sendo estudadas, visando aumentar a qualidade das mudas e a sustentabilidade do sistema produtivo (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Assim, o manejo nutricional do tomateiro é um dos fatores mais críticos para o sucesso da cultura, independentemente da escala de produção. A adubação pode ser realizada por meio de fontes minerais ou orgânicas, cada uma apresentando particularidades quanto à composição, disponibilidade dos

nutrientes, eficiência de absorção e custo. Em sistemas orgânicos, a escolha adequada das fontes nutricionais torna-se ainda mais relevante, uma vez que o fornecimento equilibrado de nutrientes é fundamental para o desenvolvimento inicial das plantas (NADAI *et al.*, 2015).

A manutenção do pH do solo em níveis adequados, preferencialmente próximos à neutralidade, é essencial para garantir a disponibilidade de macro e micronutrientes às plantas. Em solos ácidos, condição comum em diversas regiões brasileiras, a prática da calagem é fundamental para a correção da acidez e para a melhoria da eficiência nutricional do sistema produtivo (GUARÇONI *et al.*, 2019).

Nesse cenário, os bioinsumos, definidos como produtos de origem biológica ou natural, assumem papel central no fortalecimento da sanidade vegetal e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Dentre esses insumos destacam-se: os biofertilizantes, que promovem a disponibilização de nutrientes por meio da ação de microrganismos benéficos; e os biopesticidas, que utilizam substâncias naturais no controle de pragas e patógenos, reduzindo o impacto ambiental associado ao uso de produtos químicos sintéticos (CASTRO, 2020).

Os biofertilizantes são obtidos a partir de diferentes fontes de matéria orgânica, como esterco, resíduos vegetais e minerais naturais, podendo ser produzidos por processos aeróbicos ou anaeróbicos. Esses produtos contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, estimulam a atividade microbiana e favorecem a liberação gradual de nutrientes às plantas (De SOUZA *et al.*, 2015).

Entre os bioinsumos utilizados na agricultura orgânica, o bokashi destaca-se como um composto orgânico fermentado de origem japonesa, produzido a partir da combinação de resíduos orgânicos submetidos à ação de microrganismos benéficos. Sua aplicação tem sido associada ao aumento da biodiversidade microbiana do solo, à melhoria da estrutura física e à maior disponibilidade de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio (KHAFAGI *et al.*, 2017; BHOGAL *et al.*, 2018).

O gênero *Trichoderma* também é amplamente reconhecido por sua capacidade de promover o crescimento vegetal e atuar no controle biológico de patógenos. Esses fungos estabelecem interações benéficas com as plantas, contribuindo para a solubilização de nutrientes, produção de fitormônios, aumento da eficiência de absorção mineral e indução de resistência vegetal (BENÍTEZ *et*

al., 2004; ALTOMARE *et al.*, 1999; BONONI *et al.*, 2020). Além disso, mecanismos como antibiose, parasitismo e competição por espaço e nutrientes reforçam seu potencial como agente promotor do desenvolvimento vegetal (HOWELL *et al.*, 2007).

Outro grupo de microrganismos com potencial aplicação na produção de mudas são as leveduras, as quais apresentam características favoráveis ao controle de doenças e à promoção do enraizamento. Estes organismos unicelulares microscópicos destacam-se por sua baixa exigência nutricional, ausência de produção de toxinas e capacidade de atuar positivamente no desenvolvimento inicial das plantas (MENDONÇA *et al.*, 2020).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo conduzir dois experimentos independentes visando aprimorar a produção de mudas de tomateiro para sistemas orgânicos de produção na região do Alto Uruguai Gaúcho. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade das mudas. No segundo experimento, avaliou-se o efeito da aplicação de diferentes bioinsumos sobre o desenvolvimento de mudas produzidas em recipientes com capacidade volumétrica de 190 mL.

2. Materiais e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos independentes. O primeiro teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes volumes de recipientes na produção de mudas de tomateiro. O segundo experimento avaliou o efeito de diferentes bioinsumos sobre o desenvolvimento das mudas produzidas em recipientes com capacidade volumétrica de 190 mL. Os experimentos foram analisados separadamente, não sendo estabelecido delineamento fatorial entre os fatores volume de recipiente e bioinsumos.

Os experimentos foram conduzidos durante o período de setembro de 2024 a fevereiro de 2025, em viveiro comercial da empresa D'Agostini Produção de Flores e Hortaliças, localizada no município de Erechim, Rio Grande do Sul. As mudas de tomate foram germinadas em casa de vegetação, sob condições controladas de temperatura, luminosidade e irrigação, sendo após levadas para casa de vegetação coberta com filme plástico de polietileno e conduzidas sob as condições usuais de manejo adotadas pelo viveiro comercial. Utilizou-se a cultivar de tomate

'Milagros' (Sakata), de hábito determinado e crescimento rasteiro, indicada para cultivo em estufa e em campo aberto.

A irrigação foi realizada por meio de nebulização, com frequência de duas vezes ao dia. A fertirrigação seguiu o manejo padrão adotado pelo viveiro para a produção comercial de mudas de tomate.

No experimento de avaliação dos recipientes, foi utilizado o substrato comercial Carolina Soil Pindstrup (Fórmula 2100 Turfa E Perlita 50/50 CLASSE INTERNA XLVI; pH: 5,5; COND. ELETRICA (ms/cm): 0,1; DENSIDADE: 85 kg/m³; CAPACIDADE DE RETENCAO DE ÁGUA - CRA (10): 300 (% m/m); UMIDADE MAXIMA: 70%; CLASSE F). No experimento com bioinsumos foi utilizado substrato comercial Carolina Soil®, composto por turfa de Sphagnum, vermiculita expandida e resíduos orgânicos, com capacidade de retenção de água de 55%.

As variáveis ambientais da casa de vegetação não foram monitoradas continuamente durante a condução dos experimentos, constituindo uma limitação do estudo. Entretanto, todos os tratamentos foram conduzidos simultaneamente e submetidos às mesmas condições de manejo e ambiente.

Cada tratamento foi composto por três bandejas. Em razão da desuniformidade natural da germinação das sementes, foram selecionadas quatro plantas por bandeja que apresentavam emergência precoce e desenvolvimento uniforme para realização das avaliações biométricas ao final do experimento, totalizando 12 plantas avaliadas por tratamento.

As bandejas experimentais foram mantidas em viveiro comercial durante a produção simultânea de aproximadamente 10.000 mudas. As unidades experimentais permaneceram posicionadas na região interna da área de cultivo, sendo circundadas por mudas comerciais que atuaram como bordadura natural, minimizando possíveis efeitos de borda decorrentes de variações ambientais.

O primeiro experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, sendo testados diferentes volumes de células, um tipo de substrato, uma semente por célula. Foram avaliados três tipos de recipientes com diferentes capacidades volumétricas: T1) bandeja de isopor (EPS - Poliestireno Expandido) contendo 128 células, com capacidade volumétrica de 23,6 mL por célula, cada qual com 35 x 35 mm de largura e altura de 62 mm; T2) tubete em bandeja plástica tipo caixa com 187 unidades, com 55,0 mL de capacidade volumétrica de cada

célula, (tubete) diâmetro superior de 35 mm e inferior de 27 mm e altura 125 mm; e T3) tubetão em bandeja de poliestireno com 32 células, sendo 190,0 ml a capacidade volumétrica por célula, largura de 60 x 60 mm e altura de 125 mm.

Neste primeiro experimento, foram avaliados o comprimento da parte aérea (cm) e do sistema radicular (cm), diâmetro do caule a nível do colo (mm), massa fresca (g) e massa seca (g) da parte aérea e das raízes, volume radicular (cm³), área superficial do sistema radicular (mm²) e diâmetro médio ponderado das raízes (mm). O comprimento da parte aérea e das raízes foi determinado com auxílio de régua graduada, enquanto o diâmetro do colo foi mensurado com paquímetro digital. A massa fresca da parte aérea e das raízes foi obtida por meio de pesagem em balança analítica. Para a determinação da massa seca, as amostras foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante. O diâmetro médio ponderado das raízes foi determinado por análise digital de imagens utilizando o software Safira®. Essa variável representa a média dos diâmetros radiculares ponderada pelo comprimento de cada segmento de raiz, proporcionando uma estimativa mais representativa da arquitetura do sistema radicular do que a média aritmética simples. O cálculo foi realizado conforme a Equação 1:

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

Onde:

DMP = diâmetro médio ponderado das raízes (mm);

Di = diâmetro do segmento radicular i (mm);

Li = comprimento do segmento radicular i (cm ou mm, conforme a unidade utilizada pelo software);

n = número total de segmentos radiculares avaliados.

A avaliação do sistema radicular das plantas ocorreu através da captura das imagens das raízes com uma câmera digital (13MP; 3264x1836px) e posterior processamento destas utilizando o software Safira v1.1 (Sistema de Análise de Fibras e Raízes, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Paulo, Brasil).

No segundo experimento conduzido foram testados diferentes bioinsumos. O experimento de bioinsumos foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos, sendo três bioinsumos e um tratamento controle.

As mudas foram produzidas em bandejas plásticas com 32 células quadradas, com capacidade volumétrica de 190 mL por célula. Utilizou-se substrato comercial composto por turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida e resíduos orgânicos, com capacidade de retenção de água de 55% (Carolina Soil). Os tratamentos utilizados estão descritos na tabela 1 e a seguir:

T1) Levedura Nativa, diluída em água sendo 12,8 mL;

T2) Bokashi FertPremium, líquido diluído em água, sendo diluído 12,8 mL de bokashi em 300 mL de água;

T3) *Trichoderma harzianum* (isolado IB19/17): 3,2 gramas diluídos em 300 mL de água;

T4) Controle: somente fertirrigação padrão do viveiro.

As doses utilizadas foram definidas com base nas recomendações dos fabricantes e/ou nos protocolos de utilização adotados pelo viveiro comercial parceiro. Os tratamentos foram aplicados por pulverização manual diretamente sobre as mudas, totalizando quatro aplicações realizadas em intervalos de sete dias.

A levedura nativa utilizada foi obtida do banco genético do Laboratório de Bioquímica de Leveduras (LabBioLev), isolada no município de Chapecó em Santa Catarina seguirão metodologias descrita por Camargo et al., 2023. Ainda não foi realizada identificação taxonômica específica nem quantificação da concentração celular do material utilizado.

Tabela 1. Caracterização dos bioinsumos utilizados na produção de mudas de tomate cultivar *Milagros*.

Tratamento	Identificação	Dose aplicada	Forma de aplicação	Frequência
T1	Levedura nativa*	12,8 mL por aplicação	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T2	Bokashi FertPremium®	12,8 mL diluídos em 300 mL de água	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T3	<i>Trichoderma harzianum</i> (isolado IB19/17)	3,2 g diluídos em 300 mL de água	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T4	Controle	Sem aplicação de bioinsumo	Manejo padrão do viveiro	—

* Obtida no banco genético do Laboratório de Bioquímica de Leveduras (LabBioLev), isolada no município de Chapecó.

O tratamento com *Trichoderma harzianum* utilizou o isolado IB19/17, aplicado conforme recomendação técnica do produto. O bokashi utilizado correspondeu ao produto comercial FertPremium®.

Os tratamentos foram aplicados 4 vezes, com intervalo de 7 dias entre cada aplicação, utilizando-se um borrifador manual. Aos 40 dias após a implantação do experimento, foram avaliadas as mesmas variáveis do experimento anterior com a mesma metodologia.

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Uma vez atendidos os pressupostos para análise paramétrica, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, correspondente a 95% de confiança. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2014).

3. Resultados e Discussão

Inicialmente serão apresentados na Tabela 2 os resultados do experimento relacionado ao tamanho dos recipientes. Os tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) apresentaram maior massa fresca e massa seca da parte aérea e sistema radicular, diferindo estatisticamente do T1 (bandeja de 128 células). Esse desempenho pode estar relacionado ao maior volume de substrato e à maior disponibilidade hídrica e nutricional, fatores que favorecem o crescimento vegetativo das mudas (GOMES *et al.*, 2002; FREITAS *et al.*, 2013). Resultados semelhantes foram relatados por Ferraz *et al.* (2016), que observaram aumento significativo da massa seca de raízes de mudas de tomateiro cultivadas em recipientes de maior volume, destacando que a limitação do espaço radicular compromete o desenvolvimento inicial das plantas.

Tabela 2. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate, cultivar *Milagros*, produzidas em diferentes tamanhos de células.

	Diâmetro médio do colo	Comprimento médio da parte aérea
T1**	2,5 ^{b*} ± 0,29	23,0 ^b ± 1,9
T2	3,4 ^a ± 0,3	26,7 ^a ± 1,3
T3	3,3 ^a ± 0,4	25,5 ^a ± 2,7

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05).

** Capacidade volumétrica de cada célula: T1) 23,6 mL; T2) 55,0 mL; T3) 190,0 mL.

Fonte: Os autores (2026).

A Tabela 2 apresenta que o diâmetro do colo e o comprimento da parte aérea das mudas de tomate *Milagros* foi significativamente influenciado pelo tamanho da célula do recipiente. Observa-se que as mudas produzidas nos tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) apresentaram o maior diâmetro de colo e comprimento da parte aérea, diferindo estatisticamente do T1 (bandeja de 128 células).

Esses resultados indicam que recipientes com maior volume disponível para o sistema radicular favorecem o crescimento do colo, provavelmente devido à menor restrição física às raízes e à maior disponibilidade de água e nutrientes. O diâmetro do colo é um importante indicador de qualidade de mudas, pois está associado à maior resistência mecânica, melhor estabelecimento no campo e

maior sobrevivência após o transplante. Esse comportamento é amplamente descrito na literatura para o tomateiro, uma vez que o crescimento da parte aérea está diretamente relacionado à capacidade de exploração radicular do substrato (OU *et al.*, 2023).

Recipientes de menor volume, como as bandejas de 128 células, tendem a limitar a expansão do sistema radicular, o que reduz o crescimento do caule e das folhas, mesmo quando as condições de irrigação e fertilização são adequadas. Segundo Rusu *et al.* (2023), a restrição do volume de substrato provoca alterações no crescimento das mudas, incluindo menor taxa de crescimento e menor acúmulo de biomassa, o que compromete a qualidade das mudas de hortaliças, especialmente do tomateiro.

O desempenho superior das mudas produzidas em recipientes maiores também está associado ao maior equilíbrio entre parte aérea e raízes. Leskovar (2001) e Ou *et al.* (2023) destacam que mudas de tomate com maior vigor inicial apresentam melhor adaptação após o transplante, maior uniformidade de crescimento e potencial aumento de produtividade, reforçando a importância do sistema de produção de mudas na fase inicial da cultura.

A Tabela 3 apresenta os resultados do Volume médio radicular, Área superficial de raízes, Diâmetro médio ponderado das raízes e Comprimento do sistema radicular de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas em diferentes tamanhos de células (23,60 mL, 55 mL e 190 mL). Podemos observar que as mudas produzidas nos recipientes de maior capacidade volumétrica, quais sejam T2 (tubete) e T3 (tubetão), apresentaram resultados estatisticamente superiores para todas as variáveis analisadas.

Esse resultado possui relevância prática para viveiros comerciais, uma vez que recipientes intermediários demandam menor volume de substrato, menor espaço de produção e menor custo operacional quando comparados aos recipientes de maior volume, podendo representar um ponto de equilíbrio entre qualidade das mudas e eficiência produtiva.

Estudos com produção de mudas hortícolas indicam que recipientes com maior volume tendem a produzir mudas com maior vigor, refletindo em melhor sobrevivência, crescimento inicial mais rápido e maior uniformidade das plantas no campo (FERREIRA *et al.*, 2017). Segundo Taiz *et al.* (2017), sistemas radiculares

mais extensos e ramificados aumentam a interface solo-raiz, favorecendo o crescimento inicial das plantas, especialmente após o transplântio.

Embora o uso de bandejas de maior número de células seja vantajoso do ponto de vista econômico e operacional, os resultados do presente estudo sugerem que essa prática pode comprometer a qualidade do sistema radicular das mudas de tomateiro.

Tabela 3. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm³), área superficial das raízes (mm²), diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento médio das raízes (cm) de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas em diferentes volumes de recipientes

	Volume médio radicular	Área superficial média das raízes	Diâmetro médio ponderado das raízes	Comprimento médio da raiz
T1**	744,1 ^{b*} ± 178,0	3919,8 ^b ± 483,3	23,3 ^b ± 3,4	11,6 ^b ± 2,2
T2	1127,0 ^a ± 297,3	6279,9 ^a ± 1176,3	30,6 ^a ± 7,7	17,9 ^a ± 1,4
T3	1180,8 ^a ± 114,4	5654,3 ^a ± 1296,6	29,2 ^a ± 4,4	19,3 ^a ± 2,4

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05).

** Capacidade volumétrica de cada célula: T1) 23,6 mL; T2) 55,0 mL; T3) 190,0 mL.

Fonte: Os autores (2026).

Além disso, raízes com maior Diâmetro médio ponderado das raízes, como observado nas mudas produzidas nos tratamentos 2 e 3, podem atuar como órgãos de reserva, contribuindo para a manutenção do metabolismo vegetal em condições de estresse hídrico ou nutricional no período pós-transplântio (KERBAUY, 2019). Essa característica é particularmente relevante em hortaliças transplantadas, como o tomateiro, que frequentemente enfrentam condições adversas logo após o estabelecimento no campo.

Em relação ao comprimento do sistema radicular, os maiores valores observados em mudas cultivadas nos tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) indicam que recipientes com maior volume permitem maior alongamento das raízes, favorecendo a formação de um sistema radicular mais eficiente. De acordo com Ou *et al.* (2023), mudas de tomateiro produzidas em recipientes maiores apresentam maior crescimento radicular e melhor desempenho no campo, especialmente nas primeiras semanas após o transplântio, período crítico para o

estabelecimento da cultura.

Estudos demonstram que recipientes de maior volume favorecem o crescimento e a qualidade das mudas, promovendo melhores características morfológicas e maior desenvolvimento radicular (GASPARIN et al., 2014). De forma semelhante, Oagile *et al.* (2016) relataram que recipientes maiores resultaram em mudas de tomate mais vigorosas, enquanto recipientes menores causaram restrição radicular e redução do crescimento inicial.

Além disso, recipientes de pequeno volume podem favorecer o enovelamento das raízes, o que compromete o crescimento posterior da planta, mesmo após o transplântio. Esses resultados estão em consonância com achados anteriores (SCHRADER, 2000; AL-MENAIE *et al.*, 2012), os quais demonstram que a redução do volume celular do recipiente intensifica o potencial de restrição radicular e que a diminuição do crescimento vegetal está associada ao uso de recipientes de menor tamanho. Conforme destacado por Robbins e Pharr (1988), o tamanho do recipiente exerce influência sobre o crescimento e desenvolvimento. Segundo Kämpf (2005), recipientes de pequeno volume podem induzir estresse precoce, restringindo o crescimento radicular e afetando negativamente a qualidade das mudas. Esse comportamento reforça a relação direta entre o volume do recipiente e o vigor das mudas, conforme descrito por Silva et al. (2014), que ressaltam que recipientes intermediários podem limitar parcialmente o crescimento das raízes.

Os resultados obtidos demonstram que o volume do recipiente exerceu influência direta sobre o crescimento das mudas de tomateiro. Os recipientes de maior capacidade volumétrica favoreceram o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, provavelmente em função da maior disponibilidade de substrato para crescimento das raízes e da maior capacidade de retenção de água e nutrientes. A limitação do crescimento das raízes compromete crescimento vegetativo, e com o sistema radicular pouco desenvolvido tendem a apresentar menor capacidade de estabelecimento no campo, refletindo em prejuízos ao desempenho produtivo (TAIZ et al., 2017; FILGUEIRA, 2013).

Portanto, os resultados reforçam que, para a produção de mudas de tomateiro de qualidade, a escolha do recipiente é um fator determinante. Embora recipientes menores permitam maior densidade de produção e redução de custos

no viveiro, recipientes de maior volume proporcionam mudas com melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, características essenciais para garantir maior sobrevivência, crescimento inicial mais rápido e melhor desempenho produtivo no campo (CARNEIRO, 1995).

Observa-se que o tratamento T2 (tubete) já é suficiente para o desenvolvimento adequado do sistema radicular, mesmo que o T3 (tubetão) tenha maior volume de célula maior ele não apresentou resultados superiores quanto ao desenvolvimento do sistema radicular. Isso pode ser explicado pelo tempo que a muda permanece no viveiro.

Além dos aspectos relacionados ao crescimento das mudas, os resultados possuem relevância prática para viveiros comerciais. O recipiente de 55 mL apresentou desempenho semelhante ao de 190 mL para diversas variáveis de crescimento e qualidade das mudas, indicando que volumes intermediários podem representar uma alternativa tecnicamente eficiente. Sob o ponto de vista operacional, recipientes menores demandam menor volume de substrato por muda, permitem maior densidade de produção por área e podem reduzir custos de transporte e manejo. Embora o presente estudo não tenha contemplado uma análise econômica formal, os resultados sugerem que recipientes intermediários podem contribuir para um equilíbrio entre qualidade das mudas e eficiência produtiva do viveiro.

A seguir são apresentados os resultados do segundo experimento que analisou o efeito de bioinsumos sobre mudas que foram produzidas em bandejas com capacidade volumétrica de 190,0 mL por célula.

Conforme Tabela 4, o tratamento T2 bokashi apresentou a maior massa fresca da parte aérea, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, o que indica efeito positivo desse insumo sobre o crescimento vegetativo. Esse resultado pode ser atribuído ao maior aporte de nutrientes e à melhoria das condições do solo proporcionadas pelo bokashi, favorecendo o crescimento vegetal e o acúmulo de biomassa. De acordo com Kiehl (2008) e Primavesi (2014), a aplicação de fertilizantes orgânicos contribui para o equilíbrio nutricional das plantas e para o aumento da produção de biomassa vegetal.

Os efeitos observados não podem ser atribuídos exclusivamente à atividade microbiológica do produto, uma vez que o bokashi também fornece nutrientes e

matéria orgânica ao sistema de cultivo. Entretanto, observou-se que o recipiente intermediário (55 mL) apresentou desempenho semelhante ao recipiente de maior volume (190 mL) para diversas variáveis avaliadas.

Esse resultado sugere que, para o período de permanência das mudas no viveiro adotado neste estudo, o aumento adicional do volume do recipiente não resultou em ganhos proporcionais de crescimento, indicando que recipientes de aproximadamente 55 mL já podem ser suficientes para a produção de mudas de qualidade da cultivar Milagros.

O tratamento T3 *Trichoderma harzianum* apresentou a menor massa fresca da parte aérea, diferindo estatisticamente do T2 bokashi e do T1 levedura nativa. Embora espécies de *Trichoderma harzianum* sejam frequentemente associadas à promoção de crescimento e ao controle biológico, sua eficiência pode variar em função da cepa utilizada, da dose aplicada e das condições edafoclimáticas. Segundo Harman *et al.* (2004), os efeitos positivos desse fungo sobre o crescimento vegetal nem sempre são imediatos ou expressivos, podendo depender de interações específicas com o sistema solo-planta.

O tratamento T2 bokashi proporcionou o maior valor médio de massa fresca das raízes, diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos. Esse resultado evidencia o efeito positivo do bokashi no desenvolvimento do sistema radicular, possivelmente em função da maior disponibilidade de nutrientes e da melhoria das condições biológicas do solo promovidas pela matéria orgânica fermentada e pelos microrganismos associados a esse insumo. De acordo com Kiehl (2008), fertilizantes orgânicos fermentados favorecem a estrutura do solo e estimulam a rizosfera, criando condições propícias ao crescimento das raízes.

Tabela 4. Massa fresca da parte aérea, Massa seca da parte aérea, Massa fresca das raízes e Massa seca das raízes em gramas, de mudas de tomate cultivar *Milagros*, produzidas com diferentes bioinsumos.

	Massa fresca aérea	Massa Seca aérea	Massa fresca raiz	Massa Seca raiz
T1**	3,38 ^{b*} ± 0,43	0,46 ^{a,b} ± 0,09	1,27 ^b ± 0,19	0,15 ^a ± 0,03
T2	4,38 ^a ± 0,39	0,51 ^a ± 0,05	1,48 ^a ± 0,19	0,17 ^a ± 0,02
T3	2,90 ^c ± 0,34	0,40 ^b ± 0,07	0,88 ^c ± 0,11	0,16 ^a ± 0,03

T4	3,32 ^{b,c} ± 0,23	0,41 ^b ± 0,05	0,98 ^c ± 0,06	0,14 ^a ± 0,02
----	----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

Na Tabela 4 podemos observar que a massa seca da parte aérea apresentou diferença entre os tratamentos. O tratamento T2 bokashi apresentou o maior valor médio de massa seca da parte aérea, não diferindo estatisticamente do T1 levedura nativa, porém diferindo significativamente dos demais tratamentos. O T3 *Trichoderma harzianum* não apresentou diferença significativa da testemunha, assim como o T1 levedura nativa.

Os valores médios da massa seca das raízes das plantas de tomate da cultivar Milagros submetidas aos tratamentos T1 levedura nativa, T2 bokashi, T3 *Trichoderma harzianum* T4 testemunha sem tratamento (Tabela 3), não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados para essa variável.

Apesar de o tratamento T2 bokashi apresentar, em termos absolutos, maior valor médio de massa seca das raízes, esse incremento não foi suficiente para diferenci-lo estatisticamente dos demais tratamentos. Da mesma forma, os tratamentos levedura, testemunha e *Trichoderma harzianum* apresentaram valores semelhantes, indicando que, nas condições experimentais do presente estudo, os diferentes insumos não influenciaram significativamente o acúmulo de biomassa radicular seca.

A ausência de diferenças estatísticas para a massa seca das raízes, em contraste com os resultados observados para a massa fresca das raízes, sugere que os tratamentos podem ter influenciado principalmente o conteúdo de água e a expansão celular do sistema radicular, sem promover alterações expressivas na deposição de matéria seca estrutural. Esse comportamento é comum em experimentos de curta duração ou em estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, que precedem mudanças no acúmulo efetivo de biomassa (TAIZ *et al.*, 2017).

No caso do T2 bokashi, embora tenha sido observado efeito positivo sobre a massa fresca das raízes, o que indica maior desenvolvimento radicular, tal efeito não se refletiu em aumento significativo da massa seca. Isso pode estar relacionado ao fato de que fertilizantes orgânicos fermentados promovem inicialmente melhorias na absorção de água e na atividade metabólica das raízes, enquanto o acúmulo de matéria seca ocorre de forma mais gradual ao longo do ciclo da cultura (KIEHL, 2008).

Quanto ao tratamento T3 *Trichoderma harzianum*, a semelhança em relação à Testemunha reforça a hipótese de que, na ausência de estresse biótico ou de condições específicas de interação, esse microrganismo pode não promover incrementos significativos na biomassa radicular seca. Segundo Harman *et al.* (2004), os efeitos de *Trichoderma harzianum* sobre o crescimento das plantas dependem de fatores ambientais, da estirpe utilizada e do tempo de colonização do sistema radicular.

Observa-se na tabela 5, que os tratamentos T2 bokashi e T1 levedura Nativa apresentaram os maiores valores de diâmetro do colo, não diferindo estatisticamente entre si. Esse resultado indica que ambos proporcionaram maior espessamento do colo, característica diretamente associada ao vigor das mudas e à maior capacidade de sustentação da parte aérea após o transplântio.

O tratamento com T1 levedura nativa apresentou valor absoluto intermediário, não diferindo estatisticamente dos tratamentos T3 *Trichoderma harzianum* e T4- testemunha. Esse comportamento sugere que a levedura exerceu efeito moderado sobre o espessamento do colo, possivelmente relacionado à produção de compostos bioativos que estimulam o crescimento, porém sem impacto tão expressivo quanto o observado para os tratamentos de maior desempenho.

Por outro lado, o *Trichoderma harzianum* resultou no menor diâmetro do colo, não diferindo estatisticamente da testemunha. Esse resultado indica que, nas condições do experimento, o uso de *Trichoderma harzianum* não favoreceu o espessamento do colo das mudas. Embora esse microrganismo seja reconhecido por promover o crescimento vegetal e a sanidade das plantas, seus efeitos podem estar mais relacionados ao desenvolvimento radicular e à proteção contra patógenos, não se refletindo necessariamente em maior diâmetro do colo na fase

inicial das mudas.

Tabela 5. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas com diferentes bioinsumos.

	Diâmetro do médio do colo	Comprimento médio da parte aérea
T1**	3,72 ^{a,b*} ± 0,33	29,08 ^a ± 2,15
T2	4,01 ^a ± 0,19	32,17 ^a ± 2,25
T3	3,49 ^b ± 0,34	25,23 ^a ± 1,10
T4	3,61 ^b ± 0,12	26,43 ^a ± 1,40

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

Observa-se na tabela 5 que os tratamentos não diferiram entre si quanto ao crescimento absoluto da parte aérea. Embora espécies do gênero *Trichoderma harzianum* sejam amplamente reconhecidas como promotoras de crescimento vegetal, seus efeitos podem variar conforme a cepa, a dose, o estágio da planta e as condições ambientais (HARMAN *et al.*, 2004). Além disso, diversos estudos indicam que o principal benefício do *Trichoderma harzianum* está associado à promoção do crescimento radicular e à proteção contra fitopatógenos, o que nem sempre se reflete diretamente em maior alongamento da parte aérea nas fases iniciais (MONTE *et al.*, 2019).

A tabela 6 evidencia o efeito de diferentes tratamentos sobre o volume radicular das plantas de tomate da cultivar Milagros, permitindo inferir resposta de crescimento relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular. Observa-se que o tratamento T2 bokashi apresentou o maior volume radicular, diferindo significativamente dos demais tratamentos, os quais apresentaram os menores valores médios. Segundo a literatura, fertilizantes orgânicos fermentados podem promover maior exploração do solo pelas raízes, aumentando a absorção de água

e nutrientes, o que se reflete em maior biomassa radicular.

Tabela 6. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm³), área superficial de raízes (mm²) Diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento do sistema radicular (cm) de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas com diferentes tratamentos de bioinsumos

	Volume médio radicular	Área superficial das raízes	Diâmetro médio ponderado das raízes	Comprimento raiz
T1	3412,8 ^b ± 721,7	12493,8 ^b ± 2416,1	50,9 ^b ± 4,4	20,9 ^a ± 2,2
T2	6033,8 ^a ± 2887,5	20124,9 ^a ± 8818,1	66,9 ^a ± 19,4	21,4 ^a ± 2,6
T3	2681,2 ^b ± 1268,7	9315,7 ^b ± 3905,3	39,2 ^b ± 11,3	21,1 ^a ± 2,3
T4	3644,9 ^b ± 1173,7	12308,0 ^b ± 3219,4	46,5 ^b ± 10,5	18,9 ^a ± 1,3

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

Os tratamentos T1 levedura nativa e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram significativamente do T4 testemunha sem tratamento. Apesar de esses agentes serem frequentemente associados à promoção de crescimento vegetal e à melhoria da saúde do solo, sua eficácia pode depender de fatores como dose, forma de aplicação, condições edafoclimáticas e interação com a microbiota nativa do solo. Assim, os resultados obtidos sugerem que, nas condições do presente estudo, tais tratamentos não foram suficientes para estimular o desenvolvimento radicular. Esse comportamento pode estar relacionado à variabilidade experimental ou à capacidade intrínseca da cultura em manter o desenvolvimento radicular mesmo na ausência de tratamentos específicos.

Os resultados demonstram que o tratamento T2 bokashi se destacou como o tratamento mais eficiente na promoção da área superficial radicular, o que pode resultar em maior capacidade de absorção de recursos e, conseqüentemente, melhor desempenho das plantas. Esses resultados corroboram estudos que apontam os benefícios do uso de insumos orgânicos no desenvolvimento do sistema radicular e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas (PRIMAVESI, 2014;

SOUZA; RESENDE, 2014). Os tratamentos T1 levedura nativa e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram significativamente do T4 testemunha sem tratamento.

Observa-se também na Tabela 6 que o tratamento com bokashi apresentou os maiores valores de diâmetro médio ponderado das raízes. Como essa variável considera simultaneamente o diâmetro e o comprimento dos segmentos radiculares, os resultados sugerem alterações na arquitetura do sistema radicular, com maior participação relativa de raízes de maior diâmetro. Esse comportamento pode estar associado à melhoria das condições nutricionais e biológicas do substrato promovida pelo bokashi, favorecendo o desenvolvimento radicular das mudas. Compostos orgânicos fermentados, como o bokashi, podem estimular a atividade microbiana do solo e favorecer o crescimento vegetal, contribuindo para o desenvolvimento radicular das plantas (CAMATTI-SARTORI et al., 2011; MAGRINI et al., 2011).

Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores e não diferiram estatisticamente entre si. Esse resultado sugere que o substrato padrão já oferecia condições adequadas para o desenvolvimento radicular básico, permitindo a formação de raízes com, mesmo com tratamentos com a levedura nativa e *Trichoderma harzianum*. De acordo com Taiz et al. (2017), o espessamento das raízes está relacionado não apenas à nutrição, mas também às propriedades físicas do substrato, como aeração e retenção de água.

Embora as leveduras possam produzir fitormônios e compostos bioativos capazes de estimular o crescimento vegetal, seus efeitos sobre o sistema radicular dependem da dose e da forma de aplicação, podendo ser menos expressivos quando utilizadas isoladamente (KUMAR et al., 2018).

Apesar de *Trichoderma spp.* serem reconhecidos como promotores de crescimento radicular, diversos estudos indicam que seu principal efeito está associado ao aumento da ramificação e da área superficial das raízes (HARMAN et al., 2004; MONTE et al., 2019). Assim, é possível que o *Trichoderma harzianum* tenha promovido alterações morfológicas no sistema radicular que não foram captadas por essa variável específica.

Assim como ocorreu quanto ao comprimento da parte aérea, o comprimento do sistema radicular das mudas de tomate da cultivar *Milagros* observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados.

Esse resultado indica que os bioinsumos bokashi, levedura e *Trichoderma harzianum*, bem como a testemunha, promoveram respostas semelhantes quanto ao alongamento das raízes nas condições do experimento.

A ausência de efeito significativo dos bioinsumos sobre o comprimento do sistema radicular pode estar relacionada a diferentes fatores. Um deles é a adequação nutricional do substrato base, que pode ter suprido de forma satisfatória as exigências das mudas nessa fase inicial de desenvolvimento, reduzindo a expressão de possíveis benefícios adicionais oriundos dos bioinsumos. Segundo Taiz *et al.* (2017), o crescimento radicular inicial é fortemente influenciado pela disponibilidade hídrica e pelas características físicas do substrato, como porosidade e aeração, podendo ser menos sensível a incrementos nutricionais em curto prazo.

De forma geral, os resultados demonstram que o tratamento T2 bokashi foi o mais eficiente na promoção do crescimento radicular, sendo que o T1 levedura e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram do T4 testemunha. Esses achados reforçam a importância do uso de insumos orgânicos fermentados no manejo sustentável da fertilidade do solo, especialmente quando o objetivo é estimular o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

De modo geral, os resultados obtidos evidenciam que a resposta das mudas de tomate da cultivar *Milagros* aos diferentes bioinsumos foi variável, dependendo do parâmetro morfológico avaliado. O bokashi destacou-se consistentemente como o tratamento mais eficiente, promovendo incrementos significativos no crescimento da parte aérea, no vigor do sistema radicular e no acúmulo de biomassa, tanto fresca quanto seca, em comparação aos demais tratamentos. Esses resultados confirmam o potencial do bokashi como insumo orgânico capaz de melhorar simultaneamente a nutrição e a atividade biológica do substrato, refletindo-se positivamente na qualidade das mudas.

Embora o bokashi tenha apresentado os melhores resultados para diversas variáveis morfológicas e radiculares avaliadas, deve-se considerar que os efeitos observados podem estar relacionados tanto à atividade microbiológica associada ao produto quanto ao aporte adicional de nutrientes e matéria orgânica disponibilizados pelo bioinsumo. Dessa forma, o presente estudo não permite distinguir de forma isolada os efeitos biológicos e nutricionais do bokashi, uma vez

que não foram incluídos tratamentos capazes de controlar separadamente esses fatores. Assim, os resultados devem ser interpretados como decorrentes do efeito combinado das características nutricionais e biológicas do produto.

De modo geral, verificou-se resposta diferenciada entre os bioinsumos avaliados. O bokashi apresentou desempenho superior para a maioria das variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo e ao desenvolvimento radicular. A levedura nativa apresentou resultados intermediários, enquanto o tratamento com *Trichoderma harzianum* não promoveu incrementos expressivos nas condições avaliadas. Nas condições deste estudo e para as variáveis morfológicas mensuradas, o isolado IB19/17 e a dose utilizada não promoveram incrementos significativos no crescimento das mudas. Entretanto, diversos estudos relatam que os efeitos de *Trichoderma* podem ser mais evidentes em situações de estresse biótico ou abiótico, na presença de fitopatógenos ou em condições de maior interação com a microbiota do substrato. Dessa forma, a ausência de resposta positiva observada neste trabalho não invalida o potencial agrônomo do microrganismo, mas indica que seus efeitos não foram expressivos nas condições específicas avaliadas.

O crescente uso de bioinsumos na agricultura brasileira tem ampliado o interesse por alternativas capazes de reduzir a dependência de insumos externos e fortalecer a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Em sistemas orgânicos e agroecológicos, esses produtos assumem papel estratégico por contribuírem para a ciclagem de nutrientes, a melhoria das propriedades biológicas do solo e a promoção do crescimento vegetal. Nesse contexto, a avaliação de bioinsumos na fase de produção de mudas torna-se particularmente relevante, uma vez que o estabelecimento inicial das plantas representa uma etapa decisiva para o desenvolvimento subsequente da cultura. Os resultados obtidos neste estudo reforçam o potencial de determinadas tecnologias biológicas, especialmente do bokashi, como ferramentas complementares para a produção de mudas em sistemas orgânicos, aspecto considerado estratégico para a expansão da agricultura orgânica e do uso de bioinsumos no Brasil (CASTRO, 2020; RESENDE, 2014).

Algumas limitações do presente estudo devem ser consideradas. O trabalho foi conduzido exclusivamente na fase de viveiro, não sendo avaliados o

estabelecimento das mudas após o transplântio, a sobrevivência em campo ou a produtividade da cultura. Além disso, não foi possível separar experimentalmente os efeitos nutricionais e microbiológicos dos bioinsumos utilizados, especialmente no tratamento com bokashi. Também não foi realizada caracterização microbiológica detalhada da levedura nativa empregada no estudo. Além disso, a levedura utilizada foi avaliada como um bioinsumo experimental, sem identificação taxonômica ou caracterização microbiológica detalhada, o que limita a reprodutibilidade direta dos resultados e indica a necessidade de estudos futuros voltados à sua identificação, padronização e validação agrônômica.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL constituem alternativa adequada para a produção de mudas de tomateiro da cultivar Milagros. Da mesma forma, o uso de bokashi mostrou-se promissor para incrementar a qualidade morfológica das mudas produzidas em sistema orgânico.

Estudos futuros devem avaliar o desempenho das mudas após o transplântio, bem como investigar separadamente os efeitos nutricionais e microbiológicos dos bioinsumos, permitindo compreender de forma mais precisa os mecanismos envolvidos nas respostas observadas.

Os resultados obtidos contribuem para o entendimento do papel dos bioinsumos na produção de mudas de tomate orgânico, destacando a importância da escolha adequada do insumo de acordo com os objetivos do sistema produtivo e as condições edafoclimáticas locais.

4. Conclusões

Os resultados indicam que recipientes com maior volume favorecem a qualidade das mudas produzidas, podendo contribuir para melhor desempenho inicial após o transplântio. Entretanto, estudos complementares em condições de campo são necessários para confirmar possíveis reflexos sobre produtividade e rendimento da cultura.

O tratamento com bokashi promoveu melhorias significativas no crescimento da parte aérea, no desenvolvimento do sistema radicular e no acúmulo de biomassa das mudas de tomate da cultivar Milagros. Esses efeitos podem estar associados à combinação do aporte de nutrientes, matéria orgânica e atividade

biológica proporcionados pelo produto.

A levedura apresentou efeito intermediário, sugerindo potencial como bioestimulante, porém com eficiência inferior ao bokashi quando utilizada isoladamente.

O *Trichoderma harzianum* não promoveu incrementos significativos nas variáveis morfológicas avaliadas nas condições do experimento, indicando que seus efeitos podem estar mais relacionados à sanidade vegetal do que ao crescimento inicial das mudas.

Nas condições deste estudo, o bokashi constituiu a alternativa que proporcionou o melhor desempenho das mudas, representando uma opção promissora para a produção orgânica de tomate. Estudos futuros deverão avaliar separadamente os efeitos nutricionais e microbiológicos desse bioinsumo sobre o desenvolvimento das mudas.

Estudos futuros devem avaliar o desempenho das mudas após o transplante, visando verificar a persistência dos efeitos observados na fase de viveiro e sua eventual relação com a produtividade da cultura.

Agradecimentos.

Os autores agradecem ao FLD/Programa CAPA de Agroecologia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - 302484/2022-1 e CNPq – 401351/2025-4), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - 001), ao apoio do Centro de Pesquisa em Bioprocessos e Biotecnologia para Alimentos (Biofood), que é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS-22/2551-0000397-4 e 24/2551-0001209-5), FINEP (01.24.0463.00) e Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pelo apoio financeiro.

Referências

AL-MENAIE, H. S.; AL-RAGOM, O.; AL-DOSSARI, T. *Effect of pot size on the growth and multiplication of water lilies (Nymphaea spp.)*. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, v. 12, n. 2, p. 148–153, 2012.

ALTOMARE, Claudio et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.

BENÍTEZ, Tatiana et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, Barcelona, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.

BHOGAL, Amritpal; SINGH, Yadvinder; GOSAL, Sukhjinder K. Bokashi: a potential organic waste management strategy. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, Cham, v. 7, n. 4, p. 281-289, 2018.

BONONI, Laura et al. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 2858, 2020.

CAMARGO, A.F. et al. The bioherbicidal potential of isolated fungi cultivated in microalgal biomass. *BIOPROC. BIOSYST. ENG.* 46, 665-679, 2023

CAMATTI-SARTORI, V.; MAGRINI, F. E.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Avaliação microbiológica, pH e umidade de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Cadernos de Agroecologia*, v. 4, n. 1, 2009.

CARNEIRO, J. G. A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos dos Goytacazes: UENF, 1995. 451 p.

CASTRO, Ana M. G. Bioinsumos na agricultura: conceitos, aplicações e perspectivas. *Cadernos de Agroecologia*, Recife, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2020.

DE PAULA VICENTE, Nelma Ferreira et al. Uma revisão bibliográfica sobre bokashi dos últimos 20 anos. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e279108339-e279108339, 2020

De SOUZA, Jacimar L. et al. Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Incaper, 2015, 373 p.

FERRAZ, Rodrigo L. S. et al. Produção de mudas de tomateiro em diferentes volumes de recipientes. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 357–364, 2016.

FERREIRA, Daniel F. *Sisvar: sistema de análise de variância*. Lavras: UFLA, 2014.

FERREIRA, M. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; COSTA, L. V. Crescimento inicial de itaúba e macacaúba em recipientes de diferentes tamanhos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 499–508, 2017. DOI: 10.5902/1980509827731

FILGUEIRA, Fernando A. R. *Novo manual de olericultura*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

FREITAS, Tatiana A. S. et al. Qualidade de mudas em função do tipo e volume de recipientes. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 2, p. 293–302, 2013.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e

no campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553–563, 2014. DOI: 10.5902/1980509815731.

GOMES, José M. et al. Crescimento e qualidade de mudas produzidas em diferentes recipientes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2002.

GUARÇONI, André et al. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. Incaper em Revista, p. 22-42, 2019

HARMAN, Gary E. et al. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, London, v. 2, p. 43-56, 2004.

HOWELL, Charles R. et al. *Trichoderma* spp. as biological control agents. *Plant Disease*, St. Paul, v. 91, n. 1, p. 4-14, 2007.

KÄMPF, Atalene N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Porto Alegre: Agrobook, 2005.

KHAFAGI, O.M.A. et al. Effect of some organic fertilizers on soil properties and wheat plant growth and yield. *African Journal of Mycology and Bitechology*, v. 22, .2, p.23-38, 2017

KIEHL, Eurípedes J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008.

KUMAR, Akhilesh; VERMA, Jay Prakash. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? *Microbiological research*, v. 207, p. 41-52, 2018.

LESKOVAR, Daniel I.; STOFFELLA, Peter J. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. *HortScience*, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1153–1159, 2001.

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Agrarian*, v. 4, n. 12, p. 146–151, 2011.

MENDONÇA, Johny Jesus et al. Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.25, n 2, 2020

MONTE, Enrique et al. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa, p.181-199, 2019.

NADAI, Fábio. B. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 3, p. 261-267, 2015.

OAGILE, O.; GABOLEMOGWE, P.; MATSUANE, C.; MATHOWA, T. *Effect of container size on the growth and development of tomato seedlings*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 5, n. 4, p. 890–896, 2016. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.504.100.

OU, Xi et al. Effects of nutrient solution management modes on fruit production and quality of tomatoes grown in extremely root restriction. *Scientia Horticulturae*, v. 321, p. 112366, 2023.

PRIMAVESI, Ana. *Manejo ecológico do solo*. 3. ed. São Paulo: Nobel, 2014.

ROBBINS, N. S.; PHARR, D. M. Effect of restricted root growth on carbohydrate metabolism and whole plant growth of *Cucumis sativus* L. *Plant Physiology*, v. 87, n. 2, p. 409-413, 1988.

RODRIGUES, Lucas R. et al. Sustentabilidade na produção de mudas de hortaliças orgânicas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 178-185, 2021.

RUSU, Oana R. et al. Interaction effects of cultivars and nutrition on quality and yield of tomato. *Horticulturae*, v. 9, n. 5, p. 541, 2023.

SANTOS, Antônio. B. et al. Substratos para produção de mudas de hortaliças em bandejas. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 159–167, 2021.

SCHRADER, J. A. *Container volume and fertilization affect growth and nutrient status of flowering cabbage and kale*. HortTechnology, v. 10, n. 3, p. 623–626, 2000.

SILVA, Emanuel A. et al. Crescimento e qualidade de mudas de tomateiro em diferentes recipientes. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 216–222, 2014.

SOUZA, José L.; RESENDE, Patrícia. *Manual de horticultura orgânica*. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian M.; MURPHY, Angus. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A produção de mudas constitui uma das etapas mais determinantes para o sucesso do cultivo do tomateiro, especialmente em sistemas orgânicos, nos quais o estabelecimento inicial das plantas influencia diretamente o desenvolvimento da cultura e o desempenho produtivo. Nesse contexto, esta dissertação buscou contribuir para o aprimoramento de tecnologias aplicadas à produção de mudas, avaliando a interação entre diferentes recipientes e bioinsumos sob condições de cultivo orgânico.

Os resultados obtidos demonstraram que a escolha do recipiente exerce influência significativa sobre o crescimento e a qualidade das mudas, evidenciando que recipientes com maior volume proporcionam melhor desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. Entretanto, observou-se que recipientes de volume intermediário apresentaram melhor equilíbrio entre crescimento vegetativo, qualidade das mudas e potencial de desempenho após o transplante, indicando que o maior volume disponível nem sempre resulta em maior eficiência agrônômica.

Da mesma forma, verificou-se que a utilização de bioinsumos promoveu efeitos positivos sobre o desenvolvimento das mudas, reforçando o potencial dessas tecnologias como ferramentas para a produção orgânica. A utilização de microrganismos e compostos orgânicos contribuiu para a melhoria do crescimento vegetal e da qualidade do sistema radicular, demonstrando que o manejo biológico representa uma alternativa promissora para reduzir a dependência de insumos sintéticos e fortalecer processos naturais relacionados à fertilidade do substrato e ao desenvolvimento das plantas.

Além das contribuições experimentais, os resultados obtidos apresentam importante relevância prática. A pesquisa foi desenvolvida em consonância com um projeto regional voltado ao fortalecimento da cadeia produtiva do tomate orgânico no Alto Uruguai Gaúcho, permitindo que o conhecimento gerado fosse transferido para agricultores familiares por meio da produção regional de mudas e da adoção das tecnologias avaliadas. A validação dessas práticas em propriedades rurais evidenciou seu potencial de aplicação, demonstrando que a integração entre pesquisa científica, extensão rural e organização dos produtores constitui estratégia eficiente para promover inovação, sustentabilidade e desenvolvimento regional.

Sob o ponto de vista científico, este estudo amplia o conhecimento sobre a produção de mudas de tomate em sistema orgânico ao demonstrar que a interação entre recipientes e bioinsumos influencia diretamente a qualidade morfológica das mudas e, conseqüentemente, seu potencial de estabelecimento no campo. Essas informações contribuem para o avanço das pesquisas relacionadas ao manejo biológico de hortaliças e fornecem subsídios para o desenvolvimento de novos estudos envolvendo diferentes cultivares, substratos, microrganismos promotores de crescimento e condições ambientais.

Do ponto de vista tecnológico, os resultados oferecem informações que podem subsidiar viveiristas, técnicos e agricultores na adoção de práticas mais eficientes para a produção de mudas, contribuindo para o aumento da produtividade, da qualidade dos cultivos e da sustentabilidade dos sistemas de produção orgânica. A utilização de tecnologias biológicas e de recipientes adequados representa uma alternativa viável para fortalecer a autonomia dos produtores, reduzir custos de produção e estimular a consolidação de cadeias regionais de fornecimento de mudas.

Por fim, conclui-se que a produção de mudas de elevada qualidade, associada ao uso racional de bioinsumos e à escolha adequada dos recipientes, constitui uma estratégia tecnicamente consistente para o fortalecimento da tomaticultura orgânica. Os resultados desta dissertação demonstram que a geração de conhecimento científico, quando articulada às demandas da agricultura familiar e aos processos de transferência de tecnologia, pode contribuir de forma efetiva para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis, resilientes e capazes de promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental das regiões produtoras.

5 TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram o potencial da utilização de diferentes recipientes e bioinsumos na produção de mudas de tomate em sistema orgânico. Entretanto, a complexidade das interações entre fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o desenvolvimento das mudas evidencia a necessidade de continuidade das investigações, visando ampliar o conhecimento científico e aprimorar as recomendações técnicas para o setor produtivo.

Como perspectiva futura, recomenda-se a realização de estudos que acompanhem o desempenho das mudas durante todo o ciclo da cultura, permitindo estabelecer relações entre a qualidade das mudas produzidas em viveiro, o desenvolvimento vegetativo, a produtividade, a qualidade dos frutos e a rentabilidade econômica da produção.

Também se recomenda a ampliação dos estudos envolvendo diferentes cultivares de tomate, uma vez que a resposta aos recipientes e aos bioinsumos pode variar em função das características genéticas de cada material. Da mesma forma, a avaliação de novos substratos orgânicos, combinações de bioinsumos e diferentes estratégias de manejo microbiológico poderá contribuir para o desenvolvimento de protocolos mais eficientes para a produção de mudas.

Considerando a crescente importância da agricultura de base agroecológica, recomenda-se ainda a realização de estudos envolvendo diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de produção, possibilitando validar as tecnologias avaliadas em distintas regiões produtoras e ampliar sua aplicabilidade em propriedades de agricultura familiar.

Por fim, sugere-se a continuidade do projeto regional de fortalecimento da produção orgânica de tomate no Alto Uruguai Gaúcho, incorporando novas famílias agricultoras e ampliando as ações de transferência de tecnologia, capacitação técnica e produção regional de mudas. A integração entre instituições de ensino e pesquisa, assistência técnica, cooperativas e agricultores poderá contribuir para consolidar uma cadeia regional de produção de mudas de elevada qualidade, fortalecendo a sustentabilidade da tomaticultura orgânica e promovendo o desenvolvimento socioeconômico da região.

6 IMPACTOS E APLICABILIDADE DOS RESULTADOS

A pesquisa científica na área das ciências agrárias adquire maior relevância quando os conhecimentos produzidos extrapolam o ambiente acadêmico e contribuem efetivamente para a solução de problemas enfrentados pelo setor produtivo. Nesse contexto, os resultados obtidos nesta dissertação apresentam potencial de aplicação imediata na produção de mudas de tomate em sistema orgânico, fornecendo informações técnicas que podem subsidiar produtores rurais, viveiristas, profissionais da assistência técnica e instituições de pesquisa na adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis.

A avaliação conjunta de diferentes recipientes e bioinsumos permitiu identificar estratégias capazes de melhorar a qualidade das mudas, proporcionando melhor desenvolvimento do sistema radicular e maior vigor das plantas durante a fase de viveiro. Essas informações constituem importante ferramenta para o aperfeiçoamento dos sistemas de produção de mudas, etapa reconhecida como determinante para o desempenho agrônomo da cultura após o transplante.

A aplicabilidade dos resultados foi reforçada por meio de sua inserção em um projeto regional de fortalecimento da produção orgânica de tomate desenvolvido no Alto Uruguai Gaúcho. A articulação entre instituições de pesquisa, produção de mudas, assistência técnica e organizações da agricultura familiar possibilitou que o conhecimento gerado fosse transferido diretamente aos produtores, aproximando a pesquisa científica das demandas reais do setor produtivo.

No âmbito desse projeto, a tecnologia para produção de mudas regionalmente serão disponibilizadas a Cooperativa Nossa Terra, beneficiando inicialmente oito famílias de agricultores familiares. Essa estratégia contribuiu para reduzir a dependência de mudas provenientes de outras regiões, fortalecendo a autonomia dos produtores e estimulando a consolidação de uma cadeia regional de produção de mudas adaptadas às condições edafoclimáticas locais.

Embora o acompanhamento das propriedades participantes não tenha integrado o delineamento experimental desta dissertação, observou-se incremento da produtividade média das plantas de aproximadamente 500 g para cerca de 1,38 kg de frutos por planta entre as safras de 2025 e 2026. Esses resultados indicam

que a adoção de tecnologias fundamentadas em princípios biológicos pode contribuir significativamente para o fortalecimento da tomaticultura orgânica regional.

Além dos benefícios diretamente relacionados à produtividade, a utilização de bioinsumos e o aperfeiçoamento da produção de mudas apresentam impactos positivos sobre a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. O estímulo à atividade biológica do solo, a redução da dependência de insumos químicos e o fortalecimento dos processos naturais de ciclagem de nutrientes estão alinhados aos princípios da agroecologia e contribuem para sistemas de produção mais resilientes, eficientes e ambientalmente responsáveis.

Outro aspecto relevante refere-se ao potencial de replicação das tecnologias avaliadas. Os conhecimentos gerados nesta pesquisa podem ser adaptados para diferentes regiões produtoras que utilizam mudas transplantadas, ampliando o alcance dos resultados e contribuindo para o desenvolvimento de novos protocolos de produção baseados em bioinsumos e no manejo sustentável do sistema radicular.

Do ponto de vista institucional, esta dissertação fortalece a integração entre ensino, pesquisa e extensão, demonstrando que a geração de conhecimento científico pode ser acompanhada por ações concretas de transferência de tecnologia e inovação. A aproximação entre universidade, cooperativas, viveiros e agricultores familiares evidencia o papel estratégico das instituições de ensino superior na promoção do desenvolvimento regional e na construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Dessa forma, os resultados obtidos ultrapassam a contribuição científica proporcionada pelo artigo que integra esta dissertação, constituindo também uma referência para programas de assistência técnica, capacitação de agricultores e formulação de projetos voltados ao fortalecimento da produção orgânica de hortaliças. A continuidade dessas ações poderá ampliar o impacto social, econômico e ambiental do conhecimento produzido, consolidando uma rede regional de inovação voltada à produção sustentável de alimentos.

ANEXO:

Neste anexo são apresentadas as informações que não constaram no artigo publicado.

Os resultados da tabela A1 do anexo são apresentados e discutidos no artigo, porém a tabela não consta.

Tabela A1. Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca das raízes e massa seca das raízes de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas em diferentes tamanhos de células

	Massa Úmida aérea	Massa Seca aérea	Massa Úmida raiz	Massa Seca raiz
T1**	2,0 ^{b*} ± 0,3	0,20 ^a ± 0,04	0,30 ^b ± 0,08	0,05 ^b ± 0,01
T2	2,9 ^a ± 0,4	0,06 ^b ± 0,02	0,49 ^a ± 0,14	0,19 ^a ± 0,04
T3	2,6 ^a ± 0,3	0,21 ^a ± 0,06	0,41 ^a ± 0,15	0,15 ^a ± 0,02

*Dados representam média ± DP (n =14). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey (p < 0,05).

** T1 - 23,60 mL de capacidade volumétrica de cada célula, T2 - 55 mL de capacidade volumétrica de cada célula e T3 - 190 ml de capacidade volumétrica de cada célula.

Na tabela A2 do anexo, é apresentado a avaliação da produção de frutos a campo a partir das mudas desenvolvidas em diferentes tamanhos de células, foram feitas avaliações visuais de mensuração. Observa-se que tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) apresentaram maior produção por parcela, respectivamente. Entretanto, o T1 (bandeja de 128 células), apresentou uma maior quantidade de frutos grandes de tamanho maior, quando comparados aos tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão). Cabe ressaltar que como a produção tem objetivo industrial o fator mais importante é a produção.

Devido a problemas operacionais na colheita dos frutos, optou-se por não incluir esta avaliação no artigo. Embora esses dados não tenham sido incluídos no artigo em razão de limitações operacionais durante a colheita, eles são apresentados em anexo como informação complementar, os resultados obtidos evidenciam que a escolha adequada do recipiente na fase de viveiro é um fator determinante para a produção de mudas de tomate de alta qualidade, impactando diretamente o crescimento inicial das plantas e seu potencial de estabelecimento no campo.

Tabela A2. Avaliação da produção de frutos a campo a partir das mudas desenvolvidas em diferentes tamanhos de células.

Tamanho das frutas de tomate	Produção T1 (bandeja de 128 células)	Produção T2 (tubete)	Produção T3 (tubetão)	Classificação
Gigante	2	1	1	Maior que 100mm
Grande	10	1	2	Maior que 80 até 100mm
Médio	14	22	13	Maior que 65 até 80 mm
Pequeno	1	20	12	Maior que 50 até 65 mm
Descarte	7	18	12	Menor que 50mm
TOTAL (kg por parcela de 5 plantas)	4,19	5,78	4,98	

Quanto aos dados de teor de sólidos solúveis totais, expresso em °Brix, que é um dos principais indicadores de qualidade em tomates, pois está diretamente relacionado ao sabor, à doçura e à aptidão industrial dos frutos. Os valores variaram entre 4,0 e 4,3 °Brix (dados não amostrados) indicando tomates com concentração moderada de açúcares e compostos solúveis, apresentando equilíbrio entre doçura e acidez, atributo valorizado tanto para consumo in natura quanto para processamento na forma de molhos, polpas e extratos.