

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Tese

**Sistema “aberto” x sistema “fechado” de cultivo em substrato: crescimento,
produção e consumo hídrico de minitomateiros**

Mussa Mamudo Salé

Pelotas, 2022

Mussa Mamudo Salé

**Sistema “aberto” x sistema “fechado” de cultivo em substrato: crescimento,
produção e consumo hídrico de minitomateiros**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Faculdade de agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de
Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S163s Sale, Mussa Mamudo

Sistema “aberto” x sistema “fechado” de cultivo em substrato: crescimento, produção e consumo hídrico de minitomateiros / Mussa Mamudo Sale; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora; Paulo Roberto Grolli, coorientador. — Pelotas, 2022.

115 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Solanum lycopersicum* L.. 2. Recirculação da solução nutritiva. 3. Cultivo em calhas. 4. Cultivo em vasos. 5. Lixiviados. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Grolli, Paulo Roberto, coorient. III. Título.

CDD: 635.64

Mussa Mamudo Sale

Sistema “aberto” x sistema “fechado” de cultivo em substrato: crescimento, produção e consumo hídrico de minitomateiros

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 30 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil – UFPel (Orientadora)
(Doutora em Agronomia pela Universidade de Almeria)

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch - UFPel
(Doutor em Agronomia pela Universidade Politécnica de Valência)

Prof^a. Dra. Claudia Simone Madruga Lima – Curso de Agronomia – UFFS
(Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas)

Enga. Agrônoma Dra. Lais Perin - Produtora e Consultora da Plataforma Hidroponia
(Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas)

**Dedico este trabalho a minha avó Mariam Ibrahim
(em memória) que partira no decurso deste trabalho.
A minha esposa Rosalina pela paciência, incentivo e
Companheirismo, aos meus pais e irmãos pelo
todo apoio incondicional.**

Agradecimentos

Primeiramente a Allah (Deus), pelo dom da vida e por estar sempre presente em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, para a obtenção do grau de Doutor.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Arlindo Bordo e Assimin Mamudo Salé e meus irmãos Maira, Yara, Ívan, Vanessa e Maycha, pelo amor incondicional e confiança depositada em mim.

A minha esposa Rosalina Ferreira pela paciência, incentivo, companheirismo e amor incondicional em todos os momentos.

À professora Roberta Marins Nogueira Peil pela sua paciência, orientação, e ensinamentos compartilhados, e por acreditar na minha capacidade profissional e desenvolvimento pessoal.

Ao professor Paulo Roberto Grolli pela coorientação, amizade, apoio, incentivo e companheirismo.

A todos os professores da Universidade que contribuíram para a minha formação com seus ensinamentos durante o curso.

A todos os colegas e amigos do departamento, pelos estudos, discussões, convívio, companheirismo e apoio na realização deste trabalho, em especial a Cristiane, Aline, Lais, Fabiane, Chaiane, Daniele, Douglas, Katia, Luís Otavio, Facundo, Thiago Freitas.

Aos amigos da família África, em especial ao Pedro, Flávia, Adelio, Mauro, Celia e Nilton.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho vai o meu singelo e grandioso, muito obrigado.

*Não leve a vida tão a sério,
pois ela não é seria com nós próprios...*

Autor desconhecido.

Resumo

SALE, Mussa Mamudo. **Sistema “aberto” x sistema “fechado” de cultivo em substrato: crescimento, produção e consumo hídrico de minitomateiros.** Orientadora: Roberta Marins Nogueira Peil. 2022. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A demanda por minitomate tem aumentado no decorrer dos anos devido ao seu excelente sabor, alto valor agregado, cores e formatos variados, o que tem estimulado os produtores a investirem no seu cultivo. Desta forma o presente trabalho teve por objetivo avaliar duas cultivares de minitomateiro (tipo *grape* Sorbetto e tipo italiano Dolcetto), cultivadas em dois sistemas de cultivo em substrato (fechado em calhas e aberto em vasos) com dois sistemas de condução das plantas (haste única e duas hastes); além de quantificar o consumo de água e fertilizantes e avaliar o potencial de contaminação ambiental. Os experimentos foram conduzidos em estufa no campo didático e experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL/Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil; em duas safras, na primavera de 2018 e verão de 2019. As variáveis analisadas quanto ao crescimento das plantas foram número de folhas, índice de área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, massa seca de raízes, folhas, caule e frutos, partição de massa seca dos diferentes órgãos (raízes, folhas, caule e frutos), relação raiz/parte aérea; quanto as variáveis produtivas foram avaliadas o número e peso médio de frutos, produção, e índice de colheita; assim como a avaliação do consumo hídrico e de fertilizantes, volume de solução nutritiva e fertilizantes lixiviados, e relações de eficiência na produção de frutos e grau de contaminação ambiental. De maneira geral, o sistema de cultivo em calhas aumenta o crescimento radicular e influencia positivamente na produção de fotoassimilados de todos os órgãos das plantas das cultivares de minitomateiros do tipo italiano Sorbetto e do tipo *grape* Dolcetto. As plantas conduzidas com duas hastes acumulam mais fotoassimilados do que plantas de haste única, independente da cultivar. O rendimento dos frutos das cultivares Sorbetto e Docetto é maior quando adotado o sistema de cultivo em calhas e as plantas são conduzidas com duas hastes. A recirculação da solução drenada no sistema fechado de calhas garante a expressiva economia de, aproximadamente, 40 a 50% na quantidade de água e de fertilizantes, com ganhos na produtividade de frutos de minitomateiros e baixo potencial de impacto ambiental frente ao sistema de cultivo de vasos com drenagem livre. O reduzido consumo de água e de fertilizantes observados no sistema fechado de calhas faz com que o cultivo de minitomateiros apresente elevada eficiência de uso de ambos os insumos em comparação com o cultivo em sistema aberto de vasos. O volume lixiviado no sistema de calhas corresponde a uma fração muito reduzida da solução nutritiva fornecida às plantas e representa apenas 2% da quantidade lixiviada no cultivo em sistema aberto de vasos.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L. Recirculação da solução nutritiva. Cultivo em calhas. Cultivo em vasos. Lixiviados.

Abstract

SALE, Mussa Mamudo. **“Open” x “closed” substrate cultivation systems: growth, fruit yield, and water consumption of mini tomatoes.** Advisor: Roberta Marins Nogueira Peil. 2022. 115f. Thesis (Doctorate degree in Agronomy) – Postgraduate Program in Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas.

The demand for mini tomatoes has increased over the years due to its excellent flavor, high added value, varied colors, and formats, which has encouraged producers to invest in its cultivation. Thus, the present work aimed to evaluate two mini tomato cultivars (grape type “Sorbetto” and Italian type “Dolcetto”), cultivated in two substrate growth systems (closed in gutters and open in pots) with two plant conduction systems (single stem and two stems); in addition to quantifying the consumption of water and fertilizers and assessing the potential for environmental contamination. The experiments were carried out in a greenhouse in the didactic and experimental field of the Department of Plant Science, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL/Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil; in two harvests, in spring 2018 and summer 2019. The variables analyzed regarding plant growth were number of leaves, leaf area index, specific leaf area, leaf area ratio, dry matter of roots, leaves, stem and fruits, dry matter partition of the different organs (roots, leaves, stem and fruits), root/shoot ratio; as for the productive variables, the number and mean weight of fruits, production, and harvest index were evaluated; as well as the evaluation of water and fertilizer consumption, volume of nutrient solution and leached fertilizers, and relations of efficiency in fruit production and degree of environmental contamination. In general, the cultivation system in gutters increases root growth and positively influences the production of photoassimilates from all plant organs of the Italian Sorbetto and grape Dolcetto mini tomato cultivars. Two-stemmed plants accumulate more photoassimilates than single-stemmed plants, regardless of cultivar. The yield of the fruits of the cultivars Sorbetto and Docetto is higher when the system of cultivation in gutters is adopted, and the plants are conducted with two stems. The recirculation of the drained solution in the closed system of gutters ensures significant savings of approximately 40 to 50% in the amount of water and fertilizers, with gains in mini tomato fruit productivity and low potential for environmental impact compared to the tomato cropping system free-draining pots. The reduced consumption of water and fertilizers observed in the closed system of gutters makes the cultivation of mini tomato plants show high efficiency in the use of both inputs compared to the cultivation in an open system of pots. The volume leached in the gutter system corresponds to a very small fraction of the nutrient solution supplied to the plants and represents only 2% of the amount leached in the open system of pots.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L. Recirculation of the nutrient solution. Cultivation in gutters. Cultivation in pots. Leached.

Lista de Figuras

Artigo 1		51
	Evolução da temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa do ar no interior da estufa e da radiação solar global no exterior da estufa durante o período dos experimentos com as cultivares de minitomateiro italiano Sorbetto (A, C, E) e Dolcetto (B, D, F).....	58
Figura 1		
	Distribuição do sistema radicular de plantas de minitomateiro no substrato retirado da calha (A) e do vaso (B)	72
Figura 2		
Artigo 2		82
	Variação da temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa do ar no interior da estufa e da radiação solar global no exterior da estufa durante o período condução dos ensaios das cultivares de minitomateiro italiano Sorbetto (A, C) e <i>grape</i> Dolcetto (B, D)	88
Figura 1		
	Grafico de consumo hidrico dos sistemas de cultivo em vaso (aberto) e calha (fechados) da cultivar de minitomateiro italiano Sorbetto	94
Figura 2		
	Grafico de consumo hidrico dos sistemas de cultivo em vaso (aberto) e calha (fechados) da cultivar de minitomateiro <i>grape</i> Dolcetto	94
Figura 3		

Lista de Tabelas

Tabela 1	Composição da solução nutritiva proposta por ROCHA <i>et al.</i> (2010)	29
Artigo 1		51
Tabela 1	Características físicas, condutividade elétrica e pH do substrato composto por casca de arroz carbonizada e substrato comercial Carolina Soil® (70:30 v/v) empregado no cultivo de minitomateiros italiano e <i>grape</i> . Pelotas-RS, 2018/2019.....	59
Tabela 2	Produção acumulada de massa seca de folha, caule, fruto, raiz e total da planta de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e <i>grape</i> Dolcetto), em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas hastes)	63
Tabela 3	Produção acumulada de massa seca de folha e raiz da planta de minitomateiro <i>grape</i> Dolcetto, em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas hastes)	64
Tabela 4	Partição de massa seca entre os diferentes órgãos da planta de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e <i>grape</i> Dolcetto), em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas)	65
Tabela 5	Índices de crescimento [número de folhas, índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF)] de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e <i>grape</i> Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com diferentes números de hastes (uma e duas hastes)	66
Tabela 6	Índices de crescimento [área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e <i>grape</i> Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com diferentes números de hastes (uma e duas hastes)	67
Tabela 7	Número, produção e peso médio de fruto e índice de colheita (IC) de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e <i>grape</i> Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com uma e duas hastes	68
Artigo 2		82
Tabela 1	Consumo hídrico e de fertilizantes de duas cultivares híbridas de minitomateiro em função do sistema de cultivo em substrato: vaso (aberto) e calha (fechado). Pelotas 2018 / 2019	92

Tabela 2	Volume de solução drenada lixiviada, quantidade total estimada de fertilizantes lixiviados no cultivo de duas cultivares híbridas de minitomateiro em sistema de vasos (aberto) e de calhas (fechado). Pelotas 2018 / 2019	95
Tabela 3	Produção de biomassa de frutos (massa fresca e seca) de duas cultivares de minitomateiros, eficiência de uso da água e dos fertilizantes e relações de contaminação em função de dois sistemas de cultivo em substrato: vasos (aberto) e calhas (fechado). Pelotas 2018 / 2019	97

Sumário

1. Introdução Geral.....	14
2. Projeto de Pesquisa.....	19
2.1. Identificação.....	21
2.2. Antecedentes e Justificativas.....	22
2.3. Objetivos e Metas.....	27
2.4. Material e Métodos.....	28
2.5. Variáveis por analisar.....	33
2.6. Custos de implementação.....	38
2.7. Cronograma das atividades.....	40
2.8. Divulgação prevista.....	40
2.9. Bibliografia.....	40
3. Relatório do Trabalho de Campo.....	44
4. Artigo 1: Sistemas aberto e fechado de baixo custo de cultivo em substrato à base de casca de arroz carbonizada e número de hastes para minitomateiros sob as condições de clima ameno do sul do Brasil.....	51
Resumo.....	52
1. Introdução.....	53
2. Material e Métodos.....	56
3. Resultados.....	62
4. Discussão.....	69
5. Conclusão.....	77
Referências.....	77
5. Artigo 2: Consumo e eficiência do uso da água e dos fertilizantes e potencial de contaminação de sistemas aberto e fechado de cultivo em substrato para minitomateiros.....	82
Resumo.....	83
1. Introdução.....	85
2. Material e Métodos.....	86
3. Resultados e Discussão.....	91
4. Conclusão.....	99
Referências.....	99

6. Considerações finais.....	102
Referências	103
Apêndices	112

1. Introdução

As hortícolas constituem um importante componente na dieta alimentar da crescente população mundial, a partir do momento em que os hábitos alimentares foram-se modificando nos últimos anos por um grupo considerável de pessoas, dando-se preferência a frutas e hortaliças, em detrimento dos alimentos de alto valor energético mais consumidos anteriormente. De forma a manter a constância do consumo diário, é fundamental que estes estejam sempre disponíveis no mercado. Para tal, é imprescindível o uso de tecnologias de produção adequadas ao contexto social e económico vigente em muitos países, como o Brasil.

Juntamente com a batata (*Solanum tuberosum* L.), o tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no mundo, com uma área aproximada de 4,8 milhões de hectares e uma produção média de 182 milhões de toneladas em 2017 (FAOSTAT, 2019). Isso se deve aos seus múltiplos usos culinários advindos da enorme variabilidade de espécies existentes que se diferenciam umas das outras em diversos aspectos, desde tamanho, formato, cor, sabor entre outras características para que se possa atender a demanda de um mercado cada vez mais exigente para o processamento e consumo *in natura*. Segundo o IBGE (2020) a produção brasileira de tomate na safra de 2019 foi de 4.075.890 toneladas produzidas em 58.088 ha, e uma produção média de 70,1 t/ha, contrariamente ao mesmo período do ano de 2018 que foi de 4.084.910 toneladas produzidas em 59.726 ha, com uma produção média de 68,3 t/ha. Assim sendo, observou-se um aumento de produtividade na ordem dos 2,6 % entre os dois anos, consumida por uma população com cerca de 210 milhões de habitantes o que se estima um consumo per capita de 19,4 kg por pessoa/ano.

O fruto do tomateiro é uma baga carnosa e succulenta de alto valor nutricional, destacado como fonte de vitaminas (principalmente a C, A e B9), antioxidantes e licopeno. Vários são os tipos de tomate existentes no mercado (salada, saladete, caqui, italiano, santa Cruz, entre outros), porém, além da alta produtividade, muitos produtores vêm buscando por genótipos com características diferenciadas, tais como: alto teor de sólidos solúveis, tamanho, formato e cor dos frutos que se destaquem em relação ao frequentemente produzido, e os permita maior competitividade no mercado. Assim, destaca-se o tomate do tipo mini, produto de excelente sabor, alto valor agregado, atrativo visualmente, muito utilizados na arte culinária, feita de forma

artística e bem apresentada (*gourmet*), razão pela qual tem atraído muitos produtores a investirem no cultivo dessa hortaliça, aprimorando as práticas de manejo e buscando novas tecnologias.

Hoje uso do cultivo protegido é amplamente utilizado em todo mundo, embora ainda venha ganhar espaço em países como o Brasil e Moçambique, pelas suas múltiplas vantagens ligadas ao clima (proteção contra o excesso de chuva, queda acentuada da temperatura durante a noite), a menor contaminação ambiental (proteção do solo contra a lixiviação dos nutrientes), a economia (redução dos custos com mão-de-obra, fertilizantes e defensivos), para além de que associado as técnicas de fertirrigação e ao cultivo sem solo, é possível melhorar o ambiente de cultivo, estender o período de produção e/ou até produzir em regiões impróprias ao cultivo (ANDRIOLO, 1999; ROCHA, 2010).

Tecnologias como o cultivo em ambiente protegido têm sido muito utilizadas na produção de muitas culturas (MARQUES *et al.*, 2015) incluindo o minitomate, para adequá-lo às condições ambientais, principalmente a temperatura do ar e desfavorecer a ocorrência de pragas e doenças, e assim possibilitando o alcance de altas produtividades. Porém, além do fator genético das cultivares, várias são as práticas e técnicas de manejo fitotécnicos empregadas para o alcance de tais objetivos, por exemplo, variação das relações fonte e dreno através do número de haste na qual as plantas são conduzidas e os sistemas de cultivo sem solo.

O tomateiro produzido em ambiente protegido e sob o cultivo sem solo pode ser feito em sistema hidropônico NFT (“Nutrient Film Technique” ou Técnica do filme ou lâmina de nutrientes) ou em substrato. O cultivo hidropônico apresenta a vantagem de prescindir de substrato, o que significa uma redução no custo de produção e evita a presença de um resíduo que poderá gerar contaminação ambiental quando não tratado adequadamente. Por outro lado, o cultivo em substrato proporciona maior segurança quanto as falhas de energia elétrica e eventuais problemas na formulação e no manejo da solução nutritiva, uma vez que este representa uma reserva de água e nutrientes minerais. Neste tipo de cultivo, geralmente utiliza-se o vaso, sistema que vem sendo substituído pelo cultivo em calhas por alguns produtores, devido ao alto custo dos vasos e a sua baixa possibilidade de reaproveitamento nos ciclos seguintes, além de que no sistema de cultivo em calhas, o substrato é colocado diretamente em canais de cultivo, eliminando-se o custo dos vasos (PEIL *et al.*, 2021).

Nos cultivos sem solo, quer seja ele em vaso ou em calha, há que considerar a qualidade e o tipo do substrato empregados, uma vez que os nutrientes são fornecidos por fertirrigação, e acima da capacidade de retenção de água do substrato, a solução nutritiva lixiviada é perdida para o ambiente, o que caracteriza os sistemas como “abertos”, com prejuízos na economia do produtor (custo de água e fertilizantes desperdiçados) quanto no meio ambiente (contaminação ambiental pela exuberante carga de nutrientes contida). Por forma a reduzir esses prejuízos, tem-se o sistema “fechado” de cultivo em substrato como alternativa, isto é, um sistema que promove a coleta e reutilização da solução nutritiva drenada, combinado com um substrato de baixa atividade química (CTC), para evitar a salinização do meio radicular. Assim sendo, o conhecimento e a adoção do sistema fechado de cultivo, já é uma realidade dos produtores da região Sul do estado do Rio Grande do Sul, principalmente para o cultivo do morangueiro no interior da cidade de Pelotas – RS, embora ainda incipiente, mas têm-se observado mudança paulatina do sistema aberto para o fechado. Sabe-se que a resistência a adoção desse sistema, reside na justificativa de que a drenagem no cultivo em substrato tem como objetivo lixiviar o excesso de nutrientes e de outros elementos do substrato a cada fertirrigação, de forma a manter a sua condutividade elétrica (CE) dentro do intervalo desejado, independentemente do seu potencial como contaminante ambiental (WAMSER, 2014). Alguns estudos indicam que através do sistema fechado é possível reduzir entre 20 e 40% o fornecimento de água e de 25 a 45% o gasto com fertilizantes (MONTEZANO, 2003; PEIL & SIGNORINI, 2018).

Para o sucesso dos sistemas de cultivo em substrato há que considerar o material adotado para este fim, grande parte dos produtores de tomate em ambiente protegido do estado do Rio Grande do Sul têm utilizado substratos a base da mistura de cinzas de casca de arroz, turfa, casca de arroz carbonizada e húmus, embora pequena parte inicialmente tenha utilizado substratos compostos por fibra de coco, mas sem progresso, devido ao alto custo de aquisição, uma vez que o material é oriundo do Nordeste Brasileiro.

A casca de arroz carbonizada, quando utilizada como substrato, sabe-se que possui uma elevada porosidade e reduzida capacidade de retenção de água (porém, maior que a *in natura*), exigindo elevadas frequências de irrigação para atender às necessidades hídricas do tomateiro. Assim sendo, tem-se misturado a casca de arroz carbonizada a compostos orgânicos, com o objetivo de melhorar as características físicas do substrato, principalmente elevando a capacidade de retenção de água, com

economia no gasto de solução nutritiva e de energia elétrica para as irrigações.

Paralelamente, poucos são os estudos realizados no sul do Brasil quanto ao manejo fitotécnico dos minitomateiro, por se tratar de um cultivo novo para a região de Pelotas, que é um dos polos de produção de tomate de mesa do Rio Grande do Sul, sendo o seu cultivo concentrado em propriedades familiares. Por isso, são direcionados esforços em produzir conhecimento sobre a cultura e adequar as tecnologias de cultivo sem solo, assim como incentivar o cultivo de outras variedades de tomateiro.

Vários tratos culturais são recomendados para a cultura do minitomateiro em ambiente protegido, com a finalidade de obter um adequado crescimento, aumentando, assim, a produtividade e obtendo frutos com o padrão de qualidade específico de cada cultivar. Neste sentido, a adoção de tratos culturais que promovam o equilíbrio entre a fonte (folha) e o dreno (fruto) de fotoassimilados é fundamental para garantir um adequado crescimento e alta produtividade.

A relação estabelecida entre a fonte e o dreno, juntamente com o balanço de assimilados entre os órgãos vegetativos e os frutos, podem ser controlados através da variação do número de hastes e da carga de frutos (RODRIGUES, 2016; PERIN *et al.*, 2018).

De maneira geral, o aumento do número de hastes na planta aumenta a produtividade, o que induz a competição por assimilados entre os drenos, levando a redução da massa média dos frutos (CARVALHO e TESSARIOLI NETO, 2005; ROSA, 2015; PERIN *et al.*, 2018). O aumento da produtividade deve-se ao aumento da interceptação da luz fotossinteticamente ativa e da fotossíntese do dossel, o que estimula o crescimento da planta e aumenta o total de assimilados disponíveis para os frutos (PAPADOPOULOS; PARARJASINGHAM, 1997, RODRIGUES, 2016). Já a redução da massa média dos frutos pode ser atribuída à maior competição por assimilados que se estabelece na planta com maior número de frutos, como consequência do maior número de hastes.

Segundo PAPADOPOULOS; PARARJASINGHAM (1997), RODRIGUES (2016), a produtividade do tomateiro é diretamente influenciada pelo número de hastes por unidade de área, pelo número de frutos colhidos por planta e pela massa média dos frutos. Embora a produção do minitomateiro aumente com o aumento do número de hastes, a massa fresca média do fruto decresce (ROSA, 2015). A disponibilidade de radiação solar da época de cultivo, conjugada com as

características da cultivar, influenciam na fotossíntese da cultura afetando o seu crescimento. Assim sendo, PEIL & GÁLVEZ (2005) recomendam aumentar o número de hastes das plantas em épocas de aumento da radiação solar (ciclos de primavera-verão) e diminuir este número em épocas de redução da radiação (ciclos de outono-inverno).

Técnicas de manejo fitotécnico como o aumento do número de hastes podem ser alternativas interessantes de se adotar para se restringir o crescimento, uniformizar o tamanho dos frutos e se conseguir minitomates dentro do padrão requerido pelo mercado. Parte-se da hipótese de que as respostas das plantas aos diferentes sistemas de cultivo estão condicionadas ao material genético e às técnicas de manejo adotadas. Além disso, é de se esperar que os sistemas de cultivo sem solo determinem consumos de água e fertilizantes distintos, sendo imperativo a análise destas variáveis, bem como definir o potencial contaminante dos sistemas. Assim sendo, montou-se no presente trabalho dois ensaios, que culminaram com a produção de dois artigos científicos que visam estudar os sistemas de cultivo em substrato fechado (calha) e aberto (vaso), além de definir o ideal número de hastes, o consumo de água, fertilizantes e suas eficiências, assim como o potencial de contaminação ambiental dos sistemas de cultivo com as cultivares de minitomateiros dos tipos italiano e *grape*.

2. Projeto de Pesquisa

PRPPG – PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA
FAMILIAR

EXAME DE QUALIFICAÇÃO DE DOUTORADO

Projeto de tese:

**Sistemas de cultivo sem solo, número de hastes e raleio do cacho floral para
minitomateiro**

MSc. Mussa Mamudo Salé (Proponente)

Prof. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil (Orientadora)

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli (Coorientador)

Pelotas, 2019

2.1. Identificação

2.1.1. Instituição: Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Departamento de Fitotecnia (DFt), Programa de Pós- Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

2.1.2. Título do projeto: Sistemas de Cultivo, Número de Hastes e Raleio do Cacho Floral para Minitomateiro.

2.1.3. Equipe

- Mussa Mamudo Salé – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL / FAEM. Responsável
- Roberta Marins Nogueira Peil – Profa. Departamento de Fitotecnia, Bolsista CNPq, UFPEL / FAEM. Orientadora.
- Paulo Roberto Grolli – Prof. Departamento de Fitotecnia, UFPEL / FAEM. Coorientador.
- Laís Perin – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CNPq, UFPEL / FAEM. Participante.
- Aline Soares Pereira – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL / FAEM. Participante.
- Facundo Ernesto Ramos Hentz – Aluno especial do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar UFPEL / FAEM, Bolsista da Universidade Nacional de Misiones (Argentina). Participante.
- Thiago Freitas da Luz – Discente do curso de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica PROBIC/ FAPERGS, UFPEl / FAEM. Participante.
- Cristiane Neutzling – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL / FAEM. Participante.
- Fabiane Kletke Oliveira – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL / FAEM. Participante.

2.2. Antecedentes e Justificativas

Hoje, as hortícolas constituem um importante componente na dieta alimentar da crescente população mundial, a partir do momento em que os hábitos alimentares foram se modificando nos últimos anos. Os alimentos com alto valor energético, têm sido menos consumidos e substituídos por frutas e hortaliças por uma parcela considerável da população. De forma a manter esta constância de consumo diário, é fundamental que estes estejam sempre disponíveis no mercado.

As projeções da FAO (2009) indicam que até 2050 a população mundial ganhará mais de 2,3 bilhões de habitantes, aumento este que acaba por lançar à olericultura o desafio de oferecer a esta população produtos de elevada qualidade de forma regular ao longo do ano (ANDRIOLO, 2002). A fim de fazer face a essa demanda, é imprescindível o uso de tecnologias de produção adequadas ao contexto social e econômico vigente em muitos países, como o Brasil. O cultivo em ambiente protegido, associado às técnicas da fertirrigação e ao cultivo sem solo, são exemplos dessas tecnologias que revolucionaram a fisiologia da produção das hortaliças, trazendo a possibilidade de ajustar o ambiente à planta e estender o período de produção dessas espécies ao longo do ano e mesmo em regiões antes inaptas à agricultura (ANDRIOLO, 1999; ROCHA, 2010).

A utilização de ambiente protegido para produção de hortaliças tem aumentado consideravelmente devido a vantagens como a maior proteção contra os fenômenos climáticos (excesso de chuva, queda acentuada da temperatura durante a noite), menor contaminação ambiental (proteção do solo contra a lixiviação dos nutrientes) e vantagens econômicas (redução dos custos com mão de obra, fertilizantes e defensivos). Porém, há que se considerar que em estufas, o cultivo intensivo de hortaliças no solo tem apresentado dificuldades de manejo, tais como a salinização do solo, resultante do uso intensivo da mesma área e a inadequada fertilização; a ocorrência de plantas daninhas, patógenos do solo e pragas que dificultam a condução das culturas (OLIVEIRA, 1995; COSTA *et al.*, 2004).

Das inúmeras hortaliças existentes, o tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das mais expressivas no cenário agrícola mundial. A grande variabilidade existente na espécie tem possibilitado o desenvolvimento de cultivares para atender as mais diversas demandas do mercado para processamento e para consumo *in natura* (NEITZKE; BUTTOW, 2008). Além da alta produtividade, muitos produtores vêm buscando genótipos com características diferenciadas, tais como: alto teor de sólidos

solúveis, tamanho, formato e cor dos frutos que se destaquem em relação ao padrão tradicional. Tais buscas visam atender a um mercado consumidor que se torna cada dia mais exigente. A título de exemplo, destaca-se o do tipo mini, considerado um produto diferenciado, introduzido recentemente em Moçambique, e há mais de duas décadas no Brasil. Sua demanda tem aumentado no decorrer dos anos devido ao seu excelente sabor, alto valor agregado, cores e formatos variados, podendo assim ser utilizado na ornamentação de pratos e saladas o que tem estimulado os produtores a investirem no cultivo dessa hortaliça, aprimorando as práticas de manejo e buscando novas tecnologias.

Embora produzam frutos de tamanho pequeno (25 g de peso médio), os minitomateiros são altamente produtivos, principalmente em ciclos de cultivo prolongado de até um ano, atingindo preços de mercado aproximadamente 20% superiores aos do tomate convencional (CARON, TESSEMER, MELLO & JACOMINO, 2013; MELLO, 2016; PERIN, 2018).

O cultivo sem solo do tomateiro em ambiente protegido pode ser feito em sistema hidropônico NFT (do inglês “Nutrient Film Technique” ou Técnica do filme ou lâmina de nutrientes) ou em substrato. O cultivo hidropônico apresenta a vantagem de prescindir de substrato, o que significa uma redução no custo de produção e evita a presença de um resíduo que poderá gerar contaminação ambiental quando não tratado adequadamente. Por outro lado, o cultivo em substrato proporciona maior segurança quanto a falhas de energia elétrica e eventuais problemas na formulação e no manejo da solução nutritiva, uma vez que este representa uma reserva de água e nutrientes minerais e poderá exercer poder tampão sobre a solução nutritiva.

A adoção do sistema de cultivo hidropônico do tipo NFT pressupõe o uso de canais de cultivo, nos quais as raízes crescem e em cuja base há a passagem de uma fina lâmina de solução nutritiva, a qual é recirculante. Sendo assim, portanto, um sistema “fechado”, no qual não há perdas de solução nutritiva para o meio.

No cultivo em substrato, geralmente, utiliza-se o cultivo em vaso, sistema que vem sendo substituído pelo cultivo em calhas por alguns produtores, devido ao alto custo dos vasos e a sua baixa possibilidade de reaproveitamento nos ciclos seguintes. No sistema de cultivo em calhas, o substrato é colocado diretamente em canais de cultivo, eliminando-se o custo com os vasos.

Tanto no sistema de cultivo em vaso assim como em calhas, os nutrientes são fornecidos por fertirrigação, acima da capacidade de retenção de água do substrato. Desta forma, a solução nutritiva lixiviada é perdida para o ambiente, o que caracteriza os sistemas como “abertos”, com prejuízos na economia do produtor (custo de água e fertilizantes desperdiçados), quanto ao meio ambiente (contaminação ambiental pela exuberante carga de nutrientes contida). Como alternativa para reduzir esses prejuízos tem-se o sistema “fechado” de cultivo em substrato, isto é, que promove a coleta e reutilização da solução nutritiva drenada, combinado com um substrato de baixa atividade química (CTC), para evitar a salinização do meio radicular e interação do substrato com a solução nutritiva.

Hoje, cresce o número de produtores de hortaliças que aderem ao cultivo em substrato em sistema fechado, principalmente, para a cultura do morangueiro no sul do Rio Grande do Sul, embora a grande maioria ainda produza em sistema aberto, drenando grandes quantidades de lixiviados para o ambiente. A drenagem no cultivo em substrato tem como objetivo lixiviar o excesso de nutrientes e de outros elementos do substrato a cada fertirrigação, de forma a manter a sua condutividade elétrica (CE) dentro do intervalo desejado, independentemente do seu potencial como contaminante ambiental (WAMSER, 2014). Alguns estudos indicam que através do sistema fechado é possível reduzir entre 20 e 40% o fornecimento de água e de 25 a 45 % o gasto com fertilizantes (MONTEZANO, 2003; PEIL & SIGNORINI, 2018).

Estudos comparativos entre sistemas abertos e fechados de cultivo realizados de forma experimental, sob as mesmas condições de cultivo, são escassos quanto ao comportamento das plantas de minitomateiro e aos volumes de solução nutritiva gastos e descartados.

Um elemento determinante para o sucesso dos sistemas de cultivo em substrato é o material adotado para este fim. No estado do Rio Grande do Sul, grande parte dos produtores de tomate em ambiente protegido têm utilizado substratos a base da mistura de cinzas de casca de arroz, turfa, casca de arroz carbonizada e húmus, embora pequena parte inicialmente tenha utilizado substratos compostos por fibra de coco, mas sem progresso, devido ao alto custo de aquisição, uma vez que o material é oriundo do Nordeste brasileiro.

O emprego de produtos encontrados nas diferentes regiões do país em elevada disponibilidade é fundamental, não só para reduzir os custos de produção das culturas, mas também para reduzir os riscos de contaminação ambiental pelo acúmulo

deste material na região de produção (ANDRIOLO *et al.*, 1999). Neste sentido, o Rio Grande do Sul é o estado do Brasil com a maior área de produção de arroz, produção esta que acaba gerando grandes quantidades de resíduos do beneficiamento do grão, como a sua casca.

O processo de carbonização da casca de arroz dá origem a um material que apresenta elevada estabilidade química e física, bem como maior capacidade de retenção de água do que a casca de arroz *in natura* (MEDEIROS *et al.*, 2008), importante para ciclos logo de cultivo como os do minitomateiro. A casca de arroz carbonizada, quando utilizada como substrato, sabe-se que possui uma elevada porosidade e reduzida capacidade de retenção de água (porém, maior que a *in natura*), exigindo elevadas frequências de irrigação para atender às necessidades hídricas do tomateiro. Assim sendo, tem-se misturado à casca de arroz carbonizada compostos orgânicos, com o objetivo de melhorar as características físicas do substrato, principalmente elevando a capacidade de retenção de água, com economia no gasto de solução nutritiva e de energia elétrica para as irrigações.

Dos diversos tipos de tomate produzidos no Rio Grande do Sul, o minitomate tem obtido grande destaque no leque das opções do produtor. Embora ainda muito incipiente, os produtores da região de Pelotas têm produzido mais as cultivares híbridas de minitomate como Dolcetto e Wanda. Paralelamente a isso, poucos são os estudos realizados nesta região quanto ao manejo fitotécnico dos minitomateiros, por se tratar de um cultivo novo para a região de Pelotas, que é um dos polos de produção de tomate de mesa do Rio Grande do Sul, sendo o seu cultivo concentrado em propriedades familiares. Por isso, são direcionados esforços em produzir conhecimento sobre a cultura e adequar as tecnologias de cultivo sem solo, assim como incentivar o cultivo de outros tipos e variedades de tomateiro.

Vários tratos culturais são recomendados para a cultura do minitomateiro em ambiente protegido, com a finalidade de obter um adequado crescimento, aumentando, assim, a produtividade e obtendo frutos com o padrão de qualidade específico de cada cultivar. Neste sentido, a adoção de tratos culturais que promovam o equilíbrio entre a fonte e os drenos de fotoassimilados é fundamental para garantir um adequado crescimento e alta produtividade. A relação estabelecida entre a fonte e o dreno, juntamente com o balanço de assimilados entre os órgãos vegetativos e os frutos, podem ser controlados através da variação do número de hastes e da carga de frutos para minitomates (RODRIGUES, 2016; PERIN *et al.*, 2018).

De maneira geral, o aumento do número de hastes na planta aumenta a produtividade, com a redução da massa média dos frutos (CARVALHO e TESSARIOLI NETO, 2005; ROSA, 2015; PERIN *et al.*, 2018). O aumento da produtividade deve-se ao aumento da interceptação da luz fotossinteticamente ativa e da fotossíntese do dossel, o que estimula o crescimento da planta e aumenta o total de assimilados disponíveis para os frutos (PAPADOPOULOS; PARARJASINGHAM, 1997). Já a redução da massa média dos frutos pode ser atribuída à maior competição por assimilados que se estabelece na planta com maior número de frutos, como consequência do maior número de hastes.

Segundo PAPADOPOULOS & PARARJASINGHAM (1997), e RODRIGUES (2016), a produtividade do tomateiro é diretamente influenciada pelo número de hastes por unidade de área, pelo número de frutos colhidos por planta e pela massa média dos frutos. Embora a produção do minitomateiro aumente com o aumento do número de hastes, a massa fresca média do fruto decresce (ROSA, 2015). A disponibilidade de radiação solar da época de cultivo, conjugada com as características da cultivar, influenciam na fotossíntese da cultura afetando o seu crescimento. Assim sendo, PEIL & GÁLVEZ (2005) recomendam aumentar o número de hastes das plantas em ciclos que se verifique aumento da radiação solar (primavera-verão) e diminuir quando há redução da radiação solar (outono-inverno).

Com respeito ao controle da carga de frutos, o raleio do cacho floral é uma prática que auxilia na padronização do tamanho dos frutos, ao limitar o número de frutos e, conseqüentemente, a demanda de drenos na planta. Porém, esta prática deve ser realizada na intensidade adequada ao padrão de tamanho de fruto indicado para cada tipo de cultivar de minitomateiro.

As cultivares de minitomateiro foram convencionadas de forma a alcançar tamanhos e massa média dos frutos reduzidos. Porém, em função da inadequação de práticas de manejo, pode haver uma grande desuniformidade ou os frutos podem alcançar tamanhos acima ou abaixo do considerado adequado para este grupo de cultivares. Como exemplo, o híbrido de minitomateiro do tipo italiano, ou seja, o minitaliano, cujo manejo e condução inadequados podem levar ao elevado crescimento do fruto e confundir-se com o italiano convencional. Isto seria um prejuízo na comercialização deste, pois o minitaliano já vem com um valor agregado desde a produção das sementes.

Técnicas de manejo fitotécnico como o aumento do número de hastes e a intensidade do raleio do cacho floral podem ser alternativas interessantes de adotar para se restringir o crescimento, uniformizar o tamanho dos frutos e conseguir minitomates dentro do padrão requerido pelo mercado.

Parte-se da hipótese de que as respostas das plantas aos diferentes sistemas de cultivo estão condicionadas ao material genético e às técnicas de manejo adotadas. Além disso, é de se esperar que os sistemas de cultivo sem solo determinem consumos de água e fertilizantes distintos, sendo imperativo a análise destas variáveis, bem como definir o potencial contaminante destes. Assim sendo, propõe-se no presente trabalho a montagem de quatro ensaios, dos quais, três visam estudar os sistemas de cultivo em substrato fechado (calha) e aberto (vaso), além de definir o ideal número de hastes e a intensidade de raleio do cacho floral de cultivares de minitomateiros dos tipos italiano e *grape*. No quarto ensaio, pretende-se analisar somente sistemas fechados de cultivo (em substrato com recirculação do drenado e hidropônico NFT), definindo o número de hastes para minitomateiro do tipo *grape*.

2.3. Objetivos e Metas

2.3.1 Geral

Estudar os sistemas de cultivo sem solo do tipo “fechado” e “aberto” e o manejo fitotécnico de cultivares de minitomateiro.

2.3.2. Específicos

- Quantificar o consumo hídrico, de nutrientes e analisar a eficiência de uso, além das relações de contaminação em função dos sistemas de cultivo aberto e fechado;
- Analisar quantitativamente e quimicamente os drenados descartados para o ambiente em cada sistema de produção sem solo;
- Avaliar o efeito dos sistemas de cultivo sem solo na produção, qualidade dos frutos e partição de matéria seca da planta;
- Avaliar o efeito das diferentes relações fonte/dreno (número de hastes) na produção e partição de massa seca da planta, na produção e na qualidade dos frutos de minitomateiro;

2.3.3. Metas

Ao final de três anos de realização do projeto, pretende-se:

- Definir o sistema de cultivo sem solo que promova maior eficiência no uso da água e dos nutrientes;
- Indicar o sistema de cultivo sem solo mais produtivo para minitomates e com maior qualidade;
- Determinar a melhor relação fonte/dreno para cada sistema de cultivo sem solo;
- Determinar o efeito da intensidade de raleio do cacho floral na produção e qualidade do minitomate do tipo italiano e *Grape*;

2.4. Material e Métodos

Localização

Os experimentos serão conduzidos no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão, RS. A localização geográfica aproximada é latitude 31°52' Sul e longitude 52°21' Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se como temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme W. Köppen, como tipo Cfa.

Os ensaios serão conduzidos em estufa modelo “Arco Pampeana”, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m) com 5,0 m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul. Apresenta cobertura com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), o solo nivelado e coberto com rafia sintética clara.

Manejo do ambiente da estufa

Durante o período de execução dos experimentos, o manejo do ambiente da estufa será efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura e fechamento diário das janelas laterais e portas da estufa. Em dias em que ocorrerem baixas temperaturas, precipitação e/ou ventos muito fortes ou alta umidade relativa do ambiente externo à estufa, esta será fechada parcial ou totalmente, dependendo das condições climáticas do dia.

Material vegetal, produção de mudas e solução nutritiva

Serão utilizadas sementes certificadas de minitomateiro das cultivares híbridas dos tipos minitaliano (Sorbetto), *Grape* (Sicília) e *Grape* (Dolcetto) da linha de tomates MAX da ISLA Sementes®, todas de crescimento indeterminado. A produção de mudas será realizada em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células com volume de 40 cm³, preenchidas com substrato organo-mineral Carolina soil® para os sistemas de cultivo em substrato, e espuma fenólica de 3,7x3,7x6,0 cm com 80 células e 82,1 cm³, colocadas em sistema flutuante (*floating*), para o cultivo hidropônico. Quando as plantas apresentarem entre quatro e seis folhas definitivas, será realizado o transplante.

Em todos os ensaios, será utilizada a solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010) para minitomateiro Cereja (Tabela 1), a qual possui uma condutividade elétrica (CE) de 1,8 dS m⁻¹, podendo ser adaptada durante o cultivo para concentrações acima ou abaixo da proposta, quando necessário. Na fase de preparação das mudas (a partir da expansão da primeira folha definitiva), será utilizada 50 % da concentração desta solução, isto é, 0,9 dS m⁻¹ de CE, voltando aos 100 % da CE depois do transplante.

Tabela 1: Composição da solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010)

Macronutrientes	Concentração mmol L ⁻¹	Micronutrientes	Concentração mg L ⁻¹
NO ₃ ⁻	12	Fe	3,00
H ₂ PO ₄ ⁻	1,0	Mn	0,50
SO ₄ ²⁻	1,5	Zn	0,05
NH ₄ ⁺	1,0	B	0,15
K ⁺	6,0	Cu	0,02
Ca ²⁺	3,0	Mo	0,01
Mg ²⁺	1,5		

Durante o cultivo, pretende-se manter um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição desta será realizada quando a condutividade elétrica inicial diminuir ou aumentar 20% em relação ao valor medido no início do cultivo, através da adição de água ou solução estoque concentrada. O pH da solução nutritiva será mantido numa faixa de 6,0 ±0,5 unidades, através da adição de solução ácida (H₃PO₄) quando o pH estiver acima da faixa e solução básica (KOH) quando o pH estiver abaixo da faixa recomendada.

Descrição dos experimentos

Plano de ação 1 (primavera/verão 2018/2019): Sistema de cultivo aberto e fechado em substrato, número de hastes, intensidade de raleio da floração e cultivares de minitomateiro

Serão realizados três ensaios com ciclo de 4 meses cada, divididos em dois períodos. O primeiro período corresponderá a dois ensaios montados na primavera com as cultivares híbridas do tipo minitaliano (Sorbetto) e *Grape* (Sicília). O terceiro ensaio fará parte do segundo período, que será montado no verão utilizando a cultivar híbrida do tipo *Grape* (Dolcetto).

Em ambos os períodos, as plantas serão cultivadas em dois sistemas de cultivo em substrato: sistema de calhas (fechado) e sistema de vasos (aberto), sendo submetidas a duas conduções quanto ao número de hastes (uma e duas hastes por planta) e três intensidades de raleio dos cachos florais (sem raleio, 20 e 30 flores mantidas por cacho), exceto a cultivar Sicília (não será submetida a intensidade de raleio).

Em ambos os sistemas será utilizado um substrato a base da mistura de casca de arroz carbonizada 70% + 30 % substrato comercial Carolina soil®.

Com a finalidade de avaliar o volume de lixiviado produzido, tanto para o sistema de calhas como para o sistema de vasos, serão construídos canais de madeira para coleta do lixiviado. Cada experimento será montado em seis canais (0,19 m de largura e 7,5 m de comprimento), três para cada sistema. Os canais serão dispostos em três linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,5 m, apoiados por cavaletes de metal com altura máxima de 0,3 m, instalados de forma a proporcionar uma declividade de 4% para o escoamento da solução nutritiva até os reservatórios, enterrados na extremidade de cota mais baixa dos canais.

Internamente, os canais de madeira serão revestidos com filme de polietileno dupla face preto-branco (200 micras de espessura), de maneira a formar canais de plástico, minimizando assim o aquecimento da solução nutritiva e a proliferação de algas e conduzindo o lixiviado até a rede coletora.

Cada experimento contará com dois reservatórios de fibra de vidro de 500 litros para injeção da solução nutritiva, sendo um para cada sistema de cultivo. Um conjunto moto-bomba de 1/2 Hp, fixado em cada reservatório, impulsionará a solução nutritiva

para a extremidade de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de 1/2 polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva será fornecida através de mangueiras de polietileno e gotejadores direcionados para a base das plantas.

No sistema de cultivo de vasos, os canais servirão para apoiar e facilitar o escoamento da solução nutritiva drenada dos vasos. Neste sistema, cada canal suportará 16 vasos de 8 litros (isto é, 16 plantas por canal). Uma camada de brita (pedra $\frac{3}{4}$) média de aproximadamente 2 cm de altura será disposta na base dos vasos perfurados para facilitar a drenagem da solução nutritiva excedente à capacidade máxima de retenção de água do substrato. Na cota mais baixa dos três canais será colocado um tanque de 100 litros para cada canal, de forma a permitir a coleta para análise e posterior descarte da solução nutritiva drenada (sistema aberto).

No sistema de calhas, o substrato será alocado diretamente na base do canal na altura de aproximadamente 0,09 m, totalizando um volume de 384 litros de substrato, na razão de 8 litros por planta. Cada calha receberá 16 plantas. Neste sistema de cultivo, a solução nutritiva drenada retornará ao reservatório de injeção e assim será recirculada (sistema fechado).

O manejo da irrigação irá depender do estágio de desenvolvimento da cultura e da condição climática do dia. Nas primeiras horas após o transplante, o sistema de irrigação permanecerá funcionando ininterruptamente com o objetivo de evitar eventuais estresses hídricos às plantas. Após este período, de maneira geral, a irrigação será acionada durante 2 a 5 minutos a cada 1 hora das 08h00min às 18h00min, totalizando 11 irrigações diárias. No período noturno, a irrigação será acionada uma única vez durante 3 min, às 03 horas da madrugada. Em dias muito quentes as irrigações concentrar-se-ão nas horas mais quentes do dia, e nos dias frios e/ou nublados, a sua frequência será reduzida.

O delineamento experimental a ser adotado será em blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas (2x2x3) com 12 tratamentos e três repetições. O fator sistema de cultivo (vaso ou calha) será alocado na parcela, o fator número de hastes (uma e duas hastes) será alocado na subparcela e o fator raleio do cacho floral na sub-subparcela. Cada bloco corresponderá a uma linha dupla e a parcela a uma linha simples de cultivo. Cada linha simples contará com 16 plantas, totalizando 32 plantas por bloco. Desta maneira, a subparcela contará com 8 plantas e a sub-subparcela com 2 plantas. As plantas das extremidades das subparcelas serão consideradas como bordaduras.

Plano de ação 2 (primavera/verão 2019/2020): Sistemas fechados de cultivo sem solo: hidroponia x cultivo em substrato com recirculação da solução drenada

Pretende-se montar um ensaio com a duração de 4 meses de ciclo, utilizando a cultivar híbrida do tipo *Grape* (Dolcetto) ISLA Sementes®.

As plantas serão cultivadas em dois sistemas fechados: cultivo em substrato com recirculação da solução drenada e sistema hidropônico NFT, sendo submetidas a duas conduções quanto ao número de hastes (uma e duas hastes por planta).

No primeiro tipo de sistema de cultivo (em substrato), será utilizado um substrato a base de casca de arroz *in natura*, colocado em quatro calhas de cultivo de madeira de 0,19 m de largura e 7,5 m de comprimento. E no segundo sistema de cultivo (hidropônico) não será utilizado nenhum meio físico de aporte das raízes, empregando-se quatro canais hidropônicos circulares de PVC, com diâmetro de 100 mm e 7,5 m de comprimento.

No ensaio, as calhas e os canais hidropônicos estarão organizados em quatro linhas duplas, isto é, fará parte de cada linha dupla um perfil hidropônico e uma calha de madeira. As linhas duplas estarão distanciadas uma da outra a 1,2 m e as simples a 0,5 m. As calhas e os canais hidropônicos serão apoiados por cavaletes de metal com altura máxima de 0,3 m, instalados de forma a proporcionar uma declividade, respectivamente, de 4% e 1%, para o escoamento da solução nutritiva até os reservatórios, enterrados na extremidade de cota mais baixa das calhas e dos canais de cultivo.

Internamente, as calhas serão revestidas com filme de polietileno dupla face preto-branco (200 micras de espessura), de maneira a formar canais de plástico, minimizando assim o aquecimento da solução nutritiva e a proliferação de algas e conduzindo o lixiviado até ao reservatório.

Cada linha de cultivo contará com um reservatório de plástico para injeção e coleta do volume drenado da solução nutritiva, sendo quatro para cada sistema de cultivo. Um conjunto de eletrobomba de máquina de lavar roupa com vazão máxima de 14 L/minuto será fixado em cada reservatório, onde impulsionará a solução nutritiva para a extremidade de maior cota das calhas e dos canais hidropônicos, através de um cano de PVC de 1/2 polegadas. A partir desse ponto, a solução nutritiva será liberada na extremidade superior dos canais hidropônicos, passando pelas raízes das plantas por efeito da declividade, sendo recolhida na extremidade inferior dos canais

e conduzida para o reservatório. No sistema de calhas com substrato, a solução será fornecida através de mangueiras de polietileno e gotejadores direcionados para a base das plantas, sendo recolhida na base inferior de cada calha, para recondução ao reservatório.

Nos dois sistemas de cultivo, cada linha suportará 16 plantas separadas a 0,5 m, perfazendo um total de 64 plantas para cada sistema. Nas calhas, o substrato será alocado na altura de aproximadamente 0,09 m, totalizando um volume de 384 litros de substrato, na razão de 8 litros por planta.

O manejo da irrigação irá depender do estágio de desenvolvimento da cultura, da condição climática do dia e do sistema de cultivo. Para os dois sistemas, nas primeiras horas após o transplante, o sistema de irrigação permanecerá funcionando ininterruptamente com o objetivo de evitar eventuais estresses hídricos às plantas. Após este período, no sistema de calhas a irrigação será manejada conforme a descrição exposta no item 2.4.1. No sistema hidropônico, a irrigação será acionada 30 minutos por hora, divididos em intervalos de 15 minutos, isto é, 15 minutos irrigando e 15 minutos desligado, das 7h00min às 19h00min e no período noturno serão realizadas duas irrigações de 15 minutos cada às 23h00min e as 03h00min da madrugada.

O delineamento experimental a ser adotado será em blocos casualizados com parcelas subdivididas (2x2) com 4 tratamentos e 4 repetições. O fator sistema de cultivo (em substrato ou hidropônico) será alocado na parcela e o número de hastes (uma e duas hastes) será alocado na subparcela. Cada bloco corresponderá a uma linha dupla e a parcela a uma linha simples de cultivo. Cada linha simples contará com 16 plantas, totalizando 32 plantas por bloco. Desta maneira, a subparcela terá 8 plantas. As plantas das extremidades das subparcelas serão consideradas como bordaduras.

2.5. Variáveis por analisar

Análise do substrato

O substrato será analisado quanto as suas propriedades químicas, como condutividade elétrica (CE), pH, conteúdo de macronutrientes, micronutrientes e relação C/N, além das propriedades físicas: densidade úmida e seca; massa seca; porosidade total; espaço de aeração; água facilmente disponível; água tamponante,

água remanescente e capacidade de retenção de água. Serão adotadas duas épocas para a caracterização dos substratos: no início e ao final dos experimentos. Amostras simples de cada unidade de cultivo serão coletadas, que após homogeneizadas, formarão uma amostra composta, que será enviada para análise no laboratório de análise de substratos da FEPAGRO/Porto Alegre.

Monitoramento da solução nutritiva

A solução nutritiva em todos os sistemas de cultivo será monitorada diariamente no período da manhã, através das medidas de CE e pH, utilizando condutivímetro e pHmetro manual. Para os sistemas de cultivo em substrato, a amostra a ser monitorada será coletada na extremidade de cota mais baixa dos canais de condução do drenado. No sistema hidropônico, a medição será na solução do próprio reservatório.

Produção e distribuição de biomassa da cultura

De forma a quantificar o crescimento da cultura, serão efetuadas duas determinações da biomassa das plantas em todos os experimentos. Inicialmente, isto é, no momento do transplante, será determinada a biomassa (massa fresca e seca) inicial, selecionando-se 10 mudas de cada variedade. A biomassa final será efetuada no último dia da colheita, considerando as duas plantas centrais de cada repetição. As plantas serão fragmentadas em 4 frações (folha, caule, raiz e fruto) pesadas para se mensurar a biomassa fresca e posteriormente secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante. Far-se-á a contagem das folhas e determinação da área foliar através de equipamento medidor de imagens LI-COR (modelo 3100). A biomassa total da planta corresponderá a soma da biomassa das folhas, dos caules, dos frutos e raízes. A biomassa da parte aérea vegetativa corresponderá à soma das folhas e caules. A reprodutiva corresponderá a soma da fração dos frutos. Os frutos colhidos durante o processo produtivo, as folhas e os caules oriundos de desfolhas e desbrotas, serão considerados nas frações correspondentes. Com esses dados pretende-se determinar a produção e a distribuição proporcional da matéria fresca e seca entre os diferentes órgãos da planta de cada variedade.

Produção e qualidade de frutos

Para a coleta dos dados de produção, serão realizadas duas colheitas semanais de frutos maduros que serão pesados para obtenção da massa fresca, e posteriormente secos em estufa de ventilação forçada a 65 ° C, até peso constante. Para tal serão analisados os seguintes parâmetros:

- Produção de frutos comercializáveis: será obtida pela pesagem dos frutos produzidos.
- Número de frutos comercializáveis: será obtido mediante a contagem de frutos produzidos, expressando-se os resultados em número de frutos por planta.
- Massa média de fruto comercializável: será obtida através da divisão da produção pelo número de frutos por planta, expressando-se os resultados em gramas/fruto.
- Produção de frutos não comercializáveis: será obtida pela pesagem dos frutos. Serão considerados como frutos não comercializáveis os que apresentarem podridões e danos físicos por animais.
- Espessura da polpa: será obtida após a retirada de uma fatia longitudinalmente do fruto, realizando a medida transversal da polpa na região equatorial do fruto dos lados opostos da fatia, com o auxílio de paquímetro digital. Serão amostrados cinco frutos por tratamento por colheita.
- Sólidos solúveis da polpa: as amostras de polpa do fruto serão obtidas por meio do processamento de cinco frutos por tratamento por colheita. Após o processamento, serão coletadas algumas gotas da solução de polpa homogeneizada, e colocar-se-á diretamente no sensor do refratômetro portátil para sólidos solúveis e os resultados serão expressos em ° Brix.
- A partir dos dados de massa fresca, de número de frutos colhidos e da densidade de plantio serão determinados os componentes do rendimento: número de frutos, peso médio de frutos, produção e produtividade da cultura (g planta^{-1} e g m^{-2}).

Consumo hídrico e de nutrientes

O consumo de água em cada sistema será estimado através da leitura direta da altura da lâmina de solução nutritiva nos tanques de injeção dos sistemas, considerando o volume de reposição. Nos três experimentos do primeiro plano de

ação, o volume inicial da solução nutritiva será de 500 litros e, no segundo plano de ação, o volume será de 100 litros para cada linha de cultivo. Com auxílio de uma régua graduada diariamente será medida a altura da lâmina, e estimando-se por diferença o consumo de solução nutritiva, através da seguinte expressão:

$$V = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot h$$

Onde:

$\pi = 3,1416$;

d = diâmetro do tanque (mm);

h = altura da lâmina.

Com esses dados, será possível estimar-se o volume de solução consumido em determinado estágio de desenvolvimento da cultura ao longo do ciclo (litros planta⁻¹ e litros m⁻²).

O volume da solução nutritiva lixiviada será medido diariamente nos reservatórios de recolha do sistema de cultivo aberto, também utilizando-se uma régua graduada. Diferentemente do sistema fechado, que o volume de solução nutritiva a ser descartada só será medido no final do ciclo da cultura, uma vez que não se pretende fazer lavagens do substrato durante o transcorrer dos experimentos.

O consumo de nutrientes pelas plantas no final do ciclo (g m⁻²) será estimado pela diferença entre a quantidade total de nutrientes fornecidos e quantidade final de nutrientes presentes na solução nutritiva no dia da última colheita e no substrato. Por forma a avaliar-se o potencial de contaminação ambiental, quinzenalmente serão coletadas amostras da solução nutritiva lixiviada no sistema aberto (e para o sistema fechado no final do ciclo), analisadas quimicamente de acordo com a concentração dos elementos químicos existentes e posteriormente classificá-los segundo a resolução do conselho nacional do meio ambiente (CONAMA) quanto ao seu poder de contaminação ambiental.

As análises da concentração de macro e micronutrientes presentes nas amostras da solução nutritiva serão realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas.

Eficiência no uso da água, nutrientes e relações de contaminação dos sistemas de cultivo

As eficiências no uso de água e nutrientes serão estimadas a partir das relações de rendimento estabelecidas entre os dados de produção de biomassa total acumulada (subtraindo o valor da biomassa inicial) e os dados de consumo hídrico (kg de matéria fresca e gramas de matéria seca da fração vegetativa e reprodutiva produzida por litro de água) e de nutrientes (grama de matéria fresca e seca da fração vegetativa e reprodutiva produzidas por grama de nutriente).

Além dos resíduos descartados (volume de substrato e de plástico do revestimento dos canais; volume de plástico dos vasos) e lixiviados gerados ao final do ciclo de cultivo (volume de solução e gramas de nutrientes), as seguintes relações de contaminação dos sistemas de cultivo serão estabelecidas: litros de solução lixiviada, gramas de nutrientes totais lixiviados por matéria fresca da fração reprodutiva produzida; gramas de nutrientes por volume de substratos, e kg de substrato por kg de matéria fresca da fração reproduzida.

Análise estatística

Os dados serão submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e quando verificadas diferenças significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

2.6. Custos de implementação

Material de consumo

Descrição	Unida.	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Semente	Pacote	420	1,50	630,00
Casca de arroz carbonizada	Sacos	30	13,00	390,00
Substrato comercial	Sacos	10	22	220,00
Fertilizantes solúveis	-	-	-	300,00
Fio de rafia	Rolo	5	10,00	50,00
Bandeja de poliestireno expandido	-	2	10,00	20,00
Plástico de polietileno dupla face preto de branco (150µ 10 x 60)	Bobina	1	1000,00	1000,00
Sacos de papel	Pacote	5	40,00	200,0
Bandeja pra secar o fruto	-	100	0,50	50,00
Análises laboratoriais	-	-	-	200,00
Sub-total	-	-	-	3.140,00

Diárias e passagens aéreas

Descrição	Unida.	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço unitário (R\$)
Diárias para participação no Encontro Brasileiro de Hidroponia	-	4	100,00	400,00
Passagens aéreas nacionais (ida-volta) para participação no Encontro Brasileiro de Hidroponia	-	1	600,00	600,00
Sub-total				1.000,00

Material permanente

Descrição	Unida.	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Condutivímetro de portátil	-	1	200,00	200,00
pHmetro portátil	-	1	200,00	200,00
Bomba de água elétrica				
periférica ½ Hp. 1 Polegada	-	4	125,00	500,00
Bomba de máquina de lavar (vazão máxima de 14L/min)	-	8	30,00	240,00
Conjunto de tubagem,	-	10 m		
mangueira gotejadora,		100 m	400,00	500,00
torneira e cola de madeira				
Ganchos de sustentação	Kg/ferro	4	15	60,00
Temporizador digital	-	4	100,00	400,00
Sub-total	-			2.100,00

Orçamento geral

Descrição	Valores (R\$)
Material de consumo	3.140,00
Diárias e passagens aéreas	1.000,00
Material permanente	2.100,00
Sub-total	6.240,00
Contingência (10%)	624,00
Total	6.864,00

Recursos Físicos

- Estrutura do Campo Didático Experimental do Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPEl;
- Laboratório de Análises de Solos, Departamento de Solos, FAEM/UFPEl;
- Laboratório de Plantas, Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPEl.

2.7. Cronograma das atividades

Actividade	2018		2019		2020		2021
	1	2	1	2	1	2	1
Revisão bibliográfica							
Realização das disciplinas do doutorado							
Organização da estufa							
Aquisição dos materiais							
Instalação e condução do experimento 1 e 2							
Instalação e condução do experimento 3							
Análise dos resultados do experimento 1, 2 e 3							
Instalação e condução do experimento 4							
Análise dos resultados do experimento 4							
Elaboração das publicações científicas							
Elaboração da tese							
Defesa da tese							

2.8. Divulgação prevista

Com os resultados obtidos através da execução deste projeto, pretende-se inicialmente compartilhar com os produtores nas viagens técnicas e projetos de extensão do grupo de pesquisa da UFPEL "Cultivos protegidos", além de divulgar a pesquisa em periódicos, anais de congressos (Congressos de Olericultura, Congresso de Iniciação Científica e Pós-Graduação da UFPEL e congressos de áreas afins).

Pretende-se ainda realizar um *workshop* em olericultura juntamente com o Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), produtores, extensionistas e professores de escolas técnica agrárias no regresso a Moçambique, de forma a divulgar a tecnologia de produção de minitomates e incentivar a sua prática.

2.9. Bibliografia

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.215- 219, 1999.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura Geral: princípios e técnicas**. Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 2002. 158 p.

BORRAZ, C.J.; CASTILHO, S.F.; ROBELES, E.P. Efectos del despunte y la densidad de poblacion sobre das variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), **en hidroponía bajo invernadero**. Chapingo, v.14, n.73/74, p.26-30, 1991.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.986-989, out-dez 2005.

CARON, V. C., TESSMER, M. A., MELLO, S. C., & JACOMINO, A. P. (2013). Quality of mini tomatoes harvested at two maturity stages and kept chilled in threepackages. **Horticultura Brasileira**, 31(2), 279-286.

COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; BARBOSA, J.C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, v.22, 1: 23-27, 2004.

DUARTE, T. S; Peil, R. M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 271-276, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The state of food insecurity in the world: economic crises – impacts and lessons learned**. Rome; 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0876e/i0876e00.htm>>. Acesso no dia 03/07/2017.

MARCELIS, L.F.M.; DE KONING, A.N.M. Biomass partitioning in plants. Crop growth. In: BAKKER. J.C., BOT, G.P.A., CHALLA, H., VAN de BRAAK, N.J. (Edits). Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen, p. 84-92, 1995.

MARQUES, Gabriel Nachtigall. **Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo**. 2016. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MEDEIROS, CA; STRASSBURGER AS; ANTUNES LEC. 2008. **Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro**.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA, 48. Resumos...Maringá. ABH (CD-ROM).

MELLO, S. C. (2016). **Cultivo de minitomates em substrato**. In Oliveira, J. L. B., & Minuzzi, R. B. (Org.), *Avanços no cultivo hidropônico de hortaliças de folhas e frutos* (p. 58-65). Florianópolis, SC: Tribo da Ilha.

MONTEZANO, E.M. **Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do meloeiro**. 2007. 141f. Pelotas. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

MONTEZANO, E.M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico**. 2003. 60f. Pelotas. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

NEITZKE, RS; BUTTOW, MV. 2008. Tomate: presente dos astecas para a gastronomia mundial. In: BARBIERI, RL; STUMPF, ERT (coord.). *Origem e evolução de plantas cultivadas*. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica** 35: 803-818.

OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, 8: 1049-60, 1995.

PEIL, R. M. N.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; ROMBALDI, C. V. Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**. v. 32: p. 234-240, 2014.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J.L. Reparto de materia seca como factor determinante de La producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, 1: 05-11, 2005.

PEIL, R. M. N; SIGNORINI, C. B. Aspectos técnicos e ambientes de produção de hortaliças de frutos em sistemas abertos e fechados de cultivo em substrato. In XI Ensub. Anais. 2018.

PERIN, L. PEIL, R. M. N; HOHN, D; ROSA; D. S. B; WEITH, A. R; GROLLI, P. R. Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 40, e34992, 2018.

ROCHA, M. Q.; PEIL, R. M. N.; COGO, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010.

RODRIQUES, Silvana; **Minitomateiros *grape* e cereja em hidroponia: densidade de plantio e raleio de flores para diferentes ciclos de cultivo**. 2016. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ROSA, Douglas Schulz Bergmann da. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro *grape* em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SELEGUINI, A.; SENNO, S.; ZIZAS, G.B. Influência do espaçamento entre plantas e número de cachos por plantas na cultura do tomateiro, em condições de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, Jul., p. 25-28, 2002. Suplemento.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica do crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum** v.33, p. 283-289. 2011.

WAMSER, Anderson Fernando. **Concentração de nitrogênio e Potássio na solução nutritiva do pimentão cultivado em substrato sem drenagem**. 2014. 86 f. Tese (Produção vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticaba, 2014.

3. Relatório do Trabalho de Campo

Relatório do Trabalho de Campo

Como em qualquer outra atividade programada, já havia a pretensão em montar experimentos nos quais as plantas seriam cultivadas em dois sistemas de cultivo em substrato: sistema de calhas (fechado) e sistema de vasos (aberto), sendo submetidas a duas conduções quanto ao número de hastes (uma e duas hastes por planta) e três intensidades de raleio dos cachos florais (sem raleio, 20 e 30 flores mantidas por cacho). Em ambos os sistemas seriam utilizados um substrato a base da mistura de casca de arroz carbonizada (70%) e (30%) de um substrato comercial utilizado na região produtora de hortaliças. Assim sendo, realizaram-se algumas atividades, desde a procura de parcerias com empresas de sementes e substrato, bem como a reforma da estufa. Primeiramente, com o projeto de tese em mãos, nos meses de junho a agosto de 2018 foram realizados contatos com as empresas de substratos e sementes no sentido de formar parcerias. Prontamente a empresa de substratos Carolina Soil® respondeu positivamente, doando 10 sacos de substrato que foi acrescentado com outros da mesma marca, adquirido no mercado local (Pelotas-RS).

Quanto as sementes, a empresa ISLA Sementes® também respondeu prontamente e doou 240 sementes de minitomateiro, sendo 120 sementes da cultivar híbrida Sorbetto e as outras 120 sementes da cultivar híbrida Sicília, todas de crescimento indeterminado, enquanto se aguardava o envio das sementes por parte da empresa ISLA Sementes®, com a ajuda do setor de transportes da Universidade Federal de Pelotas, deslocou-se até a sede da empresa Carolina Soil® na cidade de Santa Cruz do Sul – RS, a fins de efetuar o levantamento e transporte do substrato fornecido pela empresa até a cidade de Pelotas. Com as sementes e o substrato fornecidos pelos parceiros em mãos, mobilizou-se o grupo de cultivo sem solo do Departamento de Fitotecnia do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, juntamente com os funcionários da prefeitura da Universidade, para a retirada do plástico de cobertura já danificado, para em seguida realizar-se a terraplanagem do solo do interior da estufa de cultivo, onde foram conduzidos os experimentos, e por fim, utilizando a rafia de solo de cor cinza, cobriu-se o solo ora trabalhado, para evitar o crescimento de plantas indesejadas e aumentar a reflexão da radiação solar incidente.

Plano de ação 1 – Primeiro experimento (agosto de 2018 a janeiro de 2019): Sistema de cultivo aberto e fechado em substrato, número de hastes e intensidade de raleio da floração no cultivo de minitomateiro do tipo italiano (Sorbetto).

Já com as sementes e os substratos em mãos, a estrutura da estufa preparada, no dia 23 de Agosto de 2018 realizou-se a semeadura das sementes (cultivar híbrida Sorbetto), em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células com volume de 40 cm³, preenchidas com substrato organo-mineral Carolina soil ® e colocou-se em sistema flutuante (*floating*), adicionando 50% (0,9 dS m⁻¹ de condutividade elétrica) da concentração da solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010) para minitomateiro Cereja, a partir da expansão da primeira folha definitiva. Enquanto as mudas cresciam (depois de germinadas e emergidas), com a ajuda do desenho de campo do experimento, realizaram-se as demarcações dos espaços onde seriam alocados os cavaletes de apoio das calhas de cultivo e as caixas de solução nutritiva; portanto, foram cravados no solo (perfurando a rafia de solo) cerca de 30 cavaletes de metal, distribuídos em 5 cavaletes para cada canal de cultivo (totalizando 6 canais), distanciados a 1,87 m de comprimento e 40 cm de diferença de altura entre o primeiro e o último cavalete, conferindo assim uma declividade de 3 %. Uma vez que as calhas foram montadas em conjuntos de duas a duas, a distância lateral dos cavaletes foi de 10 cm entre as calhas simples e 80 cm entre as calhas duplas, garantindo assim que as calhas simples estivessem separadas a 50 cm uma da outra e as duplas a 120 cm. Na cota mais baixa dos canais, foram abertos buracos para enterrar até próximo a borda, dois reservatórios de fibra de vidro de 500 litros de volume (um para o sistema de cultivo aberto e o outro para sistema de cultivo fechado), para além de três reservatórios de 100 litros de volume para a recolha do drenado no sistema de cultivo aberto.

Os seis canais de madeira foram revestidos internamente com filme de polietileno dupla face preto-branco (200 micras de espessura), de maneira a formar canais de plástico, minimizando assim o aquecimento da solução nutritiva e a proliferação de algas, além de conduzir o lixiviado até a rede coletora. Três dos canais destinados ao sistema de cultivo fechado foram preenchidos com 128 litros (cada canal) de substrato (pré-analisados física e quimicamente pela FEPAGRO/Porto Alegre) a base da mistura de casca de arroz carbonizada 70% + 30 % substrato comercial Carolina soil® e vedados com o mesmo plástico utilizado no revestimento, mas com a face branca exposta; os outros três canais destinados ao sistema aberto

foram vedados com o mesmo plástico e a face branca também exposta, daí fez-se a medição da distância entre as plantas (50 cm) e realizou-se o recorte do plástico de cobertura, suficientemente para que a base dos vasos com 8 litros do mesmo substrato utilizado no sistema fechado, coubesse de forma justa, evitando a penetração da radiação solar e permitindo que o drenado fosse direcionado para as caixas de drenagem sem evaporação e crescimento de algas. Nos dois sistemas, cada canal era composto por 16 plantas espaçadas a 50 cm uma da outra e um volume de 128 litros de substrato produzido, na razão de 8 litros para cada planta. Para facilitar a drenagem da solução nutritiva excedente à capacidade máxima de retenção de água do substrato no sistema aberto, uma camada de brita (pedra $\frac{3}{4}$) média de aproximadamente 2 cm de altura foi disposta na base dos vasos perfurados.

Um conjunto motobomba de 1/2 Hp, foi montado e fixado em cada reservatório, com a função de impulsionar a solução nutritiva para as extremidades de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de 1/2 polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva era fornecida através de mangueiras de polietileno e gotejadores distanciados a 50 cm um do outro, direcionados para a base das plantas. A frequência de irrigação foi sendo ajustada de forma crescente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura e estado de tempo do dia até a terceira colheita, momento em que se reduziu para favorecer o acúmulo de sólidos solúveis totais dos frutos.

Já com os sistemas de cultivo e irrigação montados, cerca de cinco dias antes do transplante realizou-se a lavagem do substrato com água da chuva de forma contínua e utilizando o próprio sistema de irrigação, com vista a reduzir o pH do substrato pra valores abaixo de 7,0, uma vez que se encontrava na faixa dos 7,5 a 8,0 unidades. Com o pH em torno de 6,0 unidades, no dia 08 de outubro de 2018 realizou-se o transplante das mudas e acionou-se o sistema de irrigação apenas com água da chuva de forma ininterrupta durante o transplante e com interrupções de 15 minutos a cada meia hora durante a noite. No dia seguinte foi preparada e colocada 50% da concentração da solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010) para minitomateiro Cereja, isto é, 0,9 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (CE), voltando aos 100 % da CE (1,8 dS m⁻¹) dois dias depois.

Durante o cultivo manteve-se a formulação de solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010), apenas realizaram-se alguns ajustes das concentrações de cálcio, nitrogênio e potássio para melhor resposta das plantas. Manteve-se um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não

comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição da solução nutritiva era realizada quando a condutividade elétrica inicial aumentava 20% em relação ao valor medido no início do cultivo, através da adição de água e solução estoque concentrada. Todas as vezes que se fazia correção da solução nutritiva, media-se o volume gasto pelas plantas, a variação de pH, CE e contabilizava-se o volume de água acrescentado. O pH da solução nutritiva era mantido numa faixa de $6,0 \pm 0,5$ unidades através da adição de solução ácida (H_3PO_4) quando o pH estivesse acima da faixa e solução básica (KOH) quando o pH estivesse abaixo da faixa recomendada.

Durante o período de execução dos experimentos, o manejo do ambiente da estufa era efetuado apenas por ventilação natural, mediante a abertura e fechamento diário das janelas laterais e portas da estufa. Em dias em que ocorreram precipitações e/ou ventos muito fortes ou alta umidade relativa do ambiente externo à estufa, foi fechada parcial ou totalmente, dependendo das condições climáticas do dia. Os dados da temperatura (máximas e mínimas) e umidade relativa do ar no interior da estufa (dispostos no apêndice A) foram medidos por meio de um termo-higrômetro digital.

O controle fitossanitário foi realizado através de métodos preventivos com a instalação de armadilhas adesivas coloridas para insetos e duas aplicações (uma aos 7 e outra aos 12 dias depois do transplante) do inseticida natural de óleo de Neem (*Azadirachta Indica* L.), na dosagem de 1ml por litro de água. Todavia, aos 90 dias após o transplante, identificou-se o ataque do ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) que justificou apenas uma aplicação do acaricida Vertimec EC 18® (Abametina) na dose de 0,75 ml por litros de água, por forma a reduzir a sua infestação para além das lagartas (*Helicoverpa armigera*) que foram controladas manualmente através da sua recolha.

Durante o cultivo, após a casualização e aplicação do fator haste (uma e duas hastes) e raleio (sem raleio, 20 frutos e 30 frutos por cacho), semanalmente eram feitas desbrotas, tutoramento e raleio dos frutos (20 e 30 frutos), até ao momento em que as plantas atingiram o decimo cacho (altura de 2 m, confortável para o trabalho), efetuou-se a poda apical das mesmas. Enquanto realizavam-se estes amanhos culturais de forma contínua, entre os 63 e 113 dias depois do transplante realizaram-se as colheitas, quando os frutos se encontravam maduros (isto é, de cor vermelha), seleção (comerciais e não comerciais), pesagem e posteriormente levou-se a estufa de secagem a 60 °C até peso constante, para se auferir a massa seca dos frutos. Vale

a pena ressaltar que, enquanto se faziam as colheitas, concretamente a partir da terceira até a sexta colheita selecionou-se 10 frutos de forma aleatória em cada tratamento para se fazer a medição do diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, espessura da polpa e teores de sólidos solúveis nos frutos.

Efetuuou-se a retirada do experimento logo após a última colheita (dia 31 de janeiro de 2019), onde procedeu-se a análise da biomassa final, separando as plantas marcadas em folhas, caule (incluindo os cachos) e raiz, pesados de forma individual para se auferir a massa fresca, e posteriormente foi colocado na estufa de secagem a 60 ° C até peso constante para a obtenção do peso seco.

Plano de ação 2 – Segundo experimento (dezembro de 2018 a maio de 2019): Sistema de cultivo aberto e fechado em substrato, número de hastes e intensidade de raleio da floração no cultivo de minitomateiro do tipo *Grape* (Dolcetto).

O segundo experimento foi montado de igual forma que o primeiro, uma vez que já se tinha a estrutura da estufa montada, os cavaletes de suporte dos canais enterrados, e os sistemas de cultivo montados (quanto ao revestimento dos canais, irrigação e drenagem), no dia 18 de Dezembro de 2018, realizou-se a semeadura das sementes da cultivar híbrida Dolcetto de forma semelhante a do primeiro experimento, em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células com volume de 40 cm³, preenchidas com substrato organo-mineral Carolina soil®, colocando-se em sistema flutuante (*floating*), e adicionando 50% (0,9 dS m⁻¹ de condutividade elétrica) da concentração da solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010) para minitomateiro Cereja, a partir da expansão da primeira folha definitiva.

Os sistemas de cultivo também eram compostos por calhas e vasos, isto é sistema fechado (com recirculação da solução nutritiva) e aberto (com livre drenagem dos lixiviados), no sistema aberto, as calhas/canais tinham a função de conduzir os lixiviados até aos reservatórios de drenagem para se fazerem medições do seu volume, CE e pH. Nestes sistemas, as calhas e os vaso também foram preenchidos com o substrato a base da mistura de casca de arroz carbonizada 70% + 30 % substrato comercial Carolina soil®, anteriormente analisado química e fisicamente pela FEPAGRO/Porto Alegre. Substrato este que, cinco dias antes do transplante realizou-se a sua lavagem com água da chuva de forma contínua, com o objetivo de reduzir o pH para valores abaixo de 7,0. Com o pH em torno de 6,0 unidades, no dia 28 de janeiro de 2019 realizou-se o transplante das mudas e acionou-se o sistema de

irrigação apenas com água da chuva de forma ininterrupta durante o transplante e com interrupções de 15 minutos a cada meia hora durante a noite. No dia seguinte, também foi preparado e colocado 50% da concentração da solução nutritiva proposta por ROCHA *et al.* (2010) para minitomateiro Cereja e voltou-se aos 100 % da CE ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$) dois dias depois. Manteve-se esta formulação de solução nutritiva, embora se tenha feito alguns ajustes das concentrações de cálcio, nitrogênio e potássio para melhor resposta das plantas.

Durante o período de execução dos experimentos, o manejo da cultura quanto aos amanhos culturais, nutrição, distribuição dos tratamentos, fitossanidade, ambiente da estufa, foi igual ao primeiro experimento. Mas vale a pena destacar que, neste cultivo teve que se fazer o dobro das aplicações preventivas e de controle com os mesmos produtos e doses utilizadas no primeiro experimento (óleo de Neem (*Azadirachta Indica*), na dosagem de 1ml por litro de água e o acaricida e inseticida Vertimec EC 18® (Abametina) na dose de 0,75 ml por litros de água, para o controle do ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*). Para além do controle da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) na dosagem de e 1ml por litro de água do mesmo produto utilizado para controle dos ácaros.

Neste cultivo, a poda apical das plantas realizou-se quando estas atingiram o sétimo cacho de frutos, e as colheitas realizaram-se entre 64 e 121 dias depois do transplante, quando os frutos se encontravam maduros (isto é, de cor vermelha). Frutos esses, que foram selecionados (em comerciais e não comerciais), pesados e posteriormente levados à estufa de secagem a 60°C até peso constante, para se auferir a massa seca dos mesmos. Enquanto se faziam as colheitas, concretamente a partir da terceira até a sexta colheita, selecionou-se 10 frutos de forma aleatória em cada tratamento para se fazer a medição do diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, espessura da polpa e teores de sólidos solúveis nos frutos.

Realizou-se a retirada do experimento logo após a última colheita (dia 29 de maio de 2019), momento no qual procedeu-se à análise da biomassa final, separando as plantas marcadas em folhas, caule (incluindo os cachos) e raiz, pesados de forma individual para se auferir a massa fresca, e posteriormente colocados na estufa de secagem a 60°C até peso constante para a obtenção do peso seco. Enquanto esperava-se que o material secasse, procedeu-se à limpeza e desinfecção dos canais, vasos, caixas de água e tubagens de irrigação, além da limpeza geral da estufa.

4. Artigo 1: Sistemas aberto e fechado de baixo custo de cultivo em substrato à base de casca de arroz carbonizada e número de hastes para minitomateiros sob as condições de clima sub-tropical do sul do Brasil

(Segundo Normas da revista *Scientia Horticulturae*)

**SISTEMAS ABERTO E FECHADO DE BAIXO CUSTO DE CULTIVO EM
SUBSTRATO À BASE DE CASCA DE ARROZ CARBONIZADA E NÚMERO DE
HASTES PARA MINITOMATEIROS SOB AS CONDIÇÕES DE CLIMA SUB-
TROPICAL DO SUL DO BRASIL**

RESUMO

O estudo da associação dos sistemas de cultivo sem solo aberto e fechado, isto é, em vaso e calhas, ao manejo fitotécnico número de hastes das plantas é de extrema importância, na medida em que pode afetar a relação fonte/dreno e as respostas produtivas do minitomateiro. O crescimento radicular está fortemente relacionado ao crescimento da planta como um todo, assim como, a massa seca de raízes é dependente da massa seca total da planta. Assim, os fatores que impulsionam a atividade do sistema radicular, como o adequado aporte de água, aumentam o crescimento da parte aérea da planta e, conseqüentemente o rendimento de frutos. A adequação das técnicas de manejo fitotécnico para determinada cultivar deve considerar o sistema de cultivo em substrato adotado. Este trabalho teve como objetivo, estudar os efeitos do sistema de cultivo em substrato e do número de hastes sobre a produção e partição da massa seca e o rendimento de frutos de plantas de minitomateiro dos tipos *grape* e italiano, nas condições do sul do Brasil. Os experimentos foram conduzidos no sul do Brasil na primavera de 2018 e verão de 2019, no campo didático e experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL/Capão do Leão, utilizando duas cultivares de minitomateiro do tipo *grape* e italiano (Sorbetto e Dolcetto), cultivadas em sistemas de cultivo aberto em vasos e fechado em calhas, sob condução em uma e duas hastes. Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas, índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), massa fresca e seca da raiz, número, massa seca total, massa média e produtividade dos frutos. Os resultados indicaram que o sistema de cultivo em calhas

aumentou o crescimento radicular e influenciou positivamente na produção de fotoassimilados de todos os órgãos das plantas das duas cultivares. As plantas conduzidas com duas hastes acumulam mais fotoassimilados do que as de haste única, independente da cultivar. Isoladamente, o rendimento dos frutos das cultivares Sorbetto e Dolcetto é maior quando adotado o sistema de cultivo em calhas e as plantas são conduzidas com duas hastes.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum* L., recirculação da solução nutritiva, cultivo em calhas, cultivo em vasos, crescimento da planta.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de minitomateiro no Brasil é realizado, na sua maioria, em ambiente protegido. De alguns anos para cá, os problemas advindos da depreciação das características químicas e física e da incidência de patógenos dos solos têm sido contornados pela crescente utilização dos sistemas de cultivo sem solo no país. Dos sistemas de cultivo sem solo utilizados, destaca-se o uso dos substratos pelos produtores, devido à facilidade de manejo e o melhor desempenho em regiões de clima quente, em comparação ao cultivo hidropônico em sistema NFT.

No cultivo em substrato, habitualmente, utilizam-se vasos como recipientes, com drenagem livre do excedente da solução drenada diretamente para o ambiente. Devido ao alto custo dos vasos e a baixa possibilidade de reaproveitamento nos ciclos subsequentes, parte dos produtores vem substituindo os vasos pelo cultivo em calhas, no entanto, ainda com drenagem livre. O cultivo em calhas facilita a coleta e a reutilização dos lixiviados, ou seja, facilita o “fechamento” do sistema, técnica que efetivamente somente vem sendo adotada por parte dos produtores de morango no Brasil. No entanto, comercialmente, a adoção de sistemas fechados de cultivo em substrato para outras espécies de hortaliças ainda é incipiente no país (Peil *et al.*, 2021).

O emprego da casca de arroz na composição dos substratos é um aspecto muito peculiar, inerente aos sistemas de cultivo sem solo adotados no Brasil, principalmente na região sul do país, uma das maiores regiões orizícolas do mundo. Quer seja crua, carbonizada, na forma de cinza, parboilizada, em misturas com outros materiais, como compostos orgânicos e turfas, a casca de arroz é largamente empregada pelos produtores de hortaliças de fruto. Além dos aspectos produtivos, há que se considerar a sua alta disponibilidade, baixo custo e que o seu uso na composição de substratos dá um fim apropriado a este produto, assim reduzindo os riscos de contaminação ambiental pelo seu acúmulo nas regiões produtoras.

No âmbito da pesquisa, vários trabalhos já foram desenvolvidos em sistemas fechados de baixo custo, utilizando substratos à base de casca de arroz, com resultados promissores para o cultivo do tomateiro (Rosa, 2015; Perin *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2020), da abobrinha italiana (Strassburguer *et al.*, 2011), do pepineiro (Neutzling *et al.*, 2018) e da minimelancia (Dutra *et al.*, 2021). Em pesquisa realizada com o cultivo de minitomateiro *grape* em sistemas com recirculação da solução nutritiva, Perin *et al.* (2018) observaram que houve maior rendimento de frutos das plantas cultivadas em calhas em comparação com o cultivo em vasos, o que foi atribuído ao maior crescimento radicular, em função da formação de um sistema contínuo entre as raízes do conjunto de plantas com o substrato de casca de arroz crua na calha, o que favorece a manutenção da umidade e a disponibilidade de água para as plantas.

O crescimento radicular está fortemente relacionado ao crescimento da planta como um todo, assim como, a massa seca de raízes é dependente da massa seca total da planta. Tal relação é denominada de alometria ou crescimento relativo (Fageria & Moreira, 2011). Assim, os fatores que impulsionam a atividade do sistema radicular, como o adequado aporte de água, aumentam o crescimento da parte aérea da planta e, conseqüentemente, o rendimento de frutos (Marcelis, 1993). Desta maneira, a partir das constatações de Perin *et al.* (2018) sobre a influência do sistema de cultivo sobre o crescimento radicular do tomateiro e deste sobre o

crescimento da parte aérea da planta (Marcelis, 1993), a adequação das técnicas de manejo fitotécnico para determinada cultivar deve considerar o sistema de cultivo em substrato adotado.

Neste sentido, o manejo do número de hastes das plantas é uma prática que pode afetar a relação fonte/dreno e as respostas produtivas do tomateiro (Peil & Gálvez, 2005; Muller & Wamser, 2009; Perin *et al.*, 2018). A sua adequação depende das características de crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas, as quais, além de serem altamente dependentes do material genético (Silva *et al.*, 2012; Rosa, 2015; Takahashi & Cardoso, 2015; Perin *et al.*, 2018; Dutra *et al.*, 2021), podem ser afetadas pelo sistema de cultivo (Perin *et al.*, 2018; Marques *et al.*, 2018) e o equilíbrio da relação parte aérea/raízes.

Neste contexto, a produção e a distribuição da matéria seca de uma planta é o elemento chave para a avaliação do crescimento através da quantificação do total de material acumulado em cada parte da planta (raiz, caule, folha e fruto). Os fotoassimilados produzidos pelas folhas (fonte) são utilizados para o crescimento e uma parte é armazenada temporariamente na forma de açúcares e amido, para em seguida serem exportados para outros órgãos da planta (drenos) (Verkley & Chaela 1988;). Além das características genéticas intrínsecas a cada cultivar (Heuvelink, 1995; Fayad *et al.*, 2001; Negreiros *et al.*, 2010), o acúmulo e a distribuição dos fotoassimilados são também dependentes de tratamentos culturais que promovam o equilíbrio entre o crescimento vegetativo (fonte) e os drenos, sendo fundamentais para garantir um adequado crescimento e alta produtividade da cultura.

A relação fonte/dreno e a distribuição dos assimilados entre os órgãos vegetativos e os frutos podem ser controlados através da variação do número de hastes (Peil & Gálvez, 2005; Perin *et al.*, 2018). O aumento do número de hastes e, conseqüentemente do número de folhas, ou seja, da área fotossintética, resulta numa elevação da produção de fotoassimilados (fonte), ao mesmo tempo em que há aumento do número de frutos (drenos) na planta. A carga de frutos é considerada um fator determinante na partição da matéria seca para os frutos. No entanto,

quanto maior for o número de frutos na planta, menor será o seu peso médio (Rosa, 2015; Perin *et al.*, 2018).

Desta forma, este trabalho parte da hipótese de que o crescimento radicular é beneficiado no cultivo em calhas com recirculação da solução drenada, proporcionando maior crescimento dos órgãos aéreos das plantas de minitomateiro, o que pode resultar em modificações da relação fonte/dreno e demandar alterações no manejo do número de hastes das plantas de minitomateiro.

Assim sendo, este trabalho objetiva estudar os efeitos do sistema de cultivo em substrato e do número de hastes sobre a produção e partição da massa seca, os índices de crescimento e o rendimento de frutos de plantas de minitomateiro dos tipos *grape* e italiano, nas condições do sul do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS (31°52' latitude Sul, 52°21' longitude Oeste e altitude de 13 m), no estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil. O clima da região é temperado com precipitação de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme W. Köppen, como tipo Cfa.

Foram realizados dois ensaios consecutivos: o primeiro, de 08 de outubro de 2018 a 21 de janeiro de 2019, empregando a cultivar híbrida de minitomateiro italiano Sorbetto (ISLA Sementes®); e o segundo de 28 de janeiro a 29 de Maio de 2019, com a cultivar híbrida de minitomateiro *grape* Dolcetto (ISLA Sementes®). Ambas as cultivares apresentam crescimento indeterminado. Os ensaios foram conduzidos em uma estufa de modelo com teto em arco, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m) com 5,0

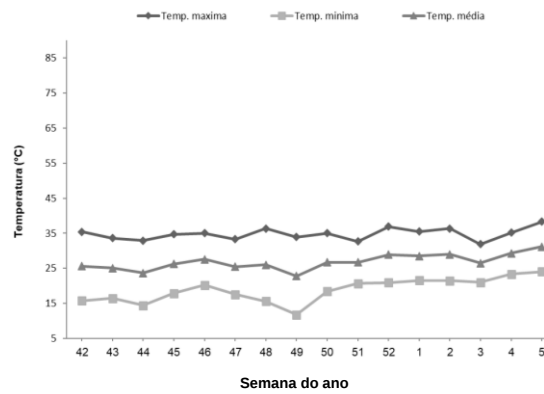
m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul, coberta com filme de polietileno de baixa densidade (150 μm de espessura), de solo nivelado e coberto com rafia sintética clara.

A metodologia descrita na continuação foi adotada nos dois ensaios. O manejo do ambiente da estufa foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura e fechamento diário das janelas laterais e portas, dependendo das condições climáticas do dia. Para a medição da temperatura máxima, mínima (Figura 1A e B) e umidade relativa do ar (Figura 1C e D) no ambiente interno da estufa, foi instalado em abrigo meteorológico um termo-higrômetro digital e diariamente eram feitas as leituras. A radiação solar global incidente no exterior da estufa (Figura 1E e F) foi obtida através dos dados coletados nas Estações Agroclimatológicas de Pelotas, localizada a aproximadamente 1000 m do local onde foi executado os experimentos.

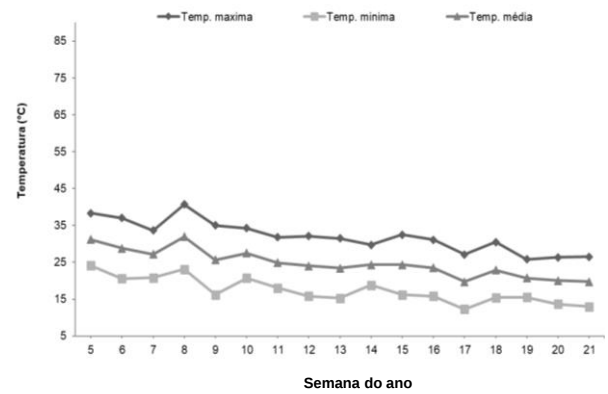
A produção de mudas foi realizada em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células com volume de 40 cm^3 , preenchidas com substrato comercial organo-mineral Carolina soil® e colocadas em sistema de irrigação flutuante (*floating*).

Ao apresentarem entre quatro e seis folhas definitivas, as plantas foram transplantadas para dois diferentes sistemas de cultivo em substrato: sistema aberto de cultivo em vasos e sistema fechado de cultivo em calhas. O primeiro foi um sistema sem a reutilização da solução drenada, caracterizado pelo emprego de vasos plásticos de 8 litros, dispostos sobre canais de madeira a uma altura de 0,10 m, cujo único objetivo foi conduzir o lixiviado para um tanque com capacidade de 100 litros, instalado na cota mais baixa de cada calha, de forma a permitir a sua coleta para posterior descarte de maneira apropriada. O segundo foi constituído por calhas de madeira de 7,5 m de comprimento, 0,20 m de largura e 0,10 m de altura, revestidas internamente com filme de polietileno dupla face preto-branco (200 μm de espessura), de maneira a formar canais de plástico para a condução do lixiviado até a rede coletora para a sua recirculação.

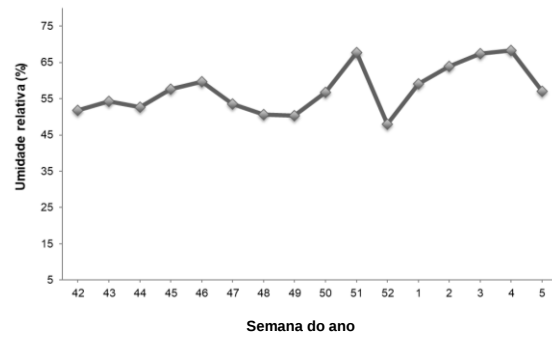
A



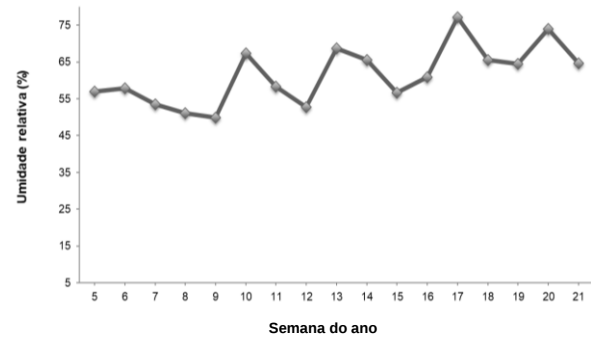
B



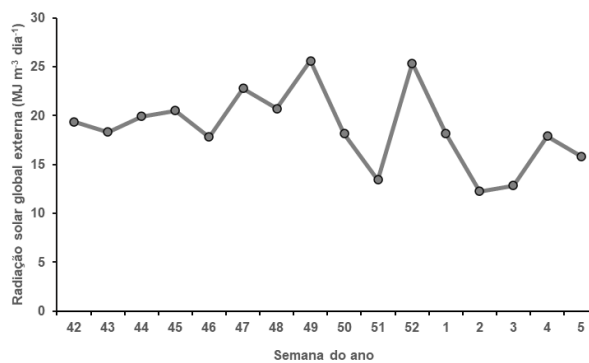
C



D



E



F

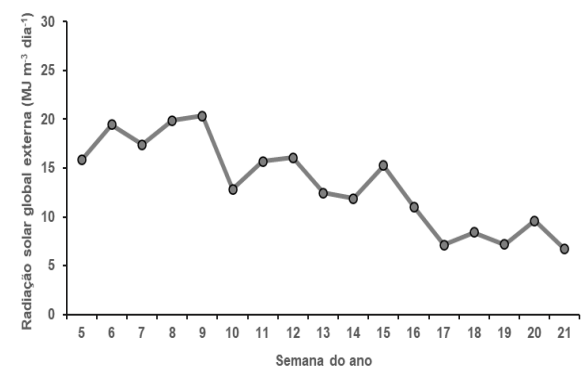


Figura 1: Evolução da temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa do ar no interior da estufa e da radiação solar global no exterior da estufa durante o período dos experimentos com as cultivares de minitomateiro italiano Sorbetto (A, C, E) e *grape* Dolcetto (B, D, F). Ciclos de primavera/verão no ano de 2018/2019, Pelotas-RS

Em ambos os sistemas, foi utilizado um substrato (Tabela 1) composto da mistura de casca de arroz carbonizada (70%) e substrato comercial organo-mineral Carolina soil® (30%), na razão de 8 litros por planta, perfazendo 128 litros de substrato por linha de cultivo, que comportava 16 plantas. Cada vaso recebeu 8 litros de substrato, formando uma camada de 22 cm de altura. Nas calhas, a altura da camada de substrato foi, aproximadamente, de 8,5 cm.

Tabela 1: Características físicas, condutividade elétrica e pH do substrato composto por casca de arroz carbonizada e substrato comercial Carolina Soil® (70:30 v/v) empregado no cultivo de minitomateiros italiano e *grape*. Pelotas-RS, 2018/2019.

Análises	Resultados
Densidade Úmida (g L ⁻¹)	160
Matéria Seca (g 100g ⁻¹)	94
Densidade Seca (g L ⁻¹)	151
Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	0,79
Espaço de Aeração (m ³ m ⁻³)	0,32
Água Facilmente Disponível (m ³ m ⁻³)	0,32
Água Tamponante (m ³ m ⁻³)	0,03
Capacidade de Retenção de Água 10 cm (m ³ m ⁻³)	0,48
Capacidade de Retenção de Água 50 cm (m ³ m ⁻³)	0,16
Capacidade de Retenção de Água 100 cm (m ³ m ⁻³)	0,13
Condutividade Elétrica (dS m ⁻¹)	0,83
Valor de pH (H ₂ O)	5,55

Análise de substrato realizada no laboratório de análise de substrato para plantas (LASPP – URGs); Porto Alegre, RS, Brasil.

Cada sistema foi montado em três linhas duplas de canais, com distância entre as linhas duplas de 1,2 m e entre linhas simples de 0,5 m. As plantas foram espaçadas em 0,5 m na linha de cultivo, o que determinou uma densidade de plantio de 2,35 plantas m⁻². Os canais foram apoiados sobre cavaletes de metal, de forma a proporcionar uma declividade de 3% para o escoamento da solução nutritiva até os reservatórios de solução nutritiva, enterrados na extremidade de cota mais baixa dos sistemas. Dois reservatórios de fibra de vidro de 500 litros para armazenamento da solução nutritiva, sendo um para cada sistema de cultivo, foram montados e acompanhados por um conjunto moto-bomba de 1/2 Hp, que impulsionava a

solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de 1/2". A partir desse ponto, a solução nutritiva era fornecida através de mangueiras de polietileno e gotejadores distanciados a 0,5 m e direcionados para a base das plantas. No sistema fechado, a solução drenada era coletada na extremidade inferior das calhas e reconduzida ao reservatório de solução nutritiva através de tubos de polietileno de 100 mm de diâmetro.

O fornecimento da solução nutritiva foi realizado através do acionamento das eletrobombas de modo que nas primeiras horas após o transplante, o sistema permanecera funcionando ininterruptamente com o objetivo de evitar eventual estresse hídrico às plantas. Após este período, de maneira geral, o fornecimento de solução nutritiva ocorria durante 2 a 5 minutos (dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura e da condição climática do dia) a cada 1 hora, das 08h00min às 18h00min, totalizando 11 pulsos no período diurno. No período noturno, a solução nutritiva era fornecida uma única vez durante 3 min, às 03 horas da madrugada. Em dias de alta radiação solar e elevada temperatura, os pulsos concentraram-se nas horas centrais do dia, e nos dias de baixa temperatura e/ou nublados, a sua frequência foi reduzida.

A composição da solução nutritiva foi adaptada, baseando-se na recomendação de Rocha *et al.* (2010) para minitomateiro cereja, e apresentava as seguintes concentrações de macronutrientes, em mmol l⁻¹: NO₃⁻ 16,8; H₂PO₄⁻ 1,4; SO₄²⁻ 2,1; NH₄⁺ 1,4; K⁺ 8,4; Ca²⁺ 4,2; Mg²⁺ 2,1; e de micronutrientes, em mg l⁻¹: Fe 3,0; Mn 0,5; Zn 0,05; B 0,15; Cu 0,02; Mo 0,01, e condutividade elétrica (CE) de 2,2 dS m⁻¹. Na fase de preparação das mudas (a partir da expansão da primeira folha definitiva), a solução foi utilizada a 40% da concentração original, correspondendo à CE de 0,9 dS m⁻¹. Durante o cultivo, manteve-se um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição foi realizada quando a CE diminuiu ou aumentou

20% em relação ao valor de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, através da adição de solução estoque concentrada ou de água, respectivamente. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5, ajustando-o, quando necessário, com a adição de solução ácida (H_3PO_4) ou solução básica (KOH).

As plantas foram submetidas a duas conduções quanto ao número de hastes (uma e duas hastes por planta). Foi considerada de uma haste, a planta conduzida apenas com a haste primária, e de duas hastes, as plantas nas quais realizou-se a poda da gema apical ao apresentarem quatro folhas verdadeiras, com o objetivo de estimular a brotação lateral, e assim selecionaram-se duas hastes secundárias para a condução. Todas as plantas foram tutoradas com fio de rafia, preso por um gancho de arame na linha de arame disposta paralelamente à linha de cultivo, na parte superior da estrutura da estufa. As plantas foram despontadas no ápice após a inserção do 10º cacho.

Os ensaios foram montados em delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas (2×2), com 4 tratamentos e seis repetições. O fator sistema de cultivo (vaso ou calha) foi alocado na parcela, (uma linha simples de cultivo com 16 plantas) e o fator número de hastes (uma ou duas hastes) foi alocado na subparcela (oito plantas). As plantas das extremidades das subparcelas foram consideradas como bordaduras. Duas plantas por repetição (12 plantas por tratamento) foram utilizadas como plantas controle, evitando-se as plantas de bordadura.

Foram realizadas avaliações do número e massa dos frutos ao longo de todas as colheitas. Quantificou-se a massa fresca acumulada de frutos e de todos os demais órgãos da planta, calculando-se, a partir dos valores obtidos, o índice de colheita (relação massa fresca de frutos/massa fresca total). O crescimento das plantas foi determinado mediante a avaliação da produção de massa seca acumulada ao final do ciclo de cultivo. As plantas foram fragmentadas em folhas, caule, raiz e frutos. Para a avaliação das raízes, foi retirado o excesso de substrato através de lavagem à baixa pressão. No caso do cultivo em calhas, separaram-se as raízes das

duas plantas controle mediante o corte do substrato em partes equidistantes em relação ao local do plantio. Após a lavagem, as raízes foram deixadas sobre bancadas para uma primeira secagem sob condições ambientes. As frações foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante. Os frutos colhidos ao longo do ciclo de cultivo e o material oriundo de desfolhas antecipadas foram avaliados e incorporados à fração correspondente. Ainda, realizou-se a contagem das folhas e determinação da área foliar acumulada através do método da quadrícula (1,0 cm x 1,0 cm) proposto por BLEASDALE, citado por Magalhães (1979), para depois determinar-se o índice de área foliar (área foliar/área solo; m² m⁻²), a área foliar específica (área foliar/ massa seca das folhas; cm² g⁻¹) e a razão de área foliar (área foliar/massa seca total da planta; cm² g⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P \leq 0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando o software SISVAR (versão 5.6) (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS

Produção de massa seca:

No ensaio com a cultivar Sorbetto, observou-se que, independentemente do número de hastes, as plantas das calhas apresentaram maior produção de massa seca de todos os órgãos e do total da planta, bem como maior relação raiz/parte aérea (Tabela 2). Os incrementos da produção de matéria seca de folhas, caule, frutos e total foram, respectivamente, de 29%, 24%, 26% e 28% em relação à massa seca das plantas cultivadas em vasos (Tabela 2). Este incremento foi da ordem de 70% quando se trata da matéria seca de raízes (Tabela 2).

Também no experimento com a cultivar *grape* Dolcetto, as plantas cultivadas no sistema de calhas apresentaram maior produção de massa seca das distintas frações avaliadas e total (Tabela 2). A massa seca de caule, folhas e frutos das plantas das calhas foi superior em 15%,

40% e 32%, respectivamente à das plantas cultivadas em vasos. Na média, no sistema de calhas, as plantas incrementaram a produção de massa seca de raiz em 30%. No entanto, não houve efeito significativo dos sistemas de cultivo sobre a relação raiz/parte aérea (Tabela 2).

O efeito isolado do número de hastes mostrou que as plantas da cultivar Sorbetto com duas hastes produziram maior massa seca de folhas, caule, frutos e total, independente do sistema de cultivo (Tabela 2). Com respeito à produção de massa seca de raiz e à relação raiz/parte aérea, não houve diferença significativa entre plantas de uma e de duas hastes (Tabela 2).

Tabela 2: Produção acumulada de massa seca de folha, caule, fruto, raiz e total da planta de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto), em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas hastes).

Fatores	Produção de massa seca (g planta ⁻¹)					Relação raiz/ parte aérea
	Folha	Caule	Fruto	Raiz	Total	
Cultivar Sorbetto ¹						
Sistema de cultivo						
Vaso	178,1 B*	137,0 B	209,0 B	20,3 B	544,4 B	0,039 B
Calhas	229,1 A	169,3 A	263,8 A	34,6 A	696,8 A	0,052 A
Número de hastes						
1 haste	191,2 B	137,6 B	181,4 B	27,4 ^{ns}	537,6 B	0,054 ^{ns}
2 hastes	215,9 A	168,8 A	291,4 A	27,6	703,8 A	0,0412
CV (%)	11,7	5,5	6,8	8,7	5,4	15,5
Cultivar Dolcetto ²						
Sistema de cultivo						
Vaso		63,9 B	128,7 B		286,8 B	0,019 ^{ns}
Calhas		73,7 A	180,3 A		377,9 A	0,023
Número de hastes						
1 haste		63,1 B	134,7 B		312,4 B	0,024 A
2 hastes		74,5 A	174,3 A		352,4 A	0,018 B
CV (%)		7,7	10,5		7,5	11,3

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019); ² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019); * Médias seguidas por letras distintas na coluna, são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey (P< 0,05). Ns: diferenças não significativas. CV: coeficiente de variação.

Plantas de duas hastes da cultivar Dolcetto também apresentaram maior produção de massa seca de caule, frutos e total (Tabela 2), quando comparadas com as conduzidas em haste única. Diferentemente do que ocorreu com a cultivar Sorbetto, as plantas de Dolcetto conduzidas com duas hastes apresentaram maior relação raiz/parte aérea (Tabela 2).

Com respeito à massa seca de folhas e de raízes da cultivar Dolcetto, constatou-se o efeito combinado entre o sistema de cultivo e o número de hastes da planta (Tabela 3). Plantas conduzidas com duas hastes apresentaram maior massa seca de folhas e de raízes do que as plantas com haste única quando cultivadas no sistema de calhas (Tabela 3). No cultivo em vasos, não foram observadas diferenças significativas entre a massa seca de folhas e de raízes de plantas com uma e duas hastes (Tabela 3).

Tabela 3: Produção acumulada de massa seca de folha e raiz da planta de minitomateiro *grape* Dolcetto, em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas hastes).

Produção de massa seca (g planta ⁻¹)				
Cultivar Dolcetto				
	Folhas		Raiz	
Sistema de cultivo	1 haste	2 hastes	1 haste	2 hastes
Vaso	87,9 Ba	89,6 Ba	5,4 Ba	5,5 Ba
Calha	106,4 Ab	125,0 Aa	7,6 Ab	9,0 Aa
CV (%)	3,2		14,9	

Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019); * Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey (P < 0,05). CV: coeficiente de variação.

Partição de massa seca:

A análise de variância demonstrou que não houve interação significativa entre os fatores sistema de cultivo e número de hastes em relação à partição de massa seca entre os diferentes órgãos das plantas de ambas as cultivares.

No sistema de cultivo em calhas, as raízes representaram 5,0% (Tabela 4) da massa seca das plantas da cultivar Sorbetto, cifra superior à observada no cultivo em vasos, que foi de 3,7% (tabela 4). Por outro lado, a alocação proporcional de massa seca no caule foi reduzida (Tabela 4) nas plantas das calhas; e a proporção destinada às folhas e aos frutos (Tabela 4) não foi afetada. Na média, os frutos representaram 38,1% da massa seca produzida pelas plantas da cultivar Sorbetto.

Tabela 4: Partição de massa seca entre os diferentes órgãos da planta de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto), em função do sistema de cultivo em substrato (vaso e calha) e do número de hastes por planta (uma e duas).

Partição de massa seca (%)								
Fatores	Cultivar Sorbetto				Cultivar Dolcetto			
	Folha	Caule	Frutos	Raiz	Folha	Caule	Frutos	Raiz
Sistema de cultivo								
Vaso	32,7 ^{ns}	25,2 ^{ns}	38,4 ^{ns}	3,7 B	31,0 ^{ns}	22,3 A	44,8 B	1,9 ^{ns}
Calhas	32,9	24,3	37,8	5,0 A	30,6	19,5 B	47,7 A	2,2
Número de Hastes								
1 haste	35,6 A	25,6 A	33,7 B	5,1 A	34,3 A	20,3 ^{ns}	43,1 B	2,3 A
2 hastes	30,7 B	24,0 B	41,4 A	3,9 B	27,6 B	21,1	49,5 A	1,8 B
CV (%)	6,5	5,3	1,9	9,9	3,9	0,4	2,7	13,0

Médias seguidas por letras distintas em cada coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey ($P < 0,05$). Ns: diferenças não significativas. CV: coeficiente de variação.

Com respeito à partição de massa seca das plantas da cultivar Dolcetto, o sistema de calhas também ocasionou a redução da massa seca destinada ao caule (Tabela 4), no entanto, neste caso, os frutos foram os órgãos beneficiados e receberam 47,7% da massa seca produzida pela planta, valor significativamente superior ao verificado no cultivo em vasos, que foi de 44,8% (Tabela 4). A partição de massa seca para as raízes e folhas da cultivar Dolcetto não foi afetada pelo sistema de cultivo. Na média, as raízes representaram 2,1% da massa seca produzida (Tabela 4).

Em relação ao efeito isolado do número de hastes, plantas com duas hastes, de ambas

as cultivares, promoveram maior distribuição de massa seca para os frutos (Tabela 4), em detrimento das frações alocadas em todos os demais órgãos. Nas plantas de Sorbetto, cultivadas com uma e duas hastes, os frutos representaram 33,7 e 41,4% e as raízes 5,1 e 3,9 % (Tabela 4) da massa seca total, respectivamente. Na cultivar Dolcetto, os valores foram de 43,2 e 49,5% para frutos e 2,3 e 1,8% para raízes (Tabela 4), respectivamente, em plantas com uma e duas hastes.

Índices de crescimento:

Com exceção da interação significativa verificada para os resultados de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) das plantas da cultivar Dolcetto (Tabela 5), a análise de variância indicou ausência de interação entre o sistema de cultivo e o número de hastes para os resultados dos demais índices de crescimento avaliados em plantas de ambas as cultivares.

Tabela 5: Índices de crescimento [número de folhas, índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF)] de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com diferentes números de hastes (uma e duas hastes).

Fatores	Número de Folhas planta ⁻¹	IAF m ² m ⁻²	AFE cm ² g ⁻¹	RAF
Cultivar Sorbetto ¹				
Sistema de cultivo				
Vaso	47,4 ^{ns}	2,4 B*	57,8 ^{ns}	18,9 ^{ns}
Calhas	49,5	3,3 A	60,7	19,9
Número de Hastes				
1 haste	34,6 B	2,2 B	49,2 B	17,5 B
2 hastes	62,4 A	3,5 A	69,0 A	21,2 A
CV (%)	5,1	21,9	13,9	19,6
Cultivar Dolcetto ²				
Sistema de cultivo				
Vaso	36,8 ^{ns}	1,2 B		
Calhas	37,2	1,6 A		
Número de Hastes				
1 haste	29,4 B	1,3 B		
2 hastes	44,6 A	1,5 A		
CV (%)	7,2	2,4		

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019); ² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019); *Médias seguidas por letras distintas na coluna, são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey (P< 0,05). ns: diferenças não significativas. CV: coeficiente de variação.

O cultivo em calhas não afetou o número de folhas, a AFE e a RAF (Tabela 5), porém proporcionou um maior índice de área foliar (IAF; Tabela 5) para a cultivar Sorbetto. No caso da cultivar Dolcetto, o efeito positivo sobre o IAF (Tabela 5) do cultivo em calhas se manteve e tampouco houve efeito do sistema sobre o número de folhas. Contudo, o cultivo em calhas proporcionou a elevação da AFE e da RAF (Tabela 5) das plantas desta cultivar conduzidas com duas hastes.

Com respeito ao efeito do número de hastes, observou-se que plantas de Sorbetto com duas hastes apresentaram maior número de folhas, IAF, AFE e RAF (Tabela 5 e 6), independentemente do sistema de cultivo empregado. De maneira semelhante, as plantas da

cultivar Dolcetto com duas hastes também foram superiores quanto ao número de folhas e IAF (Tabela 5) em ambos os sistemas de cultivo. Porém, plantas com duas hastes apresentaram maior AFE (Tabela 6) somente no sistema de calhas e não apresentaram diferenças significativas em relação às plantas de haste única no cultivo em vasos. Quanto à RAF (Tabela 6), em ambos os sistemas, não houve diferenças entre plantas de uma e duas hastes.

Tabela 6: Índices de crescimento [área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF)] de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com diferentes números de hastes (uma e duas hastes).

	AFE (cm² g⁻¹)		RAF (cm² g⁻¹)	
Cultivar Dolcetto				
Sistema de cultivo	1 haste	2 hastes	1 haste	2 hastes
Vaso	53,8 Aa	59,9 Ba	18,6 Aa	16,6 Ba
Calha	49,9 Ab	69,5 Aa	17,1 Aa	18,9 Aa
CV (%)	6,9		9,1	

Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019); * Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey (P< 0,05). CV: coeficiente de variação.

Componentes do rendimento:

O efeito isolado dos fatores sobre o número, a produção, o peso médio de frutos e o índice de colheita (IC; Tabela 7) foi detectado nos dois experimentos.

No sistema de calhas, as plantas das duas cultivares apresentaram maior número e produção de frutos (Tabela 7).

Tabela 7: Número, produção e peso médio de fruto e índice de colheita (IC) de plantas de duas cultivares de minitomateiro (italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto) cultivadas em vasos e calhas e conduzidas com uma e duas hastes.

Fatores	Número frutos	Produção (kg planta ⁻¹)	Peso médio do fruto (g fruto ⁻¹)	IC %
Cultivar Sorbetto ¹				
Sistema de cultivo				
Vaso	235 B	2,9 B	12,1 ^{ns}	57 A
Calhas	284 A	3,6 A	12,6	52 B
Número de Hastes				
1 haste	201 B	2,5 B	12,5 ^{ns}	50 B
2 hastes	317 A	3,9 A	12,4	58 A
CV (%)	1,9	4,5	8,9	4,9
Cultivar Dolcetto ²				
Sistema de cultivo				
Vaso	195 B	1,4 B	7,2 B	55 B
Calhas	249 A	1,9 A	7,8 A	57 A
Número de Hastes				
1 haste	166 B	1,5 B	8,9 A	53 B
2 hastes	278 A	1,8 A	6,7 B	58 A
CV (%)	2,8	8,5	5,1	2,5

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019); ² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019); * Médias seguidas por letras distintas na coluna são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey ($P < 0,05$); ns: diferenças não significativas; CV: coeficiente de variação.

As plantas da cultivar Sorbetto produziram, em média, 284 frutos no sistema de calhas (Tabela 7), valor 21% superior ao obtido no cultivo em vasos, que foi de 235 frutos/planta (Tabela 7). A produção de frutos nos vasos foi de 2,9 kg/planta, enquanto nas calhas houve um incremento de 24%, alcançando 3,6 kg/planta (Tabela 7). No entanto, o IC (Tabela 7) das plantas de Sorbetto cultivadas no sistema de vasos foi superior ao observado nas plantas do sistema de calhas. Já, o peso médio do fruto desta cultivar (Tabela 7) não sofreu influência do sistema de cultivo.

No experimento com a cultivar Dolcetto, no sistema de calhas obteve-se um incremento de 28% do número e de 36% da produção de frutos por planta, que foram, respectivamente, 249 frutos e 1,9 kg/planta (Tabela 7), enquanto no sistema de vasos estas cifras foram de 195 frutos e 1,4 kg/planta (Tabela 7). Ainda para esta cultivar, foi verificado que o sistema de calhas

beneficiou a obtenção de frutos com maior peso médio e proporcionou um valor mais elevado de IC (Tabela 7).

Quanto ao efeito do número de hastes, foi observado nos experimentos com as duas cultivares, que a condução com duas hastes resultou em maior número e produção de frutos da planta, bem como maior IC (Tabela 7).

Plantas com duas hastes de Sorbetto produziram 317 frutos e resultaram em 3,9 kg de colheita, com IC de 58%. Enquanto plantas de haste única apresentaram 201 frutos, produção de 2,5 kg e IC de 50% (Tabela 7). O peso médio do fruto não foi afetado pelo número de hastes das plantas desta cultivar.

Os resultados verificados com plantas de duas hastes de Dolcetto foram de 278 frutos, produção de 1,8 kg e IC de 58%. Nas plantas de haste única, os valores obtidos foram de 166 frutos, 1,5 kg e IC de 53% (Tabela 7). No entanto, para esta cultivar, o peso médio dos frutos das plantas de duas hastes foi inferior ao obtido com o cultivo de plantas de haste única (Tabela 7).

4 DISCUSSÃO

Nos experimentos de ambas as cultivares, embora tenha-se empregado igual volume (8 litros/planta) e o mesmo substrato nos dois sistemas, e considerando que este substrato, segundo os parâmetros definidos por Fermino (2014), apresentava propriedades físicas, condutividade elétrica e pH (Tabela 1) adequados para o bom desenvolvimento das plantas, verificou-se que o cultivo em calhas promoveu uma maior produção de massa seca de raízes (Tabela 2 e 3) do que o cultivo em vasos.

A maior relação raízes/parte aérea (Tabela 2) indica uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes minerais das plantas das calhas, o que proporcionou uma maior expansão foliar, atestada pelo superior IAF (Tabela 5), que por sua vez significa uma área

fotossintetizante superior e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados. Como consequência, houve o incremento da produção de massa seca da parte aérea e das próprias raízes (Tabela 2 e 3), o que confirma o conceito de alometria ou crescimento relativo entre as raízes e a planta como um todo, isto é, de que a massa seca de raízes é dependente da massa seca total da planta (Fageria & Moreira, 2011).

Os diferentes padrões de distribuição da massa seca (Tabela 4), observados entre as plantas dos dois sistemas de cultivo, indicam que no sistema de calhas as plantas da cultivar Sorbetto destinaram maior proporção da massa seca produzida para as raízes e, no caso da cultivar Dolcetto, para os frutos. Isso ocorreu, em ambas cultivares, em detrimento da distribuição para o caule.

Desta forma, o maior crescimento da planta (Tabela 2 e 3) resultou no pegamento de um maior número de frutos (Tabela 7), o que resultou numa superior produção de frutos das plantas cultivadas nas calhas (Tabela 7).

Os efeitos positivos do cultivo em calhas foram verificados, independentemente do número de hastes da planta, da cultivar de minitomate e da estação do ano em que o experimento foi realizado.

Acredita-se que as respostas das plantas aos sistemas de cultivos estejam associadas à própria dimensão e arquitetura do recipiente de cultivo e as características do substrato utilizado, o que determinou a disposição das raízes das plantas neste.

O maior crescimento das raízes na extensão das calhas foi facilitado pela formação de um sistema contínuo raízes-substrato e pelo acúmulo e escoamento da solução nutritiva na base destas. A presença de um grupo de plantas crescendo de forma contígua nas calhas favoreceu o entrelaçamento e a formação de um manto de raízes, o que promoveu a retenção de solução nutritiva no sistema por um tempo mais longo após cada pulso de fornecimento. Na figura 2A,

pode-se observar que as raízes ocuparam de forma uniforme a reduzida altura de 8,5 cm da camada do substrato disposto na calha.

Por outro lado, no cultivo nos vasos, apesar de perceber-se a presença de raízes ao longo da altura de 22 cm do volume do substrato no vaso (Figura 2B), houve uma distribuição desuniforme destas, com presença de maior volume de raízes na camada inferior do substrato. Aparentemente, a capacidade de retenção de água do substrato de 48% (Tabela 1) não garantiu a permanência da umidade na camada superior do mesmo. Assim, grande parte das raízes concentraram-se na base do vaso, acompanhando o fluxo de escoamento da solução nutritiva sob efeito da força de gravidade. Desta forma, o volume de substrato colonizado pelas raízes das plantas nos vasos foi inferior àquele das calhas. Isso não significa que no sistema de cultivo em vasos tenha havido deficiência hídrica, pois as frequências de irrigação foram iguais. Mas a menor altura da camada do substrato e o cultivo de um grupo de plantas nas calhas, em comparação com o cultivo individual feito nos vasos, proporcionou que o volume de substrato efetivamente colonizado pelas raízes e o aproveitamento da água e/ou solução nutritiva fosse superior.



Figura 2: Distribuição do sistema radicular de plantas de minitomateiro no substrato retirado da calha (A) e do vaso (B). Ciclos de primavera/verão no ano de 2018/2019, Pelotas-RS

Corroborando estes resultados, Perin *et al.* (2018) também observaram maior crescimento das raízes e de toda planta e superior produção de frutos de minitomateiro no cultivo em calhas em comparação com o cultivo em vasos, ambos empregando a casca de arroz *in natura* como substrato. Os autores atribuíram o menor crescimento das plantas nos vasos à maior dificuldade em absorver água e nutrientes, uma vez que as paredes dos vasos exercem certa tensão sobre a água.

Tal justificativa tem embasamento no princípio de Pascal, citado por Tanaka (2020), que afirma que o aumento da pressão exercida a um líquido é transmitido na totalidade em todos os pontos do líquido assim como nas paredes do seu recipiente. Por outro lado, no cultivo da minimelancia em substrato à base de casca de arroz *in natura*, Dutra *et al.* (2021) não encontraram diferenças entre os sistemas de calha e de vasos quanto à produção de frutos.

Mesmo havendo o cultivo em calhas promovido a produção de massa seca das folhas (Tabela 2 e 3) e o IAF (Tabela 5) das duas cultivares (Tabela 2), a partição proporcional da massa seca para estes órgãos (Tabela 4) e o número de folhas (Tabela 5) foram indiferentes entre os sistemas. Este último justificado pelo fato de se ter conduzido com igual número de folhas nos dois sistemas. Por outro lado, para as AFE e a RAF (Tabela 5), componentes morfológicas que expressam a área foliar útil da planta (AFE) e área foliar utilizada para produzir 1 grama de massa seca (RAF) (Benincasa, 2003), também foram indiferentes na cultivar Sorbetto entre os sistemas de cultivo, justificado pelo fato de se ter observado um elevado coeficiente de variação nas duas variáveis; mas que para a cultivar Dolcetto, o efeito da interação entre as calhas e as plantas conduzidas com duas hastes favoreceram esses parâmetros (Tabela 6), mesmo as plantas conduzidas em duas hastes produzindo maior número de folhas, e IAF (Tabela 5).

De maneira semelhante ao reportado por diversos autores (Tanaka *et al.*, 1974, Heuvelink 1995, Peluzio *et al.*, 1999, Fayad *et al.*, 2001, Flores 2007, Negreiros *et al.*, 2010,

Albuquerque & Peil 2012, Ji *et al.*, 2020), nos dois experimentos, os frutos foram os maiores drenos de fotoassimilados, pois receberam a maior proporção da massa seca produzida pela planta, devido à forte capacidade que o conjunto destes órgãos tem de atrair fotoassimilados para si. Os frutos foram seguidos pelas folhas, caule e, por fim, as raízes (Tabela 4). Para a cultivar Dolcetto, houve um efeito positivo das calhas na distribuição de massa seca para os frutos, que receberam 47,7% dos fotoassimilados (Tabela 4). Valores semelhantes foram observados por Fayad *et al.* (2001); Lucena (2011); Peil *et al.* (2014); Rosa (2015); Takahashi & Cardoso (2015) e Perin *et al.* (2018). Estes resultados podem ser justificados pelo simples fato de que a reduzida altura do substrato (8,5 cm) empregue no sistema de cultivo em calhas face ao vaso (22 cm), possibilitou maior ocupação do perfil do substrato, permitindo uma melhor distribuição do sistema radicular (Peil *et al.*, 2021) e maior aproveitamento da solução nutritiva na calha do que no vaso, razão pela qual viu-se uma maior partição de massa seca da raiz da cultivar Sorbetto e dos frutos da cultivar Dolcetto. Por outro lado, a expressão genética das cultivares impostas pela variação da época (Tabela 1) e sistemas de cultivo, pode ter contribuído para que na cultivar Sorbetto não houvesse diferenças significativas entre os órgãos folha, caule e fruto mesmo o coeficiente de variação sendo baixo (Tabela 4) e estes órgãos terem produzido maior massa seca no sistema de calhas (Tabela 2).

O maior número de folhas (Tabela 5) das plantas com duas hastes conduziu à elevação do IAF (Tabela 5), o que representa uma maior capacidade de interceptação da radiação solar, superior área fotossintetizante e consequentemente maior produção de fotoassimilados com benefícios à produção de massa seca das folhas, caule, fruto e total destas plantas (Tabela 2). Este é um processo retroalimentado, pois a partir de uma maior produção de massa seca das folhas, maior será a expansão destas e, por consequência, maior crescimento da área fotossintetizante da planta como um todo (Xu *et al.*, 2009, Ardila *et al.*, 2011, Luna *et al.*, 2014, Taiz *et al.*, 2017).

Em se tratando das plantas de duas hastes da cultivar Sorbetto, houve uma superior expansão foliar em relação à produção de massa seca foliar e total, visto que apresentaram maior AFE e RAF (Tabela 5) do que as plantas de haste única, independentemente do sistema de cultivo adotado. O mesmo efeito homogêneo não aconteceu com a cultivar Dolcetto, uma vez que plantas de duas hastes somente apresentaram maior AFE do que as de uma haste no cultivo em calhas (Tabela 6). Estes resultados podem ter sido originados principalmente graças as peculiaridades genéticas da cultivar Dolcetto, face a estação do ano em que ocorreu o seu cultivo (Figura 1B, D e F). Observam-se na Tabela 3, igualdades quanto a produção de massa seca da folha e raiz entre as plantas de uma e duas hastes produzidas no vaso, o que pode ter levado a maior alocação proporcional de assimilados as raízes (Tabela 4) e consecutivamente a AFE e RAF das plantas cultivadas no vaso (Tabela 5).

O maior crescimento das plantas de duas hastes garantiu o pegamento de um maior número de frutos na planta (Tabela 7), concordando com os relatos de Marim *et al.* (2005), Ara *et al.* (2007), Charlo *et al.* (2009) e Heine *et al.* (2015), que também constataram o aumento no número de frutos de acordo com aumento no número de hastes. Já, Perin (2021) encontrou diferentes resultados quanto ao número de frutos quando trabalhou com cultivares de tomateiro salada enxertados, conduzidas com uma e duas hastes.

O maior número de frutos (Tabela 7) crescendo na planta levou a uma maior distribuição de massa seca para estes órgãos (Tabela 4) em ambas as cultivares. Isto propiciou um incremento da produção de frutos e, conseqüentemente, maior índice de colheita (Tabela 7). Os resultados obtidos por outros autores, como Carvalho & Tessarioli (2005), Ara *et al.* (2007), Charlo *et al.* (2009) e Heine *et al.* (2015), também apontam a maior produção de frutos em plantas conduzidas com duas hastes em relação a plantas de haste única.

Entretanto, ainda na variável produção (Tabela 7), plantas conduzidas com duas hastes produziram cerca de 56% e 20% (Sorbetto e Dolcetto) a mais em relação as plantas de haste

única, produtividade considerada boa atendendo e considerado que os cultivos foram realizados em ciclos de cultivo curtos (103 e 93 dias para Sorbetto e Dolcetto). Outros autores (Marim *et al.*, 2005, Ara *et al.*, 2007, Charlo *et al.*, 2009 e Heine *et al.*, 2015) também encontraram incremento de produção em plantas de duas hastes em relação as de uma, perto do percentual visto neste trabalho.

Confirmando resultados obtidos anteriormente em plantas de minitomateiros (Carvalho & Tessarioli, 2005; Rosa, 2015; Perin *et al.*, 2018), o efeito esperado do maior número de hastes sobre a redução do peso médio das frutas ocorreu nas plantas da cultivar Dolcetto (Tabela 7). Paradoxalmente não se observou esta diferença na cultivar Sorbetto, provavelmente porque as cargas de frutos trabalhadas (Tabela 7) neste ensaio não ultrapassaram o valor limite de saturação para a distribuição de massa seca para estes órgãos (Heuvelink, 1997), o que garantiu homogeneidade no tamanho médio dos frutos.

Embora plantas de duas hastes tenham originado maior produção de massa seca vegetativa (Tabela 2), a maior alocação proporcional de massa seca para os frutos (Tabela 4), indica que houve um aumento da força de dreno dos frutos em relação às plantas de uma haste, em detrimento da distribuição às folhas e raízes em ambas as cultivares, assim como também ao caule (Tabela 4), nas plantas de Sorbetto. Desta maneira, os resultados corroboram pesquisas anteriores que verificaram efeito semelhante quanto à alteração da relação fonte-dreno na cultura do tomateiro através da duplicação de número de hastes (Heuvelink 1995; Peil & Galvez, 2005; Rosa, 2015; Perin *et al.*, 2018).

Por outro lado, o crescimento das raízes não foi beneficiado nas plantas de duas hastes da cultivar Sorbetto, uma vez que a produção de massa seca (Tabela 2) não aumentou, mas na cultivar Dolcetto foi beneficiado, principalmente devido ao efeito interativo entre o sistema de cultivo em calhas e as plantas conduzidas com duas hastes (Tabela 3). Já a distribuição proporcional de fotoassimilados às raízes (Tabela 4) diminuiu consideravelmente em relação

às plantas de haste única, o que pode ser atribuído ao fato de que, com o aumento do número de hastes, há aumento de pontos de crescimento e, consecutivamente maior produção de auxinas, hormônios que são distribuídos para todas as partes da planta, incluindo as raízes, através do floema, mas que nestas tem ação inibitória sobre o crescimento (Taiz & Zeiger, 2017).

Percebe-se, através dos resultados, que as respostas das plantas ao manejo do número de hastes estão diretamente associadas ao efeito multiplicador sobre o número de órgãos crescendo nas plantas, e suas relações com a área foliar (Tabela 5) e a produção de massa seca.

Assim sendo, pode-se aferir através dos resultados de que houve diferentes respostas das plantas quando submetidas aos sistemas de cultivo e o número de hastes. Os sistemas de cultivo em calha afetaram o crescimento radicular das plantas através da formação de um manto de raízes entrelaçadas, facilitado pela arquitetura do próprio sistema, o que proporcionou maior área de absorção de nutrientes minerais, permitindo maior crescimento da parte aérea, diferentemente das plantas produzidas nos vasos. Contudo, verificou-se respostas pouco conclusivas nas plantas com duas hastes em relação as de haste única, nos sistemas de cultivo em calha, mas quando analisadas isoladamente, plantas conduzidas com duas hastes levaram a maior produção em ambas cultivares, independentemente do sistema de cultivo e estação do ano.

5 CONCLUSÃO

O sistema de cultivo em calhas aumenta o crescimento radicular e influencia positivamente na produção de fotoassimilados de todos os órgãos das plantas das cultivares de minitomateiros do tipo italiano Sorbetto e do tipo *grape* Dolcetto;

Plantas conduzidas com duas hastes acumulam mais fotoassimilados do que plantas de haste única, independente da cultivar.

A cultivar de minitomateiro Dolcetto responde à associação dos sistemas de cultivo sem solo em vasos e calhas com o número de hastes das plantas.

O rendimento dos frutos das cultivares Sorbetto e Docetto é maior quando adotado o sistema de cultivo em calhas e as plantas são conduzidas com duas hastes.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pelotas, à CAPES e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque Neto, A.A.R., e Peil, R.M.N. (2012). Performance of tomato genotypes in hydroponic system and fall/winter crop-season. *Hortic. Bras.* 30(4), 613-619. Doi:10.1590/S0102-05362012000400009.
- Ara N, Bashar M. K, Begun S, Kanon SS. Effect of spacing and stem pruning on the growth and yield of tomato. *Int. J. Sustain. Crop Prod.* 2007 Ago; 2(3): 35-9
- Ardila G. R, Fischer G, Balaguera-López HE (2011) Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em tiempo fisiológico bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 5:44-56.
- Benincasa M. M. P. 2003. Análise de crescimento de plantas (Noções Básicas). Jaboticabal: FCAV, 41 p;
- Carvalho, L. A.; Tessarioli Neto, J. (2005); Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, p. 986-989;
- Charlo H. C. O, Souza S. C, Castoldi R, Braz LT. Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. *Hort Bras.* 2009 Apr; 27(2): 144-49.
- Dutra, J. G., Peil, R.M.N., Duarte, T.S., Rombaldi, C.V., Grolli, P.R., Pereira, A.S., Dorneles, A.O.S. 2021. Fruit production and quality of mini-watermelon with different number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. *Semina-Ciencias Agrarias.* 42. 471-486.
- Fageria, N. K., Moreira, A., The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In Donald L. Sparks, editor: *Advances in Agronomy*, Vol. 110, , pp. 251-331. ISBN: 978-0-

12-385531-2

- Fayad, J. A., Fontes, P.C.R., Cardoso, A.A., Finger, L.F., Ferreira, F.A. 2001. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**.19(3). 365-370.
- Fermino, M. H. Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112p.
- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*. 35(6). 1039-1042.
- Flores M. E. P. 2007. Variabilidade genética de acessos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) com base na avaliação de fotossíntese, partição de fotoassimilados e produção. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 48 p. (Dissertação de Mestrado).
- Heine, A. J. M; Moraes, M. O. B; Porto, J. S; Souza, J. R; Reboucas, T. N. H; Santos, B. S. R (2015); Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate; 10.14808/Scientia Plena 11, 090202;
- Heuvelink, E. 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. *Scientia Horticulturae*. 61. 77-99.
- Heveulink E. 1997. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. *Scientia Horticulturae* 69: 51-59
- Ji, Y., Nuñez Ocaña, D., Choe, D., Larsen, D.H., Marcelis, L.F.M. and Heuvelink, E. (2020), Far-red radiation stimulates dry mass partitioning to fruits by increasing fruit sink strength in tomato. *New Phytol*, 228: 1914-1925. <https://doi.org/10.1111/nph.16805>
- Lucena, Rafaella Rayane Macedo de; Crescimento, partição de assimilados e acúmulo de macronutrientes pelo tomateiro ‘SM-16’ em diferentes coberturas do solo; Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração em Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semi- Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação; Mossoró, 2011; Pg. 106;
- Luna AM, García ER, Servín JLC, Herrera AL, Arellano JS (2014) Evaluation of different concentrations of nitrogen for tomato seedling production (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Universal Journal of Agricultural Research* 2:305-312
- Magalhães, A. C. N. 1979. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. *Fisiologia Vegetal*. EPU/EDUSP, São Paulo. v. 1, p. 331-350.
- Marcelis, L. F. M. 1993. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. Effect of fruit load and temperature. *Scientia Horticulturae*. 54(2). 107-121.
- Marim, B. G.; Silva, D. J. H.; Guimarães, M. A.; Belfort, G. (2005). Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. *Horticultura*

- Brasileira. Brasília, v. 23, p. 951-955.
- Marques, G. N., Peil, R. M. N., Perin, L., Carini, F., Rombaldi, C. V. 2018. Growth, Yield and Phytochemical Characterization of Small Watermelon Varieties in Hydroponics; Journal of Experimental Agriculture International; 23(2). 1-10.
- Mueller, S., Wamser A. F. 2009. Combinação da altura de desponte e do espaçamento entre plantas de tomate. Horticultura Brasileira. 27. 64-69.
- Negreiros, M. Z., Lopes, W. A. R., Dombroski, J. L. D., Rodrigues, G.S.O., Soares, A.M., Araújo, A.P., Freitas, R.M.O., Freire, A.G. 2010. Crescimento e desenvolvimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. Horticultura Brasileira 28: S1732-S1738.
- Neutzling, C., Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Grolli, P. R., Perin, L. 2018. Reutilización del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 12(3). 602-610.
- Peil, R. M. N., Albuquerque Neto, A. A. R., Rombaldi, C. V. (2014). Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. Horticultura Brasileira. 32(2), 234-240.
- Peil, R. M. N., López-Gálvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto en invernadero. Revista Brasileira de Agrociência. 11(1). 5-11.
- Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Perin, L. 2021 Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. In: Jorge Luiz Barcelos Oliveira; Rosandro Boligon Minuzzi; Luciano Tartaro; Raíssa Eiko Nagaoka. (Org.). Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico. 1ed. Florianópolis: Tribo da Ilha. 121-139.
- Peluzio J. M; Casali V. W. D; Lopes N. F; Miranda G. U; Santos G. R. 1999. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. Ciênc. Agrotec., v. 23, 3: 510-514.
- Perin, L., Peil, R.M.N., Hohn, D., Rosa, D.S.B., Weith, A.R., Grolli, P.R. 2018. Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. Acta Scientiarum. Agronomy. 40(e34992).
- Perin, Lais. Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivo sem solo. 2021. 123 f. Tese (Doutor em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

- Rodríguez, R.D.R., Herrera, A.L., Téllez, L.I.T., Bernal, L.E.P., Sanchez, L.O.S., Rodríguez, J.MO. 2020. Water and fertilizers use efficiency in two hydroponic systems for tomato production. *Horticultura Brasileira*. 38. 47-52.
- Rosa, Douglas Schulz Bergmann. Número de hastes para o cultivo do tomateiro *grape* em substrato de casca de arroz e sistema fechado. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- Rocha, M. Q.; Peil, R. M. N.; Cogo, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010.
- Silva, C.M., Gusmão, S. A. L., Silva, G.B., Lima, G.C. 2012. Efeito da poda de ramos laterais na qualidade e produção de frutos de mini melancia em cultivo hidroponico NFT. R. Bras. Agrociência. 18(4). 304-314.
- Strassburger, A.S; Peil, R.M.N; Fonseca, L.A da., Aumonde, T.Z., Mauch, C.R. 2011. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo; Acta Scientiarum Agronomy. 33(2). 283-289.
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre, 888p.
- Taiz, L. & Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 819p. 2017.
- Takahashi, K., Cardoso, A.I.I. 2015. Produção e qualidade de minitomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. *Horticultura Brasileira*. 33(4). 515-520.
- Tanaka A; Fujita K; Kikuch K. 1974. Nutriophysiological studies on the tomato plant. IV. Source-sink relationships and structure of the source-sink unit. *Soil Science Plantarum Nutrition*, v.20, 3: 305-315.
- Tanaka, Hugo Shigueo. Princípio de Pascal. Todo Estudo. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/principio-de-pascal>. Acesso em: 29 de September de 2020.
- Verkley F. V; Chaela, H. 1988. Diurnal export and carbon economy in an expanding source leaf of cucumber at contrasting source and sink temperature. *Physiology Plant* 74: 284-293;
- Xu F, Guo W, Xu W, Wei Y, Wang R (2009) Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves. *Progress in Natural Science* 19:1789-1798.

Artigo 2: Consumo e eficiência do uso da água e dos fertilizantes e potencial de contaminação de sistemas aberto e fechado de cultivo em substrato para minitomateiros

(Segundo Normas da Revista Acta Scientiarum Agronomy)

CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E DOS FERTILIZANTES E POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE SISTEMAS ABERTO E FECHADO DE CULTIVO EM SUBSTRATO PARA MINITOMATEIROS

RESUMO

Para a produção de minitomates no Brasil, entre os diversos sistemas de cultivo sem solo, destaca-se o cultivo em sistemas abertos em vasos com livre drenagem dos lixiviados para o ambiente, que causa uma perda excessiva de água e nutrientes minerais para o ambiente, o que contribui para a contaminação dos solos e corpos de água, além de representar perda de recursos financeiros. Por outro lado tem-se os sistemas de cultivos fechados em calhas, que priorizam a recirculação da solução nutritiva, reduzindo assim gastos de água, fertilizantes e a contaminação ambiental pela excessiva carga de nutrientes contidas nos drenados, assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo comparar quantitativamente o volume de água e de fertilizantes consumidos, solução drenada lixiviada, bem como avaliar a eficiência do uso da água e dos fertilizantes e as relações de contaminação de minitomateiros cultivados em sistema de cultivo aberto em vasos e fechado em calhas. Os experimentos foram conduzidos no sul do Brasil na primavera de 2018 e verão de 2019, no campo didático e experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL/Capão do Leão, utilizando duas cultivares de minitomateiro do tipo *grape* e italiano (Sorbetto e Dolcetto), cultivadas em sistemas de cultivo aberto em vasos e fechado em calhas. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de biomassa dos frutos, consumo hídrico e de fertilizantes, volume solução nutritiva lixiviada, eficiência no uso da água e de fertilizantes e as relações de contaminação dos sistemas de cultivo litros de solução lixiviada/biomassa de frutos e litros de substrato/biomassa de frutos produzidos. Contudo, os resultados demonstraram que a recirculação da solução drenada no sistema fechado de calhas garante uma economia de cerca de 40 a 50% na quantidade de água e de fertilizantes, com ganhos na produtividade de frutos de minitomateiros e baixo potencial de impacto ambiental frente ao sistema de cultivo de vasos com drenagem livre. O gasto diário de solução nutritiva no cultivo de minitomateiros em calhas varia aproximadamente, de 1,0 a 2,1 litros planta⁻¹ e no sistema de cultivo aberto em vasos é de 1,6 a 4,3 litros planta⁻¹. O consumo de água e de fertilizantes do sistema fechado de calhas apresenta elevada eficiência de uso de ambos os insumos em comparação com o cultivo em sistema aberto de vasos. E o volume lixiviado no sistema de calhas corresponde a uma fração de apenas 2% da quantidade lixiviada no cultivo em sistema aberto de vasos.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum* L.; recirculação de solução nutritiva; cultivo em vaso e calha;

**WATER AND FERTILIZER CONSUMPTION AND USE EFFICIENCY AND
POTENTIAL FOR CONTAMINATION OF OPEN AND CLOSED SUBSTRATE
CULTIVATION SYSTEMS FOR MINI TOMATO PLANTS**

ABSTRACT

To produce mini tomatoes in Brazil, among the various soilless cultivation systems, the cultivation in open systems in pots with free drainage of the leachate to the environment, which causes an excessive loss of water and mineral nutrients to the environment, stands out. which contributes to the contamination of soils and water bodies, in addition to representing a loss of financial resources. On the other hand, there are closed cropping systems in gutters, which prioritize the recirculation of the nutrient solution, thus reducing water, fertilizers and environmental contamination due to the excessive load of nutrients contained in the drains. quantitatively compare the volume of water and fertilizers consumed, drained leached solution, as well as evaluate the efficiency of water and fertilizer use and the contamination ratios of mini tomato plants grown in an open cultivation system in pots and closed in gutters. The experiments were carried out in southern Brazil in the spring of 2018 and summer of 2019, in the didactic and experimental field of the Department of Phytotechnics, Faculty de Agronomy Eliseu Maciel/UFPEL/Capão do Leão, using two mini tomato cultivars, *grape* and Italian (Sorbetto and Dolcetto), grown in open growing systems in pots and closed in gutters. The following variables were evaluated: Production of fruit biomass, water and fertilizer consumption, volume of leached nutrient solution, efficiency in the use of water and fertilizers and the contamination ratios of the cultivation systems liters of leached solution/fruit biomass and liters of substrate/biomass of produced fruits. However, the results showed that the recirculation of the drained solution in the closed system of gutters guarantees savings of about 40 to 50% in the amount of water and fertilizers, with gains in the productivity of mini tomato plants and low potential for environmental impact compared to free-draining pot growing system. The daily expenditure of nutrient solution in the cultivation of mini tomatoes in gutters varies, approximately, from 1.0 to 2.1 liters plant⁻¹ and in the open cultivation system in pots it is from 1.6 to 4.3 liters plant⁻¹. The consumption of water and fertilizers in the closed system of gutters presents high efficiency in the use of both inputs compared to the cultivation in an

open system of pots. And the volume leached in the gutter system corresponds to a fraction of only 2% of the amount leached in the open system of pots.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum* L.; nutrient solution recirculation; cultivation in pots and troughs.

INTRODUÇÃO

Entre os diversos grupos de tomate estão os minitomates, que vêm despertando muita atenção em meio aos produtores em todo mundo, devido ao seu tamanho, cor e sabor diferenciados.

Outrora produzido diretamente no solo, hoje no Brasil, majoritariamente os minitomates são produzidos em sistemas de cultivo sem solo e sob ambiente protegido. A migração do solo para os sistemas de cultivo sem solo ocorreu a partir do momento em que as condições químicas, físicas e biológicas dos solos foram se deteriorando devido ao intenso cultivo na mesma área, o que conduziu a uma elevada contaminação dos solos e assim ocasionando queda da produção.

Entre os sistemas de cultivo sem solo existentes no Brasil para o minitomateiro, destaca-se o cultivo em substrato com a utilização de vasos em sistema aberto, isto é, com livre drenagem para o ambiente da solução excedente à capacidade máxima de retenção do substrato (Peil *et al.*, 2021). A livre drenagem causa uma perda excessiva de água e nutrientes minerais para o ambiente, o que contribui para a contaminação dos solos e corpos de água, além de representar perda de recursos financeiros.

Considerando que os sistemas abertos são adotados pela grande maioria dos produtores comerciais que cultivam tomateiro em substrato no Brasil, a contaminação ambiental continua sendo um problema nos sistemas de produção sob ambiente protegido. Via de regra, a drenagem no cultivo em substrato tem como objetivo lixiviar o excesso de nutrientes e de outros elementos do substrato a cada novo fornecimento de solução nutritiva ou água, de forma a manter a condutividade elétrica (CE) do meio radicular dentro do intervalo adequado para a cultura (Van Os *et al.*, 1995; Wamser, 2014). Estimativas feitas na Europa demonstram que cerca de 200 litros m⁻² de solução nutritiva e 500 g m⁻² de Fertilizantes são drenados nos sistemas abertos, considerando uma fração de drenagem de 20 a 30 % (Benoit & Ceustermans, 1995).

Como contraponto, tem-se o sistema de cultivo em substrato com reutilização da solução drenada, ou seja, fechado. Apesar de ser adotado há muitas décadas em países europeus (Benoit & Ceustermans, 1995; Van Os *et al.*, 1995), no Brasil, para a cultura do tomateiro, na

prática, vem sendo utilizado somente em pesquisas (Peil *et al.*, 2014; Rosa, 2015; Carini *et al.*, 2018; Perín *et al.*, 2018). A utilização de calhas ou canaletas, dispostas com uma certa declividade e conectadas a uma rede de coleta da solução drenada, facilita o fechamento do sistema, não existindo perda significativa de nutrientes e água. Este sistema é visto como alternativo ao sistema aberto, por ser de baixo custo se comparado com os vasos e reduzir o gasto com água e fertilizantes (Peil *et al.*, 2021).

No âmbito da pesquisa, vários trabalhos já foram realizados no Brasil, validando a empregabilidade dos sistemas de cultivo fechados para a cultura do minitomateiro (Rosa, 2015; Perin *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2020), da abobrinha italiana (Strassburguer *et al.*, 2011), do pepineiro (Neutzling *et al.*, 2018) e da minimelancia (Dutra *et al.*, 2021). Peil & Signorini (2018) indicam que através do sistema fechado é possível reduzir entre 20 e 40% o fornecimento de água e de 25 a 45 % o gasto com fertilizantes. Em levantamento realizado na Espanha, observou-se uma economia de 38% no volume de água e de 59% na quantidade de fertilizantes gastos no cultivo do tomateiro em substrato com recirculação da solução nutritiva em comparação com o cultivo em sistema aberto (Cooperativas agro-alimentarias, 2019).

A adoção de sistemas de cultivo em substratos de baixo custo, que promovam baixa contaminação ambiental e economia na utilização da água e dos fertilizantes pode vir a ser uma alternativa viável para a proteção dos ecossistemas em pequenas áreas de produção. Neste contexto, estudos comparativos sobre sistemas de cultivo aberto e fechado, que avaliem o gasto de água e fertilizantes, bem como o potencial de contaminação, realizados de forma experimental, sob as mesmas condições, são escassos e de grande importância para o Brasil.

Assim, este trabalho teve como objetivo comparar quantitativamente o volume de água e de fertilizantes consumidos e de solução drenada lixiviada, bem como avaliar a eficiência do uso da água e dos fertilizantes e as relações de contaminação de minitomateiros cultivados em sistema aberto de cultivo em vasos e fechado de cultivo em calhas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS (31°52' latitude Sul, 52°21' longitude Oeste e altitude de 13 m), na região sul do Brasil. O clima da região é temperado de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme W. Köppen, como tipo Cfa;

Dois ensaios consecutivos foram realizados: o primeiro, de 08 de outubro de 2018 a 21

de janeiro de 2019, empregando a cultivar híbrida de minitomateiro italiano Sorbetto (ISLA Sementes®); e o segundo de 28 de janeiro a 29 de Maio de 2019, com a cultivar híbrida de minitomateiro *grape* Dolcetto (ISLA Sementes®). Ambas as cultivares apresentam crescimento indeterminado. Os ensaios foram conduzidos em uma estufa de modelo com teto em arco, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m) com 5,0 m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul, coberta com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), de solo nivelado e coberto com rafia sintética clara.

A metodologia descrita a continuação foi adotada nos dois ensaios:

O manejo do ambiente da estufa foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura e fechamento diário das janelas laterais e portas, dependendo das condições climáticas do dia. Para a medição da temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar (Figura 1 A e B) no ambiente interno da estufa, foi instalado em abrigo meteorológico um termo-higrômetro digital e diariamente eram feitas as leituras.

A produção das mudas foi realizada em bandejas de poliestireno expandido (Isopor ®) de 128 células com volume de 40 cm³, preenchidas com substrato comercial organo-mineral Carolina soil® e colocadas em sistema de irrigação flutuante (*floating*).

Ao apresentarem entre quatro e seis folhas definitivas, as plantas foram transplantadas para dois diferentes sistemas de cultivo em substrato: sistema aberto de cultivo em vasos e sistema fechado de cultivo em calhas.

O primeiro foi um sistema sem a reutilização da solução drenada, caracterizado pelo emprego de vasos plásticos de 8 litros, dispostos sobre canais de madeira, cujo objetivo foi conduzir o lixiviado para um tanque com capacidade de 100 litros, instalado na cota mais baixa de cada calha, de forma a permitir a sua coleta para posterior medição e descarte de maneira apropriada. O segundo foi constituído por calhas de madeira de 7,5 m de comprimento, 0,20 m de largura e 0,10 m de altura, revestidas internamente com filme de polietileno dupla face preto-branco (200 µm de espessura), de maneira a formar canais de plástico para a condução do lixiviado até a rede coletora para a sua recirculação.

Em ambos os sistemas foi utilizado um substrato (Densidade Úmida 160 g L⁻¹, Matéria Seca 94 g 100 g⁻¹, Densidade Seca 151 g L⁻¹, Porosidade Total 0,79 m³ m⁻³, Espaço de Aeração 0,32 m³ m⁻³, Água Facilmente Disponível 0,32 m³ m⁻³, Água Tamponante 0,03 m³ m⁻³, Capacidade de Retenção de Água 10 cm 0,48 m³ m⁻³, Capacidade de Retenção de Água 50 cm 0,16 m³ m⁻³, Capacidade de Retenção de Água 100 cm 0,13 m³ m⁻³, Condutividade Elétrica 0,83 dS m⁻¹, Valor de pH em H₂O 5,55) composto da mistura de casca de arroz carbonizada (70%)

e substrato comercial organo-mineral Carolina soil[®] (30%).

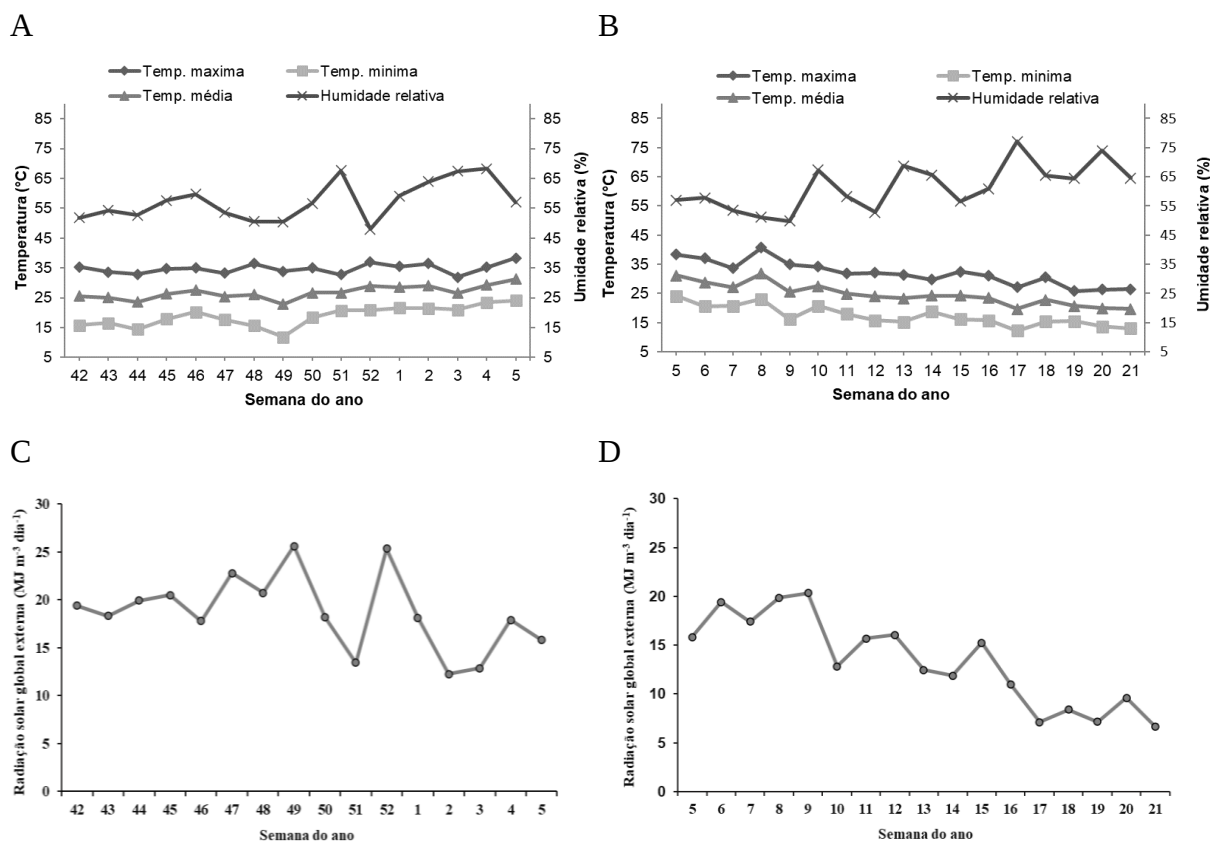


Figura 1: Variação da temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa do ar no interior da estufa e da radiação solar global no exterior da estufa durante o período de condução dos ensaios com as cultivares de minitomateiro italiano Sorbetto (A, C) e *grape* Dolcetto (B, D). Ciclos de primavera/verão no ano de 2018/2019. Pelotas-RS.

Cada vaso recebeu 8 litros de substrato, formando uma camada de 22 cm de altura. Nas calhas, a altura da camada de substrato foi, aproximadamente, de 8,5 cm, de maneira que o volume de substrato por planta também fosse de 8 litros.

Cada um dos dois sistemas foi montado em três linhas duplas de canais, com distância entre as linhas duplas de 1,2 m e entre linhas simples de 0,5 m. As plantas foram espaçadas em 0,5 m na linha de cultivo, o que determinou uma densidade de plantio de 2,35 plantas m⁻². Cada linha de cultivo comportava 16 plantas, perfazendo 128 litros de substrato.

Os canais foram apoiados sobre cavaletes de metal, de forma a proporcionar uma declividade de 3% para o escoamento da solução nutritiva até os reservatórios de solução nutritiva, enterrados na extremidade de cota mais baixa dos sistemas. Dois reservatórios de fibra

de vidro de 500 litros para armazenamento da solução nutritiva, sendo um para cada sistema de cultivo, foram montados e acompanhados por um conjunto moto-bomba de 1/2 Hp, que impulsionava a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de 1/2". A partir desse ponto, a solução nutritiva era fornecida através de mangueiras de polietileno e gotejadores distanciados a 0,5 m e direcionados para a base das plantas. No sistema fechado, a solução drenada era coletada na extremidade inferior das calhas e reconduzida ao reservatório de solução nutritiva através de tubos de polietileno de 100 mm de diâmetro.

O fornecimento da solução nutritiva foi realizado de modo que nas primeiras horas após o transplante, o sistema permanecera funcionando ininterruptamente com o objetivo de evitar eventual estresse hídrico às plantas. Após este período, de maneira geral, o fornecimento de solução nutritiva ocorria durante 2 a 5 minutos (dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura e da condição climática do dia) a cada uma hora, das 08h00min às 18h00min, totalizando 11 pulsos no período diurno. No período noturno, a solução nutritiva era fornecida uma única vez durante 3 min, às 03 horas da madrugada. Em dias de alta radiação solar e elevada temperatura, os pulsos concentraram-se nas horas centrais do dia, e nos dias de baixa temperatura e/ou nublados, a sua frequência foi reduzida.

A composição da solução nutritiva foi adaptada, baseando-se na recomendação de Rocha *et al.* (2010) para minitomateiro cereja, e apresentava as seguintes concentrações iniciais de macronutrientes, em mmol l⁻¹: NO₃⁻ 16,8; H₂PO₄⁻ 1,4; SO₄²⁻ 2,1; NH₄⁺ 1,4; K⁺ 8,4; Ca²⁺ 4,2; Mg²⁺ 2,1; e de micronutrientes, em mg l⁻¹: Fe 3,0; Mn 0,5; Zn 0,05; B 0,15; Cu 0,02; Mo 0,01, e condutividade elétrica (CE) de 2,2 dS m⁻¹. Na fase de preparação das mudas (a partir da expansão da primeira folha definitiva), a solução foi utilizada a 40% da concentração original, correspondendo à CE de 0,9 dS m⁻¹. Durante o cultivo, ajustes na concentração de nutrientes foram feitos, buscando adequar o manejo nutricional às condições de crescimento vegetal e do clima.

Também, manteve-se um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. O controle da CE e do pH foi realizado com base nos valores medidos na solução drenada. A reposição foi realizada quando a CE diminuiu ou aumentou 20% em relação ao valor de 2,2 dS m⁻¹, através da adição de solução estoque concentrada ou de água, respectivamente. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5, ajustando-o, quando necessário, com a adição de solução ácida (H₃PO₄) ou solução básica (KOH).

As plantas foram tutoradas com fio de ráfia, preso por um gancho na linha de arame

disposta paralelamente à linha de cultivo, na parte superior da estrutura da estufa. As plantas da cultivar Sorbetto foram despontadas no ápice após a inserção do 10º cacho e as de Dolcetto, após o 6º cacho floral.

Os ensaios foram montados em delineamento experimental de blocos casualizados com dois tratamentos e três repetições. Cada parcela correspondeu a uma linha (canal) de cultivo, com 16 plantas. As plantas das extremidades das parcelas foram consideradas como bordaduras.

Doze plantas por tratamento foram utilizadas como plantas controle para as avaliações de produção da biomassa de frutos, evitando-se as plantas de bordadura. Os frutos colhidos ao longo do ciclo de cultivo foram pesados para a obtenção da massa fresca. A cada colheita uma amostra de 10 frutos por planta era separada, determinando-se o peso fresco. Na sequência, os frutos amostrados foram secos em estufa de ventilação forçada a 65° C até peso constante, determinando-se a massa seca dos frutos. Através da relação de massa seca / massa fresca da amostra, se estimou a massa seca total dos frutos.

Avaliou-se ainda o consumo hídrico (litros planta⁻¹ e litros m⁻²) e de fertilizantes (g planta⁻¹ e g m⁻²) em cada sistema nos dois ensaios, considerando um volume inicial de 500 litros, estimou-se o consumo hídrico das plantas por diferença diária, através da leitura direta da altura da lâmina de solução nutritiva nos tanques de injeção dos sistemas (com auxílio de uma régua graduada), considerando o volume de reposição. A quantidade de fertilizantes consumida foi avaliada através dos valores acumulados das quantidades dispendidas para a formulação da solução nutritiva.

O volume e a CE da solução nutritiva lixiviada foram medidos diariamente (utilizando uma régua graduada, um pHmetro e um condutivímetro) nos reservatórios de recolhimento do sistema de cultivo aberto. No reservatório do sistema fechado, o volume de solução nutritiva residual no final do ciclo da cultura foi medido. A quantidade total de fertilizantes presentes no lixiviado foi determinada através de uma estimativa baseada na relação entre a composição inicial da solução nutritiva e a CE dos lixiviados.

A partir dos dados de biomassa de frutos, de consumo hídrico e de fertilizantes e do volume de solução drenada descartada, foram calculadas a eficiência no uso da água e de fertilizantes e as relações de contaminação dos sistemas de cultivo. A eficiência no uso da água e dos fertilizantes foi calculada a partir das relações entre a produção de biomassa de frutos acumulada, os dados de consumo hídrico (kg de matéria fresca e g de matéria seca dos frutos produzida por litro de água) e os dados de consumo de fertilizantes (g de matéria fresca e seca dos frutos produzida por g de fertilizante).

Com base na avaliação do resíduo de substrato descartado e do lixiviado gerado no ciclo

de cultivo (volume de solução e g de fertilizantes), as seguintes relações de contaminação dos sistemas de cultivo foram estabelecidas e analisadas: litros de solução lixiviada e g de fertilizantes totais lixiviados por kg de massa fresca e seca de frutos produzidos; e litros de substrato por kg de matéria fresca e seca de frutos produzidos.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (versão 5,6) (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os experimentos, conforme esperado, observou-se que no sistema de cultivo fechado em calhas o consumo de água e de fertilizantes (Tabela 1) foram substancialmente inferiores ao verificado no sistema aberto de cultivo em vaso.

Nos respectivos experimentos com as cultivares Sorbetto e Dolcetto, o consumo hídrico acumulado (Tabela 1) no sistema aberto com o uso de vasos foi de 446,8 litros planta⁻¹ e 143,2 litros planta⁻¹, enquanto no cultivo fechado, em calhas, foi de 219,2 litros planta⁻¹ e 87,9 litros planta⁻¹ (Tabela 1). Transpondo os dados para os valores de consumo diário, verificou-se um consumo médio respectivo às duas cultivares de 4,34 e 1,57 litros planta⁻¹ dia⁻¹ no cultivo em vasos. No cultivo em sistema fechado em calhas, as médias diárias foram de 2,13 e 0,97 litros planta⁻¹ dia⁻¹.

O gasto de água no sistema fechado de calhas representou 49% e 61% do consumo verificado no sistema aberto de vasos, respectivamente, para as cultivares Sorbetto e Dolcetto. Isto é, houve uma economia de água da ordem de 51% e 39%, respectivamente.

Em relação ao gasto total de fertilizantes (Tabela 1), no sistema fechado de calhas, a quantidade correspondeu a 51% e 62% da verificada no cultivo em sistema aberto de vasos, respectivamente, no cultivo de Sorbetto e Dolcetto.

Tabela 1: Consumo hídrico e de fertilizantes de duas cultivares híbridas de minitomateiro em função do sistema de cultivo em substrato: vaso (aberto) e calha (fechado). Pelotas 2018 / 2019.

	Consumo hídrico		Consumo total de fertilizante		Quantidade de fertilizantes consumidos					
					Nitrato de Cálcio	Nitrato de Potássio	Monoamônio fosfato	Fosfato monopotássico	Sulfato de potássio	Sulfato de magnésio
	litro planta ⁻¹	litro m ⁻²	g planta ¹	g m ⁻²				g m ⁻²		
Cultivar do tipo mini italiano Sorbetto (ciclo de primavera/verão) ¹										
Sistema de cultivo										
Vaso	446,8 a	1049,9 a	853 a	2003 a	806 a	335 a	61 a	149 a	233 a	419 a
Calha	219,2 b	515,0 b	432 b	1015 b	425 b	127 b	34 b	69 b	146 b	213 b
CV (%)	2,6		7,1		6,5	10,0	10,2	6,3	6,1	11,4
Cultivar do tipo <i>grape</i> Dolcetto (ciclo de verão/outono) ²										
Vaso	143,2 a	336,4 a	322 a	757 a	356 a	71 a	19 a	54 a	108 a	148 a
Calha	87,9 b	206,6 b	200 b	470 b	223 b	40 b	12 b	34 b	70 b	92 b
CV (%)	3,0		8,0		7,0	9,0	10,0	6,0	7,0	13,0

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019);

² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019);

* Médias seguidas por letras distintas na coluna são significativamente diferentes de acordo com o teste F (P< 0,05);

ns: diferenças não significativas;

CV: coeficiente de variação.

Com respeito à quantidade dispendida de cada um dos fertilizantes fontes de macronutrientes (Tabela 1) no sistema de calhas, para a cultivar Sorbetto, houve uma economia que variou desde 37% para o sulfato de potássio, sendo de 44% para o nitrato de cálcio e o fosfato monoamônio, de 49% na quantidade de sulfato de magnésio, alcançando 54%, no caso do fosfato monopotássico, até o máximo de 62% na quantidade de nitrato de potássio (Tabela 1). As cifras verificadas no experimento com a cultivar Dolcetto, variaram desde 35%, para o sulfato de potássio, 37% para o nitrato de cálcio, o fosfato monoamônio e o fosfato monopotássico, sendo de 38% para o sulfato de magnésio e de 44% para o nitrato de potássio (Tabela 1). As variações entre as porcentagens são decorrentes do ajuste do aporte de fertilizantes, buscando a adequação do manejo nutricional ao longo dos ciclos de cultivo, em função das condições das plantas e do ambiente da estufa.

Desta forma, o sistema de calhas promoveu uma economia no gasto total de fertilizantes de 49% no cultivo de Sorbetto e de 38% no cultivo de Dolcetto.

Tais resultados corroboram pesquisas prévias, comparativas entre o consumo hídrico e de fertilizantes das culturas do tomateiro, em sistema aberto e fechado de cultivo em substrato (Meric *et al.*, 2011; Agung & Henry, 2015; Rodriguez *et al.*, 2020) (Tabela 2). Na produção de pepino, rosas e crisântemo resultados similares também foram observados por Tuzel *et al.* (1999a, 2000b) e Van Os (1999).

O consumo hídrico acumulado a cada decêndio nos dois sistemas de cultivo assim como nas cultivares (Figuras 2 e 3) apresentaram um comportamento quadrático. Até os 40 dias após o transplante ambos os sistemas de cultivo (aberto e fechado) apresentaram rápido consumo de solução nutritiva, com destaque para o sistema de cultivo aberto, coincidindo com a fase de maior temperatura ambiental (Figura 1). Dos 40 dias após o transplante até aos 70 dias observou-se uma estabilização do consumo, que veio a decrescer a partir dos 70 dias após o transplante em diante nos sistemas de cultivo aberto e fechado e cultivares Sorbetto e Dolcetto.

Nas duas cultivares, o sistema de cultivo aberto apresentou maior consumo de solução nutritiva em relação ao sistema fechado em todas as fases do desenvolvimento das plantas. Resultado justificado pelo simples fato de o sistema de cultivo aberto drenar parte dos lixiviados para o ambiente a cada fertirrigação com objetivo de reduzir a concentração de sais do meio radicular (Van Os, 1995; Wamser, 2014)

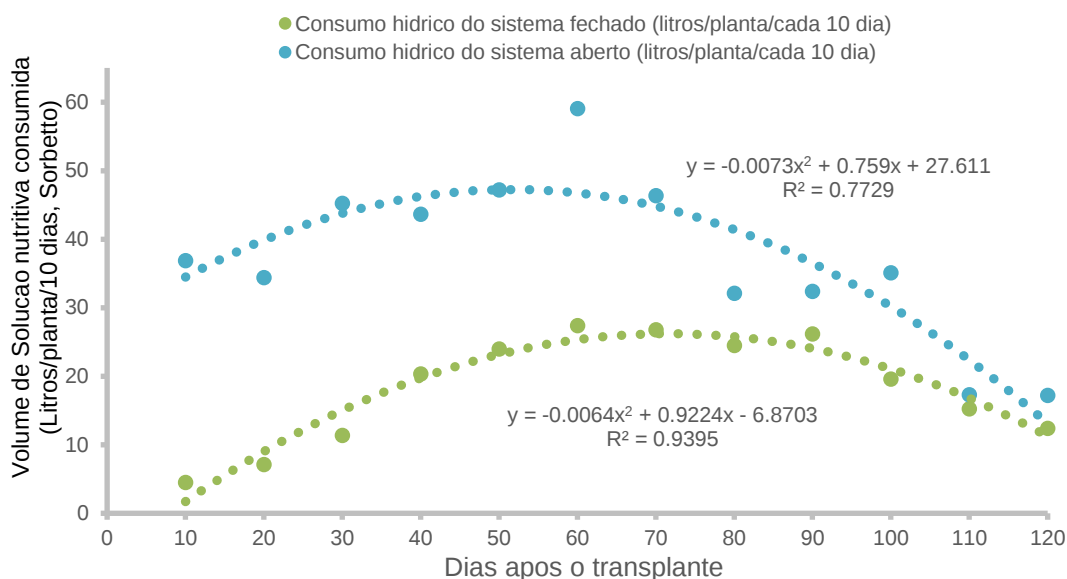


Figura 2: Consumo hídrico acumulado a cada decêndio no cultivo em substrato de minitomateiro italiano Sorbetto em sistema de vasos (aberto) e de calhas (fechado). Ciclos de primavera/verão no ano de 2018/2019. Pelotas-RS.

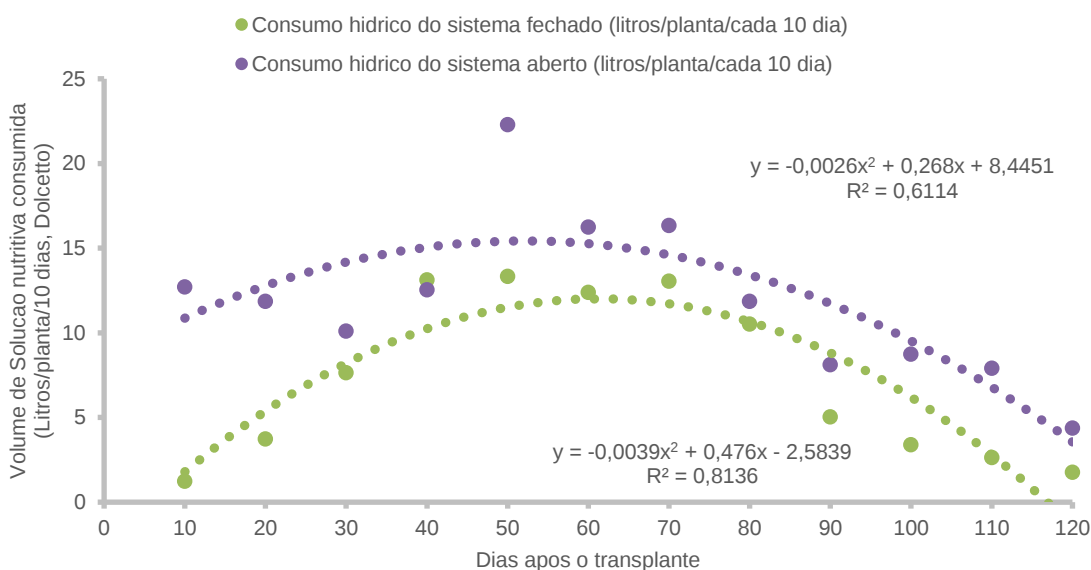


Figura 3: Consumo hídrico acumulado a cada decêndio no cultivo em substrato do minitomateiro *grape* Dolcetto em sistema de vasos (aberto) e de calhas (fechado). Ciclos de primavera/verão no ano de 2018/2019. Pelotas-RS.

Os dados acumulados do volume de lixiviado descartado pelos sistemas (Tabela 2) impressionam ao mostrar que no sistema de vasos, durante o curto ciclo de 108 dias, realizado com a cultivar Sorbetto, houve uma perda de 287,1 litros planta⁻¹, enquanto no sistema fechado

de calhas, foi de somente 5,1 litros planta⁻¹. Os números são também impactantes quando transpostos para volumes médios diários, sendo perdidos, respectivamente, 2,66 e 0,05 litros planta⁻¹ dia⁻¹.

No experimento com a cultivar Dolcetto, os volumes lixiviados foram bastante inferiores, em função do menor consumo hídrico (Tabela 1), sendo de 66,40 e 1,29 litros planta⁻¹ (Tabela 2), os quais representam um lixiviado descartado diariamente de 0,73 e 0,01 litros planta⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, no cultivo em sistema aberto e no cultivo em sistema fechado.

Desta forma, na média, o volume de drenado lixiviado no sistema fechado de calhas representou cerca de apenas 2 % do volume lixiviado no cultivo aberto.

O sistema de cultivo em vasos originou um volume de lixiviado (Tabela 2) correspondente a 64% e 46% do volume total de solução nutritiva (Tabela 1) fornecida às plantas de Sorbetto e de Dolcetto, respectivamente. Enquanto, no sistema fechado de calhas, o lixiviado descartado (Tabela 2) representou apenas 2,3 e 1,5% do volume total de solução nutritiva gasto (Tabela 1) durante o ciclo de produção de Sorbetto e de Dolcetto, respectivamente. A relação proporcional de perda total de fertilizantes (Tabela 2), através do lixiviado descartado, em relação ao aporte (Tabela 1), segue proporções próximas a estas.

Tabela 2: Volume de solução drenada lixiviada, quantidade total estimada de fertilizantes lixiviados no cultivo de duas cultivares híbridas de minitomateiro em sistema de vasos (aberto) e de calhas (fechado). Pelotas 2018 / 2019.

	Volume de solução drenada lixiviada		Total de fertilizantes lixiviados	
Cultivar do tipo mini italiano Sorbetto (ciclo de primavera/verão) ¹				
Sistema de cultivo	Litros planta ⁻¹	Litros m ⁻²	g litro ⁻¹	g m ⁻²
Vaso	287,08 a	674,64 a	1,88 a	1266,80 a
Calha	5,10 b	11,99 b	2,28 a	27,30 b
CV (%)	25,0	9,6	25,0	27,3
Cultivar do tipo <i>grape</i> Dolcetto (ciclo de verão/outono) ²				
Vaso	66,40 a	156,03 a	2,23 a	347,80 a
Calha	1,29 b	3,04 b	2,27 a	6,91 b
CV (%)	20,0	10,0	20,0	23,0

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019);

² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019);

* Médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes de acordo com o teste F (P < 0,05); CV: coeficiente de variação.

O ciclo mais longo de Sorbetto, e as constantes altas temperaturas e elevada radiação solar global no exterior da estufa (Figura 1A, C), verificadas durante praticamente todo o ciclo de cultivo, contribuíram para o maior consumo hídrico e de fertilizantes (Tabela 1) e o maior volume de lixiviado (Tabela 2) das plantas desta cultivar. Em contrapartida, os menores valores dispendidos no experimento realizado com a cultivar Dolcetto podem ser atribuídos ao ciclo mais curto, com a colheita de apenas seis cachos, e às condições de temperaturas e radiação solar global no exterior da estufa inferiores (Figura 1B, D) ocorrentes principalmente a partir da 5ª semana após o transplante (9ª semana do ano). Os sistemas de cultivo influenciaram de forma significativa a produção de biomassa produtiva (Tabela 3), assim como a eficiência de uso da água e dos fertilizantes (Tabela 3) em ambos os experimentos.

As plantas de Sorbetto, cultivadas no sistema fechado de calhas, proporcionaram um rendimento médio de frutos de $8.403,8 \text{ g m}^{-2}$, valor 25,6% superior ao obtido no sistema de vasos, que foi de $6.690,9 \text{ g m}^{-2}$ (Tabela 3). Já, no experimento com a cultivar Dolcetto, apesar dos menores rendimentos médios alcançados, o ganho proporcional do cultivo no sistema de calhas, cujo rendimento de frutos foi de $4.550,7 \text{ g m}^{-2}$ (Tabela 3), foi ainda maior, da ordem de 38,8%, em relação ao rendimento de frutos verificado no cultivo em vasos, que foi de $3.279,5 \text{ g m}^{-2}$ (Tabela 3).

Como consequência do maior rendimento de biomassa de frutos (Tabela 3) e do menor gasto de água e de fertilizantes (Tabela 1), o cultivo em calhas com recirculação da solução drenada promoveu de forma muito expressiva uma maior eficiência de uso da água (EUA) e dos fertilizantes (EUF) (Tabela 3).

No experimento com a cultivar Sorbetto, a EUA do sistema de calhas foi de $16,31 \text{ g}$ de massa fresca de frutos produzidos para cada litro de água consumido (Tabela 3), o que representa um acréscimo de 156% em relação à EUA obtida no sistema de vasos, que foi de somente $6,37 \text{ g litro}^{-1}$ (Tabela 3). No cultivo de Dolcetto, ainda que a produção de frutos (Tabela 3) tenha ficado em um patamar inferior à produção obtida pelas plantas de Sorbetto, em função da redução do consumo de água (Tabela 1), os valores de EUA foram superiores para esta cultivar: $22,03 \text{ g litro}^{-1}$, no cultivo fechado em calhas, sendo este valor 126% superior à EUA de $9,75 \text{ g litro}^{-1}$ (Tabela 3), obtida no sistema aberto de vasos.

Com base nos resultados expostos nas tabelas 1 e 3, pode-se calcular que no sistema aberto de vasos foram necessários 156,9 e 43,7 litros de água para a produção de 1 kg de frutos, respectivamente, das cultivares Sorbetto e Dolcetto. Como contraponto, no sistema de calhas com recirculação do drenado, o uso da água foi otimizado, gastando-se 61,30 e 19,3 litros para cada 1 kg de frutos produzidos das respectivas cultivares.

Tabela 3: Produção de biomassa de frutos (massa fresca e seca) de duas cultivares de minitomateiros, eficiência de uso da água e dos fertilizantes e relações de contaminação em função de dois sistemas de cultivo em substrato: vasos (aberto) e calhas (fechado). Pelotas 2018 / 2019.

	Produção de biomassa de frutos		Relações de eficiência				Relações de contaminação			
			Biomassa de frutos /água consumida		Biomassa de frutos/ fertilizantes consumidos		Solução lixiviada/ biomassa de frutos		Substrato/ biomassa de frutos	
	Fresca g m ⁻²	Seca g m ⁻²	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca litro kg ⁻¹	Seca litro g ⁻¹	Fresca litro kg ⁻¹	Seca litro kg ⁻¹
Cultivar do tipo mini italiano Sorbetto (ciclo de primavera/verão) ¹										
Sistema de cultivo										
Vaso	6690,9 b	491,16 b	6,37 b	0,47 b	3,34 b	0,25 b	100,83 a	1,37 a	2,81a	38,28 a
Calha	8403,8 a	619,96 a	16,31 a	1,20 a	8,28 a	0,61 a	1,43 b	0,019 b	2,24 b	30,32 b
CV (%)	4,5	4,0	32,0	30,0	1,0	40,0	2,0	2,0	35,4	1,0
Cultivar do tipo <i>grape</i> Dolcetto (ciclo de verão/outono) ²										
Vaso	3279,5 b	128,72 b	9,75 b	0,38 b	4,33 b	0,17 b	47,58 a	1,21 a	5,73 a	146,05 a
Calha	4550,7 a	180,28 a	22,03 a	0,87 a	9,68 a	0,38 a	0,67 b	0,016 b	4,13 b	104,28 b
CV (%)	4,5	4,3	30,0	29,0	1,0	33,0	1,0	1,0	30,0	

¹ Ciclo de 103 dias após o transplante (08 de outubro 2018 a 21 de janeiro de 2019);

² Ciclo de 91 dias após o transplante (28 de janeiro a 29 de maio de 2019);

* Médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes de acordo com o teste F (P< 0,05);

ns: diferenças não significativas;

CV: coeficiente de variação.

Com respeito à EUF (Tabela 3), os incrementos obtidos na massa fresca de frutos no sistema de calhas em relação aos valores do cultivo em vasos atingiram cifras semelhantes às verificadas para a EUA: 148%, no cultivo de Sorbetto, e 124%, no cultivo de Dolcetto.

Segundo os dados apresentados na Tabela 3, o sistema de cultivo em calhas promoveu maior produção de biomassa seca dos frutos ($619,96 \text{ g m}^{-2}$; $180,28 \text{ g m}^{-2}$) e relações de eficiência ($1,20 \text{ g litro}^{-1}$; $0,61 \text{ g litro}^{-1}$ e $0,87 \text{ g litro}^{-1}$; $0,38 \text{ g litro}^{-1}$) nas duas cultivares de minitomateiro em relação ao sistema de cultivo em vaso. Por outro lado, a cultivar Sorbetto produziu cerca de 1,2 g e 0,61 g de massa seca por cada litro de água e fertilizante consumido. Já a cultivar Docetto acumulou cerca de 0,87 g e 0,38 g de massa seca por cada litro de água e fertilizante consumido.

Estes resultados provam de que os sistemas de cultivo em calha para além de proporcionar maior acúmulo de massa seca do fruto, estes acúmulos foram mais eficientes observando-se o volume de água e fertilizantes gastos.

Os aspectos positivos do menor descarte de água e fertilizantes, através do reduzido volume lixiviado (Tabela 3), associados à maior produção de massa fresca e seca de frutos (Tabela 3) obtida no sistema fechado, se refletiram numa elevada otimização das relações de contaminação (Tabela 3) do sistema de calhas frente ao de vasos.

Para produzir um quilograma de biomassa produtiva fresca das cultivares Sorbetto e Dolcetto, no sistema de vasos foram descartados no ambiente 100,83 litros e 47,58 litros de lixiviado (Tabela 3), respectivamente. No cultivo fechado, a relação foi reduzida de forma muito contundente: somente 1,43 e 0,67 litros foram lixiviados para o ambiente para cada quilograma de massa fresca de frutos produzidos durante o ciclo de cultivo (Tabela 3). A mesma tendência acima citada, também foi observada quanto a produção de matéria seca de biomassa produtiva, os sistemas em calha necessitaram drenar menor volume de lixiviados e substratos para produzir 1 kg de matéria seca nas cultivares Sorbetto e Dolcetto (Tabela 3).

As relações entre o volume de substrato empregado e a produção de massa fresca e seca de frutos (Tabela 3) também foram otimizadas no cultivo em calhas para ambas as cultivares. Considerando que nos dois sistemas de cultivo utilizou-se o mesmo volume de substrato ($8,0 \text{ litros planta}^{-1}$ ou $18,8 \text{ litros m}^{-2}$), esta relação foi definida pelas superiores produções de massa fresca e seca obtidas no cultivo em vasos (Tabela 3).

Os resultados obtidos evidenciam de forma muito clara que o sistema de cultivo fechado, em função da reutilização da solução drenada, proporcionou uma elevada economia de água e de fertilizantes (Tabela 1), conforme indicado anteriormente por Agung & Henry (2015), Rodriguez *et al.* (2020) Peil, *et al.* (2021). Consecutivamente, o seu potencial de

impacto ambiental em termos de contaminação do solo e de poluição das fontes de água é reduzido em relação ao sistema de cultivo aberto (Agung & Henry, 2015; Rodriguez *et al.*, 2020).

CONCLUSÃO

A recirculação da solução drenada no sistema fechado de calhas garante a expressiva economia de aproximadamente 40 a 50% na quantidade de água e de fertilizantes, com ganhos na produtividade de frutos de minitomateiros e baixo potencial de impacto ambiental frente ao sistema de cultivo de vasos com drenagem livre.

O reduzido consumo de água e de fertilizantes observados no sistema fechado de calhas faz com que o cultivo de minitomateiros apresente elevada eficiência de uso de ambos os insumos em comparação com o cultivo em sistema aberto de vasos.

O volume lixiviado no sistema de calhas corresponde a uma fração muito reduzida da solução nutritiva fornecida às plantas e representa apenas 2% da quantidade lixiviada no cultivo em sistema aberto de vasos.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Pelotas, à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Agung, P. P & Henry Y.; Soilless Culture System to Support Water Use Efficiency and Product Quality: A Review; Agriculture and Agricultural Science Procedia 3 (2015) 283 – 288;
- Benoit, F. & Ceustermans, N. (1995). Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. Acta Hortic. 396, 11-24 DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.396.1;
- Carini, F., Peil, R. M. N., Marques, G. N., Grolli, P. R., & Souza, R. S. de. (2018). Organic compost addition to raw rice husk substrate for tomato (*Solanum lycopersicum*) hybrid variety cultivation in a leach recirculating system. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 94–103. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.6660>
- Cooperativas agro-alimentarias (2019); Sistemas cerrados de cultivo sin suelo; Agustin de Betancourt; 4ª edição; p. 34-35; Madrid;
- Dutra, J. G., Peil, R.M.N., Duarte, T.S., Rombaldi, C.V., Grolli, P.R., Pereira, A.S., Dorneles, A.O.S. 2021. Fruit production and quality of mini-watermelon with different number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. *Semina-Ciencias Agrarias*. 42. 471-486.

- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFPA)*. 35(6). 1039-1042.
- Meric, M. K.; Tuzel, I. H.; Tuzel, Y.; Oztekin, G. B.; Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture; *Agricultural Water Management* 99 (2011) 19–25;
- Neutzling, C., Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Grolli, P. R., Perin, L. 2018. Reutilización del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12(3). 602-610.
- Peil, R. M. N., Albuquerque Neto, A. A. R., Rombaldi, C. V. (2014). Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. *Horticultura Brasileira*. 32(2), 234-240.
- Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Perin, L. 2021 Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. In: Jorge Luiz Barcelos Oliveira; Rosandro Boligon Minuzzi; Luciano Tartaro; Raíssa Eiko Nagaoka. (Org.). *Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico*. 1ed. Florianópolis: Tribo da Ilha. 121-139.
- PEIL, R. M. N.; & SIGNORINI, C. B (2018). Aspectos técnicos e ambientais da produção de hortaliças de fruto em sistemas “abertos” e “fechados” de cultivo em substrato. In *Anais do XI encontro nacional sobre substrato para plantas*. Canela-RS. ISBN: 978-85-66836-22-6
- Perin, L., Peil, R.M.N., Hohn, D., Rosa, D.S.B., Weith, A.R., Grolli, P.R. 2018. Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 40(34992).
- Rodríguez, R.D.R., Herrera, A.L., Téllez, L.I.T., Bernal, L.E.P., Sanchez, L.O.S., Rodríguez, J.MO. 2020. Water and fertilizers use efficiency in two hydroponic systems for tomato production. *Horticultura Brasileira*. 38. 47-52.
- Rosa, Douglas Schulz Bergmann. Número de hastes para o cultivo do tomateiro *grape* em substrato de casca de arroz e sistema fechado. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- Rocha, M. Q.; Peil, R. M. N.; Cogo, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010.
- Strassburger, A.S; Peil, R.M.N; Fonseca, L.A da., Aumonde, T.Z., Mauch, C.R. 2011.

- Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo; *Acta Scientiarum Agronomy*. 33(2). 283-289.
- Tuzel, İ.H.; İrget, M. E.; Gül, A. O.; Tuncay; Eltez, R. Z.; 1999. Soilless culture of cucumber in glasshouses: II A Comparison of open and closed systems on water and nutrient consumptions. *Acta Hort*. 491:395-400.
- Tuzel, İ.H.; Tuzel, Y.; Gul, A.; Meric, M. K.; Yavuz, O.; Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact; *Proc. ISOSC Congress 2000*; Eds. A. Bar-Tal & Plaut *Acta Hort*. 554, ISHS 2001;
- Van Os, J., Howard, R., Takei, N., & Murray, R. (1995). Increasing age is a risk factor for psychosis in the elderly. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology: The International Journal for Research in Social and Genetic Epidemiology and Mental Health Services*, 30(4), 161–164. <https://doi.org/10.1007/BF00790654>
- Van Os, J., Verdoux, H., Maurice-Tison, S. *et al.* (1999) Self-reported psychosis-like symptoms and the continuum of psychosis. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* **34**, 459–463. <https://doi.org/10.1007/s001270050220>
- Wamser, Anderson Fernando. Concentração de nitrogênio e Potássio na solução nutritiva do pimentão cultivado em substrato sem drenagem. 2014. 86 f. Tese (Produção vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticaba, 2014.

5. Considerações finais

De forma geral observou-se um adequado crescimento e desenvolvimento nas duas cultivares de minitomateiro italiano Sorbetto e *grape* Dolcetto nas condições de cultivo sem solo e impostas pelo clima da região produtora, com índices elevados de obtenção de frutos de qualidade compatíveis com as exigências do mercado.

As duas cultivares de minitomateiro responderam satisfatoriamente quando cultivadas nos substratos a base da mistura de casca de arroz carbonizada e composto organo-mineral na proporção de 70%: 30% empregados nos sistemas de cultivo em calhas (fechado) em ambiente protegido.

Durante o cultivo, os sistemas de cultivo em calha com recirculação do lixiviado, promoveu uma maior produção de massa seca de raízes do que o cultivo em vasos. A maior relação raízes/parte aérea indica uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes minerais das plantas das calhas, o que proporcionou uma maior expansão foliar, comprovado pelo superior IAF, que significa uma área fotossintetizante superior e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados.

Os diferentes padrões de distribuição da massa seca, observados entre as plantas dos dois sistemas de cultivo, indicam que no sistema de calhas as plantas da cultivar Sorbetto destinaram maior proporção da massa seca produzida para as raízes e, no caso da cultivar Dolcetto, para os frutos. Desta forma, o maior crescimento da planta resultou no pegamento de um maior número de frutos, o que resultou numa superior produção de frutos das plantas cultivadas nas calhas. Por outro lado, as plantas com duas hastes, de ambas as cultivares, promoveram maior distribuição de massa seca para os frutos, em detrimento das frações alocadas em todos os demais órgãos.

Para o consumo hídrico e de fertilizantes, os sistemas de cultivo fechados em calha consumiram menos água e fertilizante em relação aos sistemas de cultivo abertos em vaso. Por conseguinte, os sistemas de cultivo fechado são mais eficientes quanto ao consumo de água e fertilizantes e que consecutivamente o seu impacto ambiental em termos de poluição das fontes de água é reduzido em relação aos sistemas de cultivo aberto.

Referências

AGUNG, P. P.; HENRY, Y. Soilless Culture System to Support Water Use Efficiency and Product Quality: A Review. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 3, p. 283-288, 2015.

ALVARENGA, Marco Antônio Rezende. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. 455 p.

ANDRIOLO, Jerônimo. Luiz. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, Jerônimo. Luiz. **Olericultura Geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: UFSM, 2002. 158 p.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura brasileira**, v. 17, n. 3, p. 215- 219, 1999.

ARA, N. *et al.* Effect of spacing and stem pruning on the growth and yield of tomato. **International Journal of Sustainable Crop Production**, v. 2, n. 3, p. 35-9, 2007.

ARDILA, G. R.; FISCHER, G.; BALAGUETA-LOPEZ, H. E. Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em tiempo fisiológico bajo invernadero. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 5, p. 44-56, 2011.

BENINCASA, Margarida. Maria. Pereira. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BENOIT, F.; CEUSTERMANS, N. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. **Acta Horticulturae**, v. 396, p. 11-24, 1995.

BORRAZ, C. J.; CASTILHO, S. F.; ROBELES, E. P. Efectos del despunte y la densidad de poblacion sobre das variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), en hidroponía bajo invernadero. **Chapingo**, v. 14, n. 73/74, p. 26-30, 1991.

CARINI, F. *et al.* Organic compost addition to raw rice husk substrate for tomato (*Solanum lycopersicum*) hybrid variety cultivation in a leach recirculating system. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n.1, p. 94-103, 2018.

CARON, V. C. *et al.* Quality of mini tomatoes harvested at two maturity stages and kept chilled in threepackages. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 279-286, 2013.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 986-989, 2005.

CHARLO, H. C. O. *et al.* Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 144-49, 2009.

AGUSTIN, B. Cooperativas Agro-Alimentarias. **Sistemas cerrados de cultivo sin suelo**, v. 40, p. 34-35, 2018. Disponível em < <https://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/05883.pdf>>. Acesso em janeiro de 2022.

COSTA, C.C. *et al.* Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 23-27, 2004.

DUARTE, T. S.; Peil, R. M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 271-276, 2010.

DUTRA, J. G. *et al.* Fruit production and quality of mini-watermelon with different number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. **Semina Ciencias Agrarias**, v. 42, p. 471-486, 2021.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. **Advances in Agronomy**, v. 110, p. 251-331, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The state of food insecurity in the world: economic crises – impacts and lessons learned**. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0876e/i0876e00.htm>>. Acesso em julho de 2017.

FAYAD, J. A. *et al.* Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 365-370, 2001.

FERMINO, Maria. Helena. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.

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

FLORES, Milton. Edgar. Pereira. **Variabilidade genética de acessos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) com base na avaliação de fotossíntese, partição de fotoassimilados e produção**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HEINE, A. J. M. *et al.* Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate. **Scientia Plena**, v. 11, n. 9, p. 090202, 2015.

HEUVELINK, E. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 69, p. 51-59, 1997.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v. 61, p. 77-99, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: levantamento sistemático da produção agrícola: estatística da produção**

agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. 101 p.

JI, Y. *et al.* Far-red radiation stimulates dry mass partitioning to fruits by increasing fruit sink strength in tomato. **New Phytol**, v. 228, p. 1914-1925, 2020.

KAVIYARASU, K. *et al.* Rice husks as a sustainable source of high-quality nanostructured silica for high performance Li-ion battery requital by sol-gel method – a review. **Advanced Materials Letters**, v. 7, n. 9, p. 684–696, 2016.

KOMOSA, A. *et al.* Comparison of yield, nutrient solution changes and nutritional status of greenhouse tomato grown in recirculating and non-recirculating nutrient solution systems. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 1473-1488, 2011.

LUCENA, Rafaella. Rayane. Macedo. de. **Crescimento, partição de assimilados e acúmulo de macronutrientes pelo tomateiro ‘SM-16’ em diferentes coberturas do solo**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi- Árido, Mossoró.

LUNA A. M. *et al.* Evaluation of different concentrations of nitrogen for tomato seedling production (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Universal Journal of Agricultural Research**, v. 2, p. 305-312, 2014.

MARCELIS, L. F. M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. Effect of fruit load and temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 54, n. 2, p. 107-121, 1993.

MARCELIS, L. F. M.; DE KONING, A. N. M. Biomass partitioning in plants. Crop growth. *In*: BAKKER. J. C. *et al.* (orgs). **Greenhouse climate control: an integrated approach**. Wageningen: Wageningen Press, 1995. p. 84-92.

MARIM, B. G. *et al.* Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 951-955, 2005.

MARQUES, Gabriel Nachtigall. **Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo**. 2016. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MEDEIROS, C. A.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES, L. E. C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA, 48. Maringá, Brasil. **Anais [...]** 2008.

MELLO, S. C. Cultivo de minitomates em substrato. *In* Oliveira, J. L. B.; Minuzzi, R. B. (orgs.). **Avanços no cultivo hidropônico de hortaliças de folhas e frutos**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2016. p. 58-65.

MERIC, M. K. *et al.* Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture. **Agricultural Water Management**, v. 99, p. 19–25, 2011.

MONTEZANO, Eduardo. Matos. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MONTEZANO, Eduardo. Matos. **Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do meloeiro**. 2007. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MUELLER, S.; WAMSER A. F. Combinação da altura de desponete e do espaçamento entre plantas de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 64-69, 2009.

NEGREIROS, M. Z. *et al.* Crescimento e desenvolvimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 28 p. S1732-S1738, 2010.

NEITZKE, R. S.; BUTTOW, M. V. Tomate: presente dos astecas para a gastronomia mundial. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (coord). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: EMBRAPA, 2008. P. 803-818.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610, 2018.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 8, p. 1049-60, 1995.

PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B.; PERIN, L. Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. In: JORGE, L. B. et al. (org.). **Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2021. p. 121-139.

PEIL, R. M. N.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; ROMBALDI, C. V. Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 613-619, 2012.

PEIL, R. M. N.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; ROMBALDI, C. V. Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 234-240, 2014.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Reparto de materia seca como factor determinante de La producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 11, n. 1, p. 05-11, 2005.

PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B. Aspectos técnicos e ambientes de produção de hortaliças de frutos em sistemas abertos e fechados de cultivo em substrato. In XI ENSUB. Canela, Brasil. **Anais [...]** 2018.

PELUZIO J. M. *et al.* Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 510-514, 1999.

PERIN, L. *et al.* Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. e34992, 2018.

PERIN, Lais. **Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivo sem solo**. 2021. 123 f. Tese (Doutor em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ROCHA, M. Q.; PEIL, R. M. N.; COGO, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010.

RODRIGUEZ, R. D. R. *et al.* Water and fertilizers use efficiency in two hydroponic systems for tomato production. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 47-52, 2020.

RODRIGUES, Silvana. **Minitomateiros *grape* e cereja em hidroponia: densidade de plantio e raleio de flores para diferentes ciclos de cultivo**. 2016. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ROSA, Douglas. Schulz. Bergmann. da. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro *grape* em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SELEGUINI, A.; SENO, S.; ZIZAS, G. B. Influência do espaçamento entre plantas e número de cachos por plantas na cultura do tomateiro, em condições de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 25-28, 2002.

SILVA, C. M. *et al.* Efeito da poda de ramos laterais na qualidade e produção de frutos de mini melancia em cultivo hidroponico NFT. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 4, p. 304-314, 2012.

STRASSBURGER, A. S. *et al.* Dinâmica do crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p. 283-289, 2011.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A. I. I. Produção e qualidade de minitomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 515-520, 2015.

TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCH, K. Nutriophysiological studies on the tomato plant. IV. Source-sink relationships and structure of the source-sink unit. **Soil Science Plantarum Nutrition**, v. 20, n. 3, p. 305-315, 1974.

TUZEL, Í. H. *et al.* Soilless culture of cucumber in glasshouses: II A Comparison of open and closed systems on water and nutrient consumptions. **Acta Horticulturae**, v. 491, p. 395-400, 1999.

TUZEL, Í. H. *et al.* Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. **Acta Horticulturae**, v. 554, p. 221-228, 2001.

VAN OS, J. *et al.* Increasing age is a risk factor for psychosis in the elderly. **Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology**, v. 30, n. 4, p. 161-164, 1995.

VAN OS, J. *et al.* (1999) Self-reported psychosis-like symptoms and the continuum of psychosis. **Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology**, v. 34, p. 459-463, 1999.

VERKLEY F. V.; CHAELA, H. Diurnal export and carbon economy in an expanding

source leaf of cucumber at contrasting source and sink temperature. **Physiology Plant**, v. 74, p. 284-293, 1988.

WAMSER, Anderson. Fernando. **Concentração de nitrogênio e Potássio na solução nutritiva do pimentão cultivado em substrato sem drenagem**. 2014. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

XU, F. *et al.* Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves. **Progress in Natural Science**, v. 19, p. 1789-1798, 2009.

Apêndices



Apêndice A: Produção de mudas



Apêndice B: Montagem dos sistemas de cultivo



Apêndice C: Cultivar de minitomate Dolcetto



Apêndice D: Sistema radicular desenvolvido no vaso (esquerda) e na calha (Direita)