UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Dissertação

Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental

Fernanda Carini

Pelotas, 2016

FERNANDA CARINI

SISTEMAS DE CULTIVO SEM SOLO PARA A CULTURA DO TOMATEIRO SOB UMA PERSPECTIVA DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Roberta Marins Nogueira Peil

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C277s Carini, Fernanda

Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental / Fernanda Carini ; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora ; Paulo Roberto Grolli, coorientador. — Pelotas, 2016.

99 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Solanum lycopersicum. 2. Substrato. 3. Hidroponia. 4. Variedades. 5. Rendimento. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Grolli, Paulo Roberto, coorient. III. Título.

CDD : 635.642

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca Examinadora:

.....
Profª. Drª. Roberta Marins Nogueira Peil
Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Carlos Rogerio Mauch
Universidade Federal de Pelotas

.....
Pesquisador Dr. André Samuel Strassburger
FEPAGRO Serra do Noroeste

.....
Pesquisador Dr. José Ernani Schwengber
EMBRAPA Clima Temperado

Aos meus pais, Alceu e Elva,
pois mesmo com muito sacrifício e
sem terem tido o mesmo privilégio,
não mediram esforços para possibilitar
a minha formação acadêmica.

DEDICO

Agradecimentos

À Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos, em todos os momentos para que as melhores escolhas fossem tomadas.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, para a obtenção do grau de Mestre.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Alceu e Elva, agricultores, que com esmero e simplicidade educaram-me para a responsabilidade, honestidade e ética. Sou grata pelo apoio, carinho, incentivo e por compreenderem a minha constante ausência.

À minha irmã Franciele, pela amizade, apoio, carinho e incentivo durante esta caminhada.

Ao meu noivo Itamir, por todo o carinho, apoio incondicional, cumplicidade, compreensão e pelo seu incentivo constante. O seu apoio foi muito importante para continuar e chegar até aqui.

À professora Roberta, pela orientação, exemplo, confiança e amizade desde a graduação e por seus valiosos ensinamentos compartilhados que permitiram meu crescimento na área de olericultura.

Ao professor Paulo Grolli, pela co-orientação, amizade e o seu bom humor, sempre disponível e disposto a ajudar, em especial na análise dos substratos.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, Carlos Mauch, Roberto Trentin e Edgar Schöffel, pelos livros, conselhos e as dúvidas esclarecidas.

Aos bolsistas Rafaela Shimidt e Thiago Luz, fiéis escudeiros durante o período experimental, que não mediram esforços para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos. Desejo uma vida profissional de conquistas e sucesso aos futuros Agrônomos.

Aos amigos do cultivo sem solo, Gabriel Marques, Lais Perin, Douglas da Rosa, Fábio Araujo e Daniela Hohn pela amizade, ajuda no desenvolvimento do projeto, conselhos, viagens, companheirismo, trocas de ideias e principalmente pelos novos conhecimentos adquiridos como cada um.

Aos estagiários Rodrigo Armesto, Albertina Wieth e Tailine Manske Holz pela ajuda prestada e dedicação com o experimento.

Aos colegas do PPG-SPAF Talita Wurdig, Mauricio Bilharva, Gabriela Duarte e Reges Echer pelas contribuições ao longo desta jornada.

A todos os amigos e colegas que contribuíram de alguma forma para a realização deste objetivo. Muito Obrigado!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

Resumo

CARINI, Fernanda. **Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental.** 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelota Pelotas.

O cultivo do tomateiro em sistemas de cultivo sem solo com recirculação da solução nutritiva drenada pode ser uma alternativa viável para a obtenção de alto rendimento e qualidade de frutos, além de otimizar os recursos produtivos, com reduzido impacto ambiental. Neste sentido, existe a necessidade de se estudar o sistema fechado de cultivo em substrato e o cultivo hidropônico. Paralelamente, é necessária a escolha de cultivares que respondam positivamente às tecnologias propostas. Dentro deste contexto, dois experimentos foram conduzidos em estufa plástica, localizada no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão/RS no ano agrícola 2014/15. O experimento 1 teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de composto orgânico (CO) à casca de arroz *in natura* (CAIN) sobre as características físicas e químicas do substrato [através da comparação entre a CAIN (100%) e a mistura de CAIN (80%) + CO (20%)] e o crescimento e o comportamento produtivo de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada [Ivety, Sophia-F3, Sheila Victoria e Lumi (Sakata® Seed)]. O experimento 2 objetivou determinar a soma térmica e quantificar o consumo hídrico, determinar a eficiência no uso da água (EUA), bem como os componentes do rendimento e a qualidade de dois híbridos de plantas de minitomate [Wanda e Dolcetto (Isla®)] em cultivo hidropônico NFT. Em relação aos resultados obtidos no experimento 1, para todas as variáveis analisadas, não houve interação significativa entre substrato e cultivar. A adição de CO melhorou as características físicas e químicas do substrato, porém, não afetou as principais características de crescimento e produtivas da cultura. As quatro cultivares apresentaram crescimento e produção de frutos semelhantes, porém Sheila Victoria se destacou pela maior concentração de sólidos solúveis totais. As produções obtidas são consideradas elevadas, variando entre 6,3kg.planta^{-1}, para as cultivares Sophya e Sheila Victoria, passando por 6,5kg.planta^{-1}, para a cultivar Lumi, até 7,6kg.planta^{-1} obtidos com a cultivar Ivety. Os resultados indicam ser

desnecessária a adição de CO à CAIN e que as quatro cultivares se adaptam de forma semelhante ao sistema proposto. Em relação aos resultados obtidos no experimento 2, observou-se que a cultivar Wanda é mais precoce do que a cultivar Dolcetto. O período em que ocorre maior acúmulo de graus dia, para ambas as cultivares, é na fase fenológica IV (colheita). A cultivar Dolcetto apresenta menor consumo hídrico total. A demanda máxima diária de água é de 1,53 e 2,12 litros planta^{-1} dia^{-1}, e a demanda total foi de 190,6 e 261,7 litros planta^{-1}, respectivamente para 'Dolcetto' e 'Wanda'. As cultivares apresentam similaridade em relação à eficiência no uso da água. Para a produção de um kg de massa fresca de frutos, foram necessários 50,5 e 48,3 litros de água, respectivamente, para 'Wanda' e 'Dolcetto'. A cultivar Wanda é mais produtiva (15,34 kg m^{-2}, frente a 12,14 kg m^{-2} obtidos com 'Dolcetto') e apresenta frutos de maior tamanho. Entretanto, Dolcetto produz um maior número de frutos, com maior concentração de sólidos solúveis e com descarte inferior. Considerando as características avaliadas, pode-se inferir que a cultivar Dolcetto é mais adequada para o cultivo do plantas de minitomate em sistema hidropônico.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, substrato, hidroponia, variedades, rendimento.

Abstract

CARINI, Fernanda. **Soilless cultivation systems for tomato crop under a low environmental impact perspective.** 2016. Dissertation (Master Degree em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelota Pelotas.

Tomato crop in soilless growing systems with recirculation of drain nutrient solution can be a viable alternative for obtaining high yield and quality of fruit, as well as optimize the productive resources, with low environmental impact. In this sense, to study both closed substrate growing and hydroponic cultivation systems is necessary. At the same time, the choice of varieties to respond positively to the proposed technologies is very important. Within this context, two experiments were carried out in a plastic greenhouse, located at the Campus of the 'Universidade Federal de Pelotas', in the municipality of Capão do Leão/RS in the agricultural year 2014/15. The experiment 1 aimed to evaluate the effects of adding organic compost (OC) to the raw rice husk (RRH) on the physical and chemical properties of the substrate [through the comparison between the RRH (100%) and RRH (80%) + OC (20%)] and on plant growth and fruit production responses of four tomato hydrid varieties [Ivety, Sophia, Sheila Victoria and Lumi (Sakata ® Seed)]. The experiment 2 aimed to determine the thermal time, the water consumption and the water use efficiency (WUE), as well as the yield components and fruit quality of two small tomato varieties [Wanda and Dolcetto (Isla ®)] grown in NFT hydroponic system. In relation to the results obtained in experiment 1, for all variables analyzed, there was no significant interaction between substrate and Variety. The addition of OC has improved the physical and chemical proporties of the substrate, however, did not affect the major plant growth and fruit production characteristics or the crop. The four varieties showed similar plant growth and fruit yield, but Sheila Victoria stood out by the highest concentration of total soluble solid contents. The obtained yields are considered high, ranging from 6.3 kg.plant^{-1} for the varieties Sophya and Sheila Victoria, passing 6.5 kg.plant^{-1}, for variety Lumi, up to 7.0 kg.plant^{-1} obtained for the variety Ivety. The results indicate be unnecessary addition of OC to RRH and that the four varieties adapted similarly to the proposed system. In relation to the results obtained in experiment 2, the variety Wanda is earlier than the variety Dolcetto. The period of greatest accumulation of degrees day, for both

varieties, was in the phenology phase IV (harvest). Variety Dolcetto presented lower total water consumption. Maximum daily water demand was 1.53 and 2.12 liters^{-1} plant^{-1} day^{-1} and the total water demand was 190.6 and 261.7 liters.plant^{-1}, respectively to 'Dolcetto ' and 'Wanda'. The varieties presented similarity with respect to WUE. For the production of one kg of fruit fresh matter, it was necessary 50.5 and 48.3 liters of water, respectively, for 'Wanda' and 'Dolcetto'. Variety Wanda presented higher yield (15.34 kg m^{-2}, in front of 12.14 kg m^{-2} obtained with 'Dolcetto') and larger fruit. However, Dolcetto produced more fruits, with higher soluble solid contents and presented lower fruit loss. Considering the characteristics evaluated, one can infer that variety Dolcetto is best suited for the growing of the small tomato in hydroponic system.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, substrate, hydroponics, varieties, growth.

Lista de Figuras

ARTIGO I..... 48

Figura 1. Distribuição quinzenal da colheita de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada em sistema fechado de cultivo em substrato. Capão do Leão (RS), 2015.....64

ARTIGO II..... 70

Figura 2. Consumo hídrico acumulado em função do número de dias após o transplante de duas cultivares de minitomate cultivados em sistema hidropônico. Capão do Leão (RS), 2015.....87

Apêndice A 96

Figura 1A -. Visão geral do experimento um: substrato e cultivo de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva. Capão do Leão (RS), 2015.....97

Figura 2A - Disposição das raízes no substrato (a) CAIN e (b) CAIN+CO. Capão do Leão, 2015.....98

Figura 3A Experimento dois, consumo hídrico e eficiência no uso da agua de duas cultivares de minitomate em sistema hidropônico. Capão do Leão, 2015..... 98

Lista de Tabelas

PROJETO DE PESQUISA.....22

Tabela 1 – Atividades previstas para 2014..... 36
Tabela 2 – Atividades previstas para 2015..... 36
Tabela 3 – Atividades previstas para 2016..... 37

ARTIGO I.....48

Tabela 1 - Características físicas dos substratos casca de arroz *in natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* com adição de composto orgânico (CAIN+CO), antes e após o cultivo de tomateiros salada em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.....57

Tabela 2 - Carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro, manganês e relação carbono/nitrogênio dos substratos casca de arroz *in natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* com adição de composto orgânico (CAIN+CO), antes e após o cultivo de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva recirculante. Capão do Leão (RS) 2015.....59

Tabela 3 - Efeito da adição de composto orgânico (CO) ao substrato de casca de arroz *in natura* (CAIN) e da cultivar híbrida de tomateiro salada sobre a produção e a partição proporcional de massa seca entre os diferentes órgãos aéreos e o índice de área foliar das plantas em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS) 2015.....61

Tabela 4 - Efeito da adição de composto orgânico (CO) ao substrato de casca de arroz *in natura* (CAIN) e da cultivar híbrida de tomateiro salada sobre o número, a massa média, a produção e o teor de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.....63

Tabela 5 - Classificação percentual em função do diâmetro equatorial de frutos de tomateiro salada cultivado em substrato casca de arroz *in natura* (CAIN) e na mistura de casca de arroz *in natura* e composto orgânico (CAIN+CO) em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.....65

Tabela 6 - Classificação percentual em função do diâmetro equatorial de frutos de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada cultivados em casca de arroz *in natura*

(com e sem adição de composto orgânico) em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.....65

ARTIGO II..... 70

Tabela 1 - Soma térmica acumulada (STa) nas fases fenológicas: crescimento vegetativo (I), florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV).....85

Tabela 2 - Consumo hídrico acumulado e diário nas fases fenológicas: florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV) de duas cultivares de minitomate cultivados em sistema hidropônico.....86

Tabela 3 - Componentes do rendimento de frutos comerciais, não comerciais e eficiência no uso da água na produção de massa fresca de frutos, massa seca de frutos e massa seca total da planta de duas cultivares de mitomateiro em cultivo hidropônico.....87

Sumário

INTRODUÇÃO 17

PROJETO DE PESQUISA.....22

1. Caracterização do Problema.....24

2. Objetivos e Metas.....27

2.1 Objetivo geral 27

2.2 Objetivos específicos 27

2.3 Metas 27

3. Metodologia.....28

3.1 Localização 28

3.2 Descrição dos experimentos 28

3.2.1 Experimento 1: Substrato e cultivar de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva recirculante.....28

3.2.2 Experimento 2: Consumo hídrico e eficiência no uso da água de duas cultivares de minitomate em cultivo hidropônico.....30

3.3 Avaliações e medidas experimentais 31

3.3.1 Avaliações de crescimento e produtividade.....31

3.3.2 Características químicas e fitoquímicas das frutas 32

3.3.3 Avaliação física e química do substrato.....32

3.3.4 Análise de consumo hídrico e da eficiência no uso da água (EUA).....32

3.3.5 Análises da solução nutritiva e relações de contaminações do sistema 33

3.3.6 Variáveis meteorológicas.....33

4. **Resultados e Impactos esperados**.....33

5. **Orçamento 35**

5.1 Material de consumo 35

5.2 Material permanente 35

5.3 Outros (Inscrições, diárias e passagens) 35

5.4 Orçamento geral 36

6. **Cronograma de execução**.....36

7. **Referências bibliográficas**.....38

RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO.....40

ARTIGO I. Adição de composto orgânico ao substrato de casca de arroz *in natura* para o cultivo de híbridos de tomateiro salada em sistema com recirculação do lixiviado**.....48**

Resumo.....49

Abstract.....50

Introdução 51

Material e métodos..... 52

Resultados e discussão 55

Conclusões 66

Referências..... 67

ARTIGO II. Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de plantas de minitomate em hidroponia **.....70**

Resumo..... 71

Abstract..... 72

Introdução 73

Material e Métodos..... 74

Resultados e Discussão.....77

Conclusão.....80

Agradecimentos 81

Referências..... 82

CONCLUSÕES GERAIS.....88

REFERÊNCIAS.....90

Apêndice A 96

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma planta versátil, o que possibilita o seu cultivo nas mais diversas regiões do planeta. A safra mundial em 2012, incluindo os tomates de mesa e industrial, segundo o sistema oficial FAOSTAT (2013), totalizou 163,9 milhões de toneladas, em área cultivada de 4,72 milhões de ha e com produtividade média de 34,6 t ha^{-1}. O maior produtor mundial é a China, cuja produção representa 31% da produção total. O Brasil está entre os dez principais países produtores, situando-se na oitava posição e representando 3% na escala geral, com uma produção de 4,18 milhões de toneladas e com rendimento de 66,8 t/ha. Assim sendo, China, Índia, Estados Unidos da América, Turquia, Egito, Iran, Itália e Brasil produzem 71% do tomate consumido no mundo.

O segmento de tomates para consumo "*in natura*" ou de mesa é continuamente influenciado por diversas modificações tecnológicas, como por exemplo, a introdução de cultivares longa vida no passado e, na atualidade, o melhoramento dos minitomates, coquetel e tomatoberry. Este segmento de tomates está influenciando o mercado e inovando a maneira de consumo. São empregados, não somente da maneira tradicional, como em saladas, molhos, pizzas, pastas e atomatados, como também na forma de *snacks.* São considerados lanches saudáveis com baixo teor calórico e alto índice de fibras, que podem ser adquiridos em supermercados especializados, em embalagem plástica de 150 a 200g com frutos tipo grape ou cereja, sendo apreciados por seu alto valor de sólidos solúveis totais (10 a 12º Brix).

Por outro lado, o tomate do tipo salada, apesar de apresentar qualidade gustativa considerada inferior, quando comparada com outros grupos nobres de tomate (ALVARENGA, 2013), representa 55% do mercado brasileiro, segundo dados da ABCSEM.

Já, os minitomates apresentam vantagem pelos altos preços de comercialização quando comparados ao tipo salada, entretanto acredita-se que os grupos não competem, na realidade se complementam. O tomate salada não será substituído nas refeições diárias pelos brasileiros, em razão de seus preços atrativos e disponibilidade facilitada, principalmente às populações menos favorecidas economicamente. Todavia, os minitomates enchem os olhos e enriquecem os pratos,

com suas cores e sabor inigualáveis, que os tornaram elementos indispensáveis na finalização de pratos sofisticados em uma culinária refinada.

Embora a cultura do tomateiro tenha se difundido pelas mais variadas regiões do planeta, o crescimento, o desenvolvimento e, consequentemente, a produtividade do tomateiro são afetados pelos elementos do clima, como a temperatura e a umidade atmosférica. Temperaturas diurnas entre 21 - 28ºC, e noturnas entre 15 – 20ºC beneficiam a cultura (FILGUEIRA, 2012). Valores menores que 10ºC e superiores a 35ºC reduzem drasticamente a taxa de crescimento da planta e a polinização, ocorrendo o abortamento de flores e frutos. Segundo Alvarenga (2013), a umidade relativa do ar benéfica ao desenvolvimento da cultura se situa na faixa entre 50 e 70% no ambiente de cultivo protegido, retardando assim os problemas oriundos das temperaturas elevadas, como o aumento da taxa transpiratória e o fechamento estomático. Portanto, em condições divergentes das supracitadas, inevitavelmente, ocorrerá uma redução na produtividade.

Assim, na busca por melhoria nas condições climáticas para a cultura, o cultivo em ambiente protegido do tipo estufa não é um fato recente no Brasil. Porém, sua disseminação ocorreu após 1980, principalmente nas regiões do sul do país com temperaturas reduzidas durante o inverno (FURLANI et al., 2013). Além disso, os pontos positivos deste sistema estão relacionados à redução da sazonalidade, controle de granizos e geadas, possibilidade de sistematização e aquisição de tecnologias para o controle eficiente da irrigação, temperatura e umidade relativa do ar. Desta forma, propiciando condições próximas às mais adequadas para o desenvolvimento pleno das plantas e, consequentemente, para elevada produtividade.

Porém, o uso intensivo do solo em estufas pode gerar graves consequências como a salinização e problemas fitossanitários, inviabilizando os cultivos de diversas hortaliças (FURLANI et al, 2013). Em vias de contornar os referidos problemas, os sistemas de cultivo sem solo têm se mostrado alternativas viáveis ao produtor, sendo, também, muito interessantes sob a perspectiva de preservação ambiental, em relação ao manejo da água e dos nutrientes.

O cultivo sem solo encontra-se alicerçado em duas grandes modalidades, a hidroponia e o cultivo em substrato. O principal sistema hidropônico empregado comercialmente é popularmente conhecido como NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). Baseia-se na circulação de uma fina lâmina de solução nutritiva em um

sistema fechado, em que as raízes permanecem parcialmente imersas, o que possibilita a sua oxigenação (COOPER, 1973; BURRAGE, 1992). Soma-se a isso, as vantagens em relação à limpeza dos produtos, a maior regularidade de produção e a ausência de substrato. Porém, apresenta algumas desvantagens inerentes ao elevado custo inicial, à necessidade de mão de obra qualificada e à dependência de uma fonte de energia elétrica. Já no cultivo em substrato as raízes permanecem em um recipiente contendo substrato, porém, fora do perfil do solo (ANDRIOLO, 2002). Sua principal vantagem em relação à hidroponia é a possibilidade de manter o sistema aberto, facilitando o manejo da solução nutritiva e a redução da probabilidade de que as plantas sofram estresse hídrico por falta de energia. Assim sendo, plantas de porte alto, como o tomateiro e as cucurbitáceas, podem ser facilmente cultivadas neste sistema.

No Brasil, os sistemas de cultivo sem solo adotados para a cultura do tomateiro priorizam o cultivo em vasos contendo substratos à base de casca de arroz carbonizada e composto orgânico, fibra de coco e composições comerciais. O sistema, normalmente, é aberto, ou seja, com drenagem livre, exigindo alta demanda de água e nutrientes, a fim de manter as condições hídricas ideias para o desenvolvimento das plantas. Como consequência, há um elevado desperdício de água e de fertilizantes e a geração de danos ambientais (lixiviação de nutrientes para o solo e lençol freático). A utilização de sistemas fechados de cultivo em substrato, isto é, com coleta e reutilização da solução nutritiva drenada, minimiza estes problemas, uma vez que as perdas do sistema são mínimas. Entretanto, a reutilização da solução lixiviada pode levar à salinização do meio radicular, sendo, portanto, necessária a adaptação do substrato de cultivo.

Segundo Andriolo (1999), a regra geral para aquisição do substrato deve ser baixo custo e ampla disponibilidade, sob pena de inviabilizar a técnica. Em vista disso, a casca de arroz contempla as duas primícias básicas. Pelo fato da região sul do Rio Grande do Sul ser grande produtora de arroz, as cascas são comercializadas por valores irrisórios, devido ao grande número de estabelecimentos de beneficiamento do produto.

Por sua estabilidade em relação às características físicas e químicas, a casca de arroz carbonizada é o material mais amplamente difundido para uso como componente principal de substratos no RS. Contudo, necessita de processo de carbonização, sendo este lento, oneroso, despendendo elevada mão de obra e

requisitando conhecimento para que se obtenha o produto com as características adequadas. Mesmo em condições adequadas, o seu rendimento é baixo, havendo a quebra de 50% em relação ao volume inicial. Além disso, produz gases tóxicos que são prejudiciais ao operador e ao meio ambiente.

Em vista disso, a casca de arroz *in natura* ou casca crua é uma das alternativas de substrato para o cultivo de hortaliças de fruto em sistemas fechados que vem sendo estudada para culturas como o meloeiro (DUARTE et al., 2008), a abobrinha italiana (STRASSBURGER et al., 2011) e o minitomate (PEIL et al., 2014). A sua adoção seria uma forma de facilitar o manejo para os agricultores, otimizando o tempo e reduzindo a oneração. A sua baixa capacidade de retenção de água não é considerada um problema em sistema fechado, no qual pode-se empregar uma elevada frequência de fertirrigação sem perdas do lixiviado.

Porém, acredita-se que a presença de composto orgânico, em uma pequena proporção no substrato à base de casca de arroz *in natura*, por apresentar alto teor de colóides, poderia aumentar o poder tampão e facilitar o manejo da solução nutritiva, aumentando a reserva de água e nutrientes minerais, o que resultaria em aumento do rendimento da cultura. Por outro lado, poderia acelerar o processo de decomposição da casca de arroz, com consequências negativas sobre as características químicas e físicas do substrato, além de poder ocasionar deficiências nutricionais à cultura, principalmente, de nitrogênio.

No segmento de tomate de mesa, a qualidade do fruto e a oferta constante no mercado são fatores que podem garantir o sucesso da produção (GUIMARÃES et al., 2008). Com a finalidade de alcançar produtividades elevadas de frutos de alta qualidade, se faz necessária a escolha de cultivares adaptadas à região e que efetivamente respondam à tecnologia e ao manejo empregados.

Paralelamente a este contexto, existem aspectos fitotécnicos fundamentais a serem estudados para a cultura do tomateiro em cultivo sem solo, os quais também podem influenciar a produtividade e qualidade dos frutos, como o fornecimento eficiente da água. Isso é mais relevante para plantas de minitomate, pois, por se tratar de uma cultura pouco estudada, surgem dúvidas em relação ao manejo da água mais adequado, principalmente em novos sistemas de produção.

Estudos sobre o fornecimento de água às plantas, conduzidas em meios de cultivo que não o solo, são pouco conhecidos quando se trata dos minitomates. Nestes sistemas, a irrigação, na maioria dos casos, ainda é realizada de forma empírica,

ocorrendo que ora ela é deficiente, o que acarreta em uma redução da fotossíntese pelo fechamento dos estômatos, e ora é excessiva, afetando a oxigenação das raízes (FOLEGATTI, 1999). Dessa forma, é importante quantificar o consumo de água das plantas em sistemas de cultivo sem solo para otimizar o seu fornecimento (VALANDRO et al., 2007). Uma opção plausível para determinar as necessidades hídricas das plantas é estabelecer relações entre a evapotranspiração máxima da cultura e alguns parâmetros de crescimento das plantas, como o índice de área foliar, número de folhas e altura de plantas (PIVETTA et al., 2010; TAZZO et al., 2012).

O conhecimento do consumo hídrico, da fenologia, do crescimento e da produção das plantas possibilita analisar a transpiração da cultura ao longo do ciclo de cultivo e estimar a eficiência no uso da água, possibilitando a adequação do manejo da irrigação em ciclos distintos (CARON & HELDWEIN, 2000). Neste sentido, tornam-se necessários estudos enfocando as fases fenológicas e o consumo de água pela cultura do minitomate. Conhecer o crescimento e a transpiração da cultura permitirá estabelecer práticas de manejo apropriadas à cada fase fenológica e ao sistema de cultivo, podendo melhorar o rendimento comercial e a eficiência do sistema (TAZZO et al., 2012).

Dentro deste contexto, este trabalho foi formalizado em dois artigos científicos. Com o primeiro artigo, buscou-se avaliar o potencial de uso da casca *in natura* e o efeito da adição de composto orgânico ao substrato para o cultivo de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada em sistema fechado. No segundo artigo, o objetivo foi avaliar o consumo hídrico e estudar as suas relações com a fenologia e a produção de biomassa e determinar a eficiência no uso da água de duas cultivares híbridas de plantas de minitomate em sistema hidropônico.

Estudos semelhantes, enfocando a adição de composto orgânico ao substrato de casca de arroz *in natura* em sistema fechado e o consumo hídrico em sistema hidropônico ainda são escassos. Neste sentido, torna-se necessária a realização de pesquisas enfocando os aspectos mencionados anteriormente, pois somente desta forma é que serão geradas informações elucidativas importantes para a otimização da produção em sistemas fechados de cultivo sem solo, os quais apresentam baixo impacto ambiental, principalmente em se tratando de cultivares híbridas, cujo preço da semente é elevado.

.

PROJETO DE PESQUISA

PRPPG – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Universidade Federal de Pelotas

PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Projeto de Dissertação:

Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental

Equipe:

Fernanda Carini (Mestranda)

Roberta Maríns Nogueira Peil (Orientadora)

Paulo Roberto Grolli (Coorientador)

Pelotas, agosto de 2014.

1. Caracterização do Problema

O tomate *(Solanum lycopersicum ou Lycopersicon esculentum)* é uma hortaliça de fruto amplamente consumida em todo o Brasil, estando a produção da safra 2013 em 3.973.164 milhões de toneladas, com uma área plantada de 60.057 ha e um rendimento médio de 66.157 kg/ha (IBGE, 2014). Sua utilização é muito variada na culinária, pois lança mão das inúmeras formas, tamanhos e cores de frutos, refinando os pratos e salientando sua delicadeza e exuberância. Dentre estes, encontram-se os tomates do tipo salada que faz parte da alimentação diária do brasileiro, independente da classe social, sendo encontrado com grande facilidade em feiras livres, supermercados e fruteiras. Já, os minitomates possuem valores mais atraentes nos centros especializados, com preços atrativos quando localizados próximo aos pontos de comercialização. No Rio Grande do Sul, o cultivo desta hortaliça está concentrado principalmente em propriedades familiares, mostrando-se como uma alternativa de maior retorno econômico devido aos altos preços alcançados nas últimas safras por este fruto.

As técnicas de cultivo do tomateiro em ambiente protegido têm crescido, principalmente buscando minimizar as perdas causadas por adversidades climáticas e ambientais. Aliado a esta prática, estão os sistemas de cultivo sem solo, os quais reduzem enormemente a ocorrência de patógenos de solo, diminuem as aplicações de agrotóxicos, aumentam a eficiência de utilização dos insumos e proporcionam safras mais estáveis (GENUNCIO et al., 2010; LUCIO et al., 2012). Desta forma, aumenta a confiabilidade do produtor no sistema.

O Cultivo Sem Solo (CSS) pode ser realizado de forma hidropônica ou em substrato. O cultivo hidropônico, principalmente empregando o sistema NFT (do inglês *Nutrient Film Technique* ou Técnica do filme ou lâmina de nutrientes - COOPER, 1973), consiste em um sistema fechado, o que significa que a solução nutritiva é recirculante, isto é, a solução nutritiva, após passar pelas raízes, é coletada e reconduzida ao sistema para reutilização. Porém, é sensível às quedas de energia, pois demanda uma alta frequência de fornecimento da solução, além de haver problemas frequentes de falta de oxigênio no meio radicular devido às elevadas temperaturas da solução nutritiva no verão.

Já, quando o cultivo é realizado em substrato, tem-se uma tolerância quanto a estas influências externas e a fatores intrínsecos ao meio radicular, pois o volume de substrato confere um poder tampão ao cultivo pela sua reserva de água e nutrientes.

Isso faz com que o cultivo em substrato possibilite uma maior facilidade de manejo da solução nutritiva, confere resiliência ao sistema de cultivo. Porém, o cultivo em substrato vem sendo adotado pelos produtores com drenagem livre, isto é, com perda da solução drenada e, consequentemente, com elevado impacto ambiental devido à lixiviação para o solo e, possivelmente, para o lençol freático. Por outro lado, com o fechamento do sistema de cultivo sem solo em substrato, surgem algumas dificuldades em relação ao manejo da solução nutritiva, principalmente para hortaliças de frutos e com extensos ciclos de cultivo. O fechamento do sistema demanda a adaptação do substrato de cultivo, uma vez que substratos com elevada atividade química impossibilitam a adoção desta prática, devido à tendência à salinização.

Neste contexto, os sistemas fechados de cultivo sem solo (com coleta e reutilização da solução nutritiva drenada), em substrato ou NFT, podem ser alternativas de produção que, além de apresentarem menor impacto ambiental, possibilitam economia de água e fertilizantes.

A abundância de matéria-prima utilizada como substrato é determinante para a sua adoção, tornando a da casca de arroz um substrato em sistemas de CSS de grande interesse para a pesquisa em regiões orizícolas, pois propicia uma destinação a esse subproduto agrícola poluente (STRASSBURGER et al., 2011). A casca de arroz apresenta boa inércia química, baixa taxa de decomposição e do ponto de vista físico, é um material leve, com boa drenagem e aeração (DUARTE, 2006). O substrato mais amplamente utilizado na Serra Gaúcha para o cultivo do tomateiro, pepineiro, morangueiro e pimentão com drenagem livre é a mistura de casca de arroz carbonizada com composto orgânico.

Mas, devido à mão de obra utilizada para realizar a carbonização e os cuidados necessários intrínsecos ao processo, como a determinação do ponto exato para que não ocorra o excesso da queima, bem como a queima ineficiente, a casca de arroz natural é uma alternativa interessante, ainda mais quando se visualiza a adoção de sistemas fechados de cultivo. Entretanto, a adoção deste material obriga ao uso de uma alta frequência de fornecimento da solução nutritiva, uma vez que apresenta uma baixa capacidade de retenção de água, e devido ao seu baixo poder tampão, exige a frequente correção do pH (DUARTE et al., 2008; STRASSBURGER et al., 2011; PEIL et al., 2014). Neste sentido, a adição de composto orgânico à casca de arroz natural poderia resultar em facilidade para o manejo da solução nutritiva. Porém, é necessário

avaliar as implicações da presença do composto orgânico sobre a decomposição da casca de arroz natural e seus efeitos sobre a cultura.

A escolha dos genótipos de tomateiro é extremamente relevante, pois determina a produtividade, a qualidade de frutos e a resistência a doenças e pragas (GUALBERTO et al., 2007; CALIMAN et al., 2005), sendo as respostas também dependentes da interação cultivar x ambiente. Assim, é importante conhecer as respostas de diferentes cultivares em sistemas fechados de cultivo sem solo e apontar as mais adequadas, pois cada material tem as suas características genéticas que determinam sua maior ou menor sensibilidade às condições ambientais e a outros fatores de produção (PEIXOTO et al., 1999).

Um importante componente dos balanços de energia é a taxa de transpiração. Em estufa, a estimativa da transpiração é essencial para o controle do microclima interno, bem como da fertirrigação. Os principais fatores que afetam a taxa de transpiração da cultura são a radiação solar, o déficit de pressão de vapor de água no ar e as resistências da cultura e aerodinâmica (KATSOULAS et al., 2001).

Segundo Adams et al. (1994), a utilização de sistemas fechados de CSS possibilita o aumento da eficiência no uso dos fatores de produção água e nutrientes minerais, uma vez que as perdas do sistema são mínimas. Desta forma, o conhecimento da eficiência no uso da água (relação entre a unidade de massa produzida e a unidade de água utilizada – KRAMER & BOYER, 1995) ao longo do ciclo da cultura é de extrema importância, pois possibilita identificar qual o estádio mais suscetível à deficiência hídrica ou em que período do ciclo ocorre maior consumo de água, favorecendo o manejo adequado da irrigação, trazendo assim, maior retorno econômico através da produção de frutos (FAGAN et al., 2009).

A utilização de sistemas fechados de cultivo sem solo, como é o caso do sistema NFT, mostra-se promissora também do ponto de vista de determinação da transpiração da cultura. Um conjunto de cultivo NFT pode ser considerado um lisímetro, uma vez que as saídas de água do sistema se dão somente através da transpiração das plantas (VALANDRO et al., 2007; PEIL et al., 2012).

Estudos semelhantes, relacionando o substrato de cultivo, o consumo hídrico com o crescimento e o rendimento de cultivares de tomateiro, associado a sistemas fechados de CSS, ainda são escassos. Neste sentido, torna-se necessária a realização de pesquisas enfocando os aspectos mencionados anteriormente, pois somente desta forma é que serão geradas informações elucidativas importantes para

a otimização da produção com baixo impacto ambiental, principalmente de cultivares híbridas, cujo preço da semente é elevado.

2. Objetivos e Metas

1.1. Objetivo geral:

Produzir conhecimento básico e aplicado sobre a cultura do tomateiro em sistemas de cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante (cultivo em substrato e cultivo hidropônico).

1.2. Objetivos específicos:

- Avaliar o potencial de uso da casca natural como substrato para o cultivo do tomateiro em sistema fechado e o efeito da adição de composto orgânico ao substrato;
- Avaliar o crescimento das plantas, a produtividade, a distribuição e a qualidade da colheita de distintas cultivares de tomate salada e minitomate;
- Avaliar a transpiração da cultura, estudar as relações entre consumo hídrico e produção de biomassa e determinar a eficiência no uso da água de plantas de minitomate.

1.3. Metas:

Ao final do projeto, pretende-se:

- Promover a formação acadêmica de recursos humanos qualificados na área de estudo (através do desenvolvimento de uma dissertação de mestrado e da participação de bolsistas de iniciação científica e estagiários);
- Definir a possibilidade de utilização de composto orgânico na mistura junto à casca de arroz natural para a formulação do substrato;
- Recomendar duas cultivares de tomate salada mais adequadas para o cultivo fechado em substrato;
- Definir uma cultivar de minitomate mais adequada para o cultivo hidropônico;
- Definir o consumo hídrico de duas cultivares de minitomate nos diferentes estádios fenológicos;
- Definir o potencial contaminante dos sistemas de cultivo sem solo com recirculação da solução nutritiva.

3. Metodologia

3.1 Localização

Os experimentos serão conduzidos na primavera/verão do ano agrícola de 2014 e 2015, no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS. As coordenadas geográficas aproximadas do local são: latitude 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude de 13 m acima do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de verão quente.

Os ensaios serão conduzidos em estufa modelo teto em arco, de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade de 150µm de espessura, disposta no sentido norte-sul com dimensões de 10,0m x 21,0m e 5,0m de altura máxima e 3,5m de pé direito, compreendendo uma área de 210m^2. O solo apresenta-se nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/preto) de 150µm de espessura, com face branca exposta.

Durante a realização dos experimentos, o manejo do ambiente da estufa será efetuado apenas por ventilação natural, através da abertura das janelas laterais às 8 horas e seu fechamento entre 18 às 19 horas. Em dias que ocorram baixas temperaturas, fortes ventos, chuvas e/ou alta umidade relativa do ambiente externo à estufa, esta será fechada parcial ou totalmente, dependendo das condições climáticas.

3.2 Descrições dos experimentos

Serão realizados dois experimentos na mesma estufa, com sistemas fechado de cultivo sem solo, o primeiro empregando substrato e tomateiro do tipo salada e o segundo em sistema hidropônico do tipo NFT e minitomate.

3.2.1 Experimento 1: Substrato e cultivar de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva recirculante

Neste experimento, avaliar-se-ão dois substratos, casca de arroz natural (100%) e casca de arroz natural (80%) acrescido de composto orgânico comercial (20%), e quatro híbridos de tomateiro do tipo salada de crescimento indeterminado, Ivety®, Sophia-F3®, Lumi® e Sheila Victoria® (Sakata®).

As mudas serão produzidas em bandejas de 128 células, preenchidas com substrato comercial fibra de coco triturada e hidratada, colocando-se uma semente por célula. As bandejas permanecerão em sistema “floating”, com lâmina permanente de aproximadamente 5cm até o transplante.

As plantas, ao alcançarem o estádio de sete folhas definitivas, serão transplantadas individualmente para vasos plásticos com capacidade de seis litros, preenchidos com uma base de brita média de 2cm e os diferentes substratos.

Os vasos serão dispostos em 12 canais de madeira (0,35 m de largura e 7,5 m de comprimento), dispostos em seis linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,50 m. Cada canal de cultivo será composto por 16 vasos, o espaçamento entre plantas será de 0,30 m.

Para a sustentação dos canais e como forma de proporcionar uma declividade de 2% para o escoamento da solução nutritiva, serão utilizados cavaletes de ferro com altura máxima de 0,5 m. O sistema será composto por dois reservatórios de polietileno (500 L) enterrados no ponto de cota mais baixa do sistema, um para cada três linhas duplas de cultivo, resultando em um para cada tipo de substrato. Um conjunto moto-bomba de ¼ HP, fixado em cada tanque, impulsionará a solução nutritiva para à extremidade de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de ½ polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva será fornecida às plantas através de mangueiras de polietileno e gotejadores direcionados para a base das plantas, com vazão de 15L h^{-1}. Internamente, os canais de madeira serão revestidos com filme de polietileno dupla face preto-branco, cobrindo os vasos dispostos formando canais de plástico a fim de minimizar o aquecimento da solução nutritiva, evitar a proliferação de algas e conduzir o lixiviado da solução nutritiva até o reservatório.

O delineamento experimental será em blocos completos ao acaso com parcela dividida, com quatro repetições, em esquema de faixas. O fator substrato será alocado na parcela e o fator cultivar, na subparcela. A parcela será composta por 16 plantas e a subparcela por quatro plantas.

A solução a ser utilizada é a adaptada por Rocha et al. (2010) para a cultura do tomateiro e apresenta a seguinte composição de macroelementos (em mmol L^{1}): 14,0 de NO_3^-; 1,15 de $H_2PO_4^-$; 1,75 de SO_4^{-2}; 1,15 de NH_4^+; 7,0 de K^+; 3,5 de Ca^{+2} e 1,75 de Mg^{+2} e a seguinte composição de microelementos (em mg L^{-1}): 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo.

O monitoramento da solução nutritiva será diário e realizado através das medidas de condutividade elétrica (CE) (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital). O pH será mantido entre 5,5 e 6,5, através da adição de solução de correção a base de hidróxido de sódio (NaOH 1N) para aumentar o pH ou ácido sulfúrico para diminuir o pH. A CE será mantida próxima a 1,8 dS m^{-1} e a reposição de nutrientes ou de água será realizada através da adição de nutrientes ou de água, quando, respectivamente, o valor da condutividade elétrica sofrer, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 20%.

As plantas serão conduzidas com haste única e tutoradas com fita de ráfia presa em linha de arame disposta cerca de 3,0 m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa. Os tratos culturais e fitossanitários serão efetuados na medida em que se fizerem necessários, de acordo com as práticas alternativas e convencionais.

3.1.2 Experimento 2: Consumo hídrico e eficiência no uso da água de duas cultivares de minitomate em cultivo hidropônico.

Este experimento será unifatorial e tem a finalidade de determinar o consumo hídrico, a eficiência no uso da água, o rendimento e a qualidade dos frutos de dois híbridos de minitomate (Grape *Dolcetto*® e Cereja *Coco*®) cultivados em sistema hidropônico do tipo NFT.

A produção de mudas será realizada em espuma fenólica com dimensões de 2,5 x 2,5 x 3,0 cm, colocando-se uma semente por cubo. Os cubos permanecerão no berçário, canal de cultivo constituído por telhas de fibrocimento onduladas com 4mm, com sistema de fertirrigação que será acionado por meio de um temporizador (10 min cada 1/2hora), e permanecerá em funcionamento das 09:00 ás 16:00h. Nesta fase, será utilizada a solução nutritiva na concentração de 50% (0,9 dS m^{-1}), uma lâmina de solução de aproximadamente 1,0 cm de altura e declividade de 2%. O transplante será realizado quando as mudas apresentarem em torno de sete folhas definitivas, quando serão transplantadas para os canais de cultivo hidropônico.

Para a execução deste experimento, se empregará seis canais de cultivo, construídos de maneira semelhante ao descrito para o experimento 1. Porém haverá individualização dos canais de madeira, que serão revestidos com filme de polietileno dupla face, de maneira a formar canais de plástico. Desta forma, haverá um reservatório de solução nutritiva de 100 L (graduados a cada 5L) e uma moto-bomba

de menor potência (moto-bomba de máquina de lavar roupas) para cada canal, que impulsionará a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais. A partir deste ponto, a solução será liberada, formando uma lâmina fina que percorrerá a base dos canais, fertirrigando as raízes, conforme descrito por Rocha et al. (2010). A solução nutritiva e o seu manejo serão os mesmos descritos para o experimento 1.

O espaçamento entre plantas na linha será de 0,40m, totalizando 19 plantas por canal, as quais serão conduzidas com duas hastes.

O delineamento adotado será em blocos ao acaso com três repetições. Cada bloco corresponderá a um canal duplo de cultivo, no qual constarão os dois genótipos de minitomate (um em cada canal simples, correspondendo cada canal simples a uma parcela experimental com 19 plantas de mesma cultivar).

3.3 Avaliações e medidas experimentais

3.3.1. Avaliações de crescimento e produtividade

Para a análise da produção de biomassa da cultura, ao final do ciclo, as plantas controle serão coletadas e fracionadas em três partes (caule, folhas e frutos). As frações serão pesadas separadamente em balança analítica, obtendo-se a massa fresca. Também será determinada a área foliar através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR modelo LI-3000C). Os frutos colhidos durante o ciclo produtivo e as folhas originadas de desfolhas antecipadas serão contabilizados e somados às frações correspondentes. Após, o material será colocado em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65ºC, até atingir massa seca constante. Assim será determinada a produção de massa seca da planta e de suas frações. Com base nesses dados, se estabelecerá a produção e a partição das massas fresca e seca, o índice de área foliar, o peso foliar específico, o teor de massa seca dos órgãos, a razão de área foliar e o índice de colheita.

A produtividade do cultivo será obtida pela pesagem da produção de todas as plantas que permanecerem até o final do experimento em cada unidade experimental, estabelecendo-se a distribuição da colheita ao longo do tempo. Os frutos serão colhidos, contados e classificados em comerciáveis e não comerciáveis, de acordo com o tamanho e os defeitos observados.

3.3.2 Características químicas e fitoquímicas das frutas

As análises serão realizadas no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (FAEM/UFPEL). Os parâmetros que definirão a qualidade das frutas serão: análises do teor de sólidos solúveis totais, serão realizadas com um refratômetro manual; o teor de carotenóides, segundo o método descrito por Rodriguez-Amaya (1999); o teor de compostos fenólicos totais segundo Singleton & Rossi (1965) e a capacidade antioxidante conforme Re et al. (1999).

3.3.3 Avaliação física e química do substrato

As características físicas, porosidade total, densidade aparente, capacidade de retenção de água, e as características químicas, teor de macro e micronutrientes, relação C/N, pH, condutividade elétrica e CTC dos substratos empregados no experimento 1, serão avaliadas no início e ao final do ciclo de cultivo no Laboratório de Análise de Substrato da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

3.3.4 Análise de consumo hídrico e da eficiência no uso da água (EUA)

Estas análises são especificamente para ao experimento dois. Cada conjunto composto por um canal de cultivo (19 plantas) e um reservatório de solução nutritiva formará um lisímetro, de maneira semelhante ao descrito por Valandro (2003) e Peil et al. (2012) para avaliação de consumo hídrico em sistemas de cultivo sem solo. Os canais de cultivo e os reservatórios de solução serão mantidos fechados, de maneira que a saída de água do sistema seja somente através da transpiração das plantas.

Através da graduação dos reservatórios de solução nutritiva na faixa de 0 a 100 L, se determinará os volumes de solução repostos ao sistema a partir de um volume inicial. Ao fim do ciclo de cultivo, por ocasião da última colheita, se fará o somatório do adicionado de solução nutritiva por reservatório. Dividindo-se este valor pelo número de plantas do canal, se terá o consumo hídrico (correspondendo à transpiração) em litros por planta e, a partir da densidade de plantio, se calculará o gasto de água por unidade de área cultivada.

A EUA será determinada pela relação entre a produção de biomassa fresca e seca total e o volume de água consumido por planta.

3.3.5 Análises da solução nutritiva e relações de contaminações do sistema

A cada 30 dias, uma amostra de solução nutritiva lixiviada será coletada em cada parcela para a análise no Laboratório de Solo da FAEM/ UFPel de sua

composição mineral, a fim de verificar as alterações ocorridas na composição da solução nutritiva.

As quantidades de água e de fertilizantes fornecidos durante os ciclos de cultivo e de resíduos gerados e descartados ao final do ciclo de cultivo serão avaliadas, estabelecendo-se a eficiência no uso da água e dos nutrientes (gramas de massa fresca e seca produzidas por litro de água e por grama de nutriente fornecido) e as relações de contaminação do sistema (litros de resíduo de solução e gramas de resíduo de nutrientes por grama de massa fresca e seca produzidas; gramas de resíduo de nutrientes por litro de resíduo de água; volume de plástico e de substratos descartados por grama de matéria fresca e seca produzidas).

3.3.6 Variáveis meteorológicas

Durante o experimento, serão monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do ambiente, através de um termohigrometro digital, instalado no centro da estufa, em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão, com a porta de abertura para o sentido Norte. A radiação solar global incidente no exterior da estufa será obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 1,5 km do local do experimento.

4. Resultados e Impactos esperados

Através do estudo do comportamento ecofisiológico do tomateiro em sistema de cultivo sem solo em substrato com solução nutritiva recirculante, espera-se gerar conhecimentos aplicáveis e elucidativos, a fim de possibilitar o fechamento dos atuais sistemas de cultivo em substrato. Ainda, a adoção de sistemas fechados permitirá uma economia de água e de fertilizantes em comparação aos sistemas abertos, incrementando a eficiência do cultivo e reduzindo os impactos ambientais que o descarte da solução nutritiva causa.

O uso da casca de arroz natural para o cultivo do tomateiro em substituição à casa de arroz carbonizada pode trazer uma série de benefícios ao agricultor, como a economia de mão de obra e de material, uma vez que no processo de carbonização há uma quebra em torno de 50% do volume. Além disso, pretende-se indicar a possibilidade de adicionar composto orgânico à casca de arroz natural, a fim de melhorar as respostas das plantas e facilitar o manejo do sistema com recirculação da solução nutritiva.

Com o estudo das diferentes cultivares, além de se possibilitar a construção do conhecimento sobre a adaptação destas aos sistemas, também se proporcionará informações sobre o comportamento produtivo e a qualidade dos frutos, possibilitando a escolha das cultivares.

Definir as características químicas e fitoquímicas dos frutos dos diferentes genótipos permitirá visualizar aqueles com melhores qualidades organolépticas e propriedades funcionais, as quais são muito importantes para os consumidores atuais.

O estudo sobre o consumo hídrico proporcionará conhecimento diferenciado para fornecimento da solução nutritiva ao longo do ciclo da cultura, evitando desperdícios e propiciando repostas positivas das plantas.

A combinação de todas estas considerações pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida do agricultor, além do fato da disponibilização de um produto de maior qualidade e produzido com reduzido impacto ambiental.

5. Orçamento

5.1 Material de consumo

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
Bandejas de alumínio para secagem de material vegetal	Cento	5	15,00	75,00
Bandejas de isopor para produção de mudas	-	5	5,00	25,00
Substrato Comercial	Saco	5	50,00	85,00
Sementes	-	600	1,00	600,00
Canos de PVC, junções, torneiras, cola, etc.	-	-	-	200,00
Casca de arroz	Carga	-	-	150,00
Conector micro-tubo/mangueira	-	300	0,20	60,00
Fertilizantes solúveis	-	-	-	230,00
Fita de ráfia	Rolo	4	4,80	19,20
Mangueira Flexível	Rolo	100	0,42	42,00
Micro-tubo	Rolo	100	0,65	65,00
Polietileno dupla face preto e branco (150µ x 8 x 19) para revestimento dos canais	Bobina	1	600,00	600,00
Saco de papel	Cento	10	3,50	35,00
Vasos de plástico	-	300	2,00	600,00
Sub-total				2.786,20

5.2 Material permanente

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
Moto-bomba de 1/2cv Eletroplas	-	2	167,80	335,60
Moto-bomba de máquina de lavar roupas	-	6	20,00	120,00
Ferros para cavaletes que sustentaram os canais	-	13	18,85	245,00
Caixas d'água 100L	-	6	56,00	336,00
Sub-total				3822,80

5.3 Outros (Inscrição, Diárias e passagens)

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)
Publicação em Congresso Brasileiro de Olericultura	1	1	300,00	300,00
Passagens aéreas	1	2	500,00	1000,00
Diárias	1	4	160,00	640,00
Sub-total				1940,00

5.4 Orçamento Geral

Discriminação	Valores (R$)
Material de consumo	2.786,20
Material permanente	3822,80
Outros	1940,00
Sub-total	8.549,00
Imprevistos (10%)	845,90
Total	9395,80

6. Cronograma do Projeto

As atividades previstas durante a execução do projeto estão descritas nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Atividades previstas para 2014.

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão de Literatura										
Organização das estufas										
Atribuição dos tratamentos										
Produção de mudas										
Instalação do experimento 1 e 2										
Condução do experimento 1 e 2										

Tabela 2. Atividades previstas para 2015.

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão de Literatura												
Organização das estufas												
Atribuição dos tratamentos												
Condução do experimento 1 e 2												
Análise dos resultados												
Elaboração da dissertação												

Tabela 3. Atividades previstas para 2016.

Atividades	Jan	Fev
Elaboração da dissertação		
Defesa da dissertação		

7. Referências Bibliográficas

ADAMS, P.; SERRA, G.; TOGNONI, F.; LEONI, S. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Horticulturae, v. 361, p. 245-257, 1994.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGUETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de Cultivares de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de viçosa. Horticultura Brasileira, Campinas, v. 23, n. 2, p. 255-259, jun, 2005.

COOPER, A. J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. Grower, v. 79, p. 1048-1052, 1973.

DUARTE, T. da S. Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante. Pelotas, 2006, 116p. Tese (Doutorado em Agronomia), UFPel, 2006.

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; BACCHI, S.; STRASSBURGER, A. S. Efeito da carga de frutos e concentrações salinas no crescimento do meloeiro cultivado em substrato. Horticultura Brasileira. v. 27, p. 348-353, 2008.

FAGAN, E. B.; PETTER, S. L.; SIMON, J.; BORCIONI, E.; LUZ, J. L.; MANFRON, P. A. Eficiência do uso de água do meloeiro hidropônico. Bioscience Journal, v.25, p.37-45, 2009.

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. 2010. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. Horticultura Brasileira, v.28, p. 446-452, 2010.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, Campinas, v. 25, n. 4, p. 244-246, out. 2007

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A L.; ARAÚJO, J.A.C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. Horticultura Brasileira, v.24, p. 431 436, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v.27 n.01 p.1-85 janeiro.2014 Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Disponível: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf

KATSOULAS, N.; KITTAS, C.; BAILLE, A. Estimating transpiration rate and canopy resistance of a rose crop in a fan-ventilated greenhouse. Acta Horticulturae, v. 548, p. 303-309, 2001.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. Water Relations of Plants and Soils. San Diego: Academic Press, 1995.

LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D. V.; BRUNES, R. R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. Horticultura Brasileira, v. 30, p. 660-668, 2012.

PEIL, R. M. N.; BOONYAPORN, S.; SAKUMA, H. Effect of different media on the growth of tomato in soilless culture. Report on Experiments in Vegetable Crops Production, v.53, p. 61-65, 1994. Tsukuba International Agricultural Training Centre, Tsukuba, Japan.

PEIL, R. M. N.; STRASSBURGER, A. S.; FONSECA, L. A. da. Growth, Water Consumption and Use Efficiency of Summer Squash Crop in Closed Rice Husk Medium Growing System. Acta Horticulturae, v. 952, p. 645-650, 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.

PEIXOTO, J. R.; SILVA, R. P.; RODRIGUES, F. A.; JULIATTI, F. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Avaliação de cultivares de tomateiro tipo santa cruz no período de verão, em Araguari, MG. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, DF, v. 34, n.12, p.2253-2257, dez. 1999.

RE, R; PELLEGRINI, N; PROTEGGENTE, A; PANNALA, A; YANG, M; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.Free Radical Biology and Medicine, v. 26, p. 1231-1237, 1999

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, p. 466-471, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenóids analysis in foods. Washington: ILSI Press. 64p. 1999.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. J. R. Colorimetry of total phenolics with phosphormolybdicphosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture v.16, p144-158. 1965.

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.

VALANDRO, J. Respostas fisiológicas do tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivado em substrato sob diferentes níveis hídricos em ambiente protegido. Pelotas: UFPel. 49p. (Tese Doutorado), 2003.

VALANDRO, J.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, L.J.; HELDWEIN, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com os elementos meteorológicos Ciência Rural, v. 37, n. 6, p. 1593-1600, 2007.

RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

Relatório do trabalho de campo

O trabalho de campo teve início em julho de 2014, quando as primeiras atividades foram realizadas, através da limpeza e desinfestação da casa de vegetação, retirada de plantas espontâneas, troca da cobertura do solo (plástico dupla-face), ajuste das estruturas de sustentação e pintura das calhas de cultivo. Além disso, procedeu-se à construção dos sistemas hidráulico e elétrico, mobilização do solo para acondicionamento dos reservatórios de solução nutritiva, ajustes e aferimento das oito motobombas empregadas nos sistemas.

Os experimentos foram conduzidos paralelamente, na mesma época de cultivo (2014/2015). O primeiro refere-se ao cultivo de quatro cultivares de tomateiro salada utilizando substrato casca de arroz *in natura* com e sem adição de composto orgânico (experimento 1). Já o segundo, refere-se ao consumo hídrico de duas cultivares de minitomate (experimento 2).

As sementes das quatro cultivares de tomateiro salada foram doadas pela empresa Sakata® Seed, já as duas cultivares de minitomate foram adquiridas com recursos próprios junto à empresa Isla®.

Em relação à produção das mudas do experimento 1, logo após o recebimento das sementes das quatro cultivares de tomateiro salada, foi realizada a semeadura, em 17 de setembro de 2014. A produção de mudas foi conduzida em sistema flutuante ("*floating*"), constituído por uma piscina de 10 cm de profundidade impermeabilizada com filme plástico dupla-face, elevada um metro acima do solo por meio de cavaletes de madeira em casa de vegetação. Os recipientes empregados foram bandejas de poliestireno expandido com 128 células e o substrato fibra de coco. Previamente, a fibra de coco foi submetida a um processo de hidratação, em uma proporção de dois quilogramas de fibra para 15 L de água esterilizada, permanecendo submersa por 36 horas. Posteriormente, o excesso do extrato aquoso foi retirado e preenchidas as células da bandeja com o substrato. Cada célula recebeu uma semente. Durante o desenvolvimento inicial das mudas, era fornecida apenas água da chuva e, posteriormente, foi utilizada a solução nutritiva.

Quanto à produção das mudas para o experimento 2, aos 16 dias de setembro de 2014, realizou-se a semeadura das duas cultivares de minitomate em espuma fenólica. Inicialmente, as placas de espuma foram submetidas ao

processo de limpeza, desinfecção e ajuste do pH, através da lavagem com água da chuva abundante e exposição à radiação solar. No centro de cada cubo de espuma (dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 3,8 cm), foi realizado um orifício, onde foi depositada uma semente. Com o objetivo de aumentar o contato da semente com o substrato, esta foi coberta com uma fina camada de substrato comercial (Mecplant®).

Desde a semeadura até o transplante, as plantas foram mantidas em um berçário (NFT), o qual foi composto por uma telha de fibrocimento impermeabilizada e um sistema simples de irrigação, alimentado por um reservatório de 100 L, uma motobomba de baixa potência, condutos e um temporizador. Durante a fase inicial, foram mantidas duas irrigações de 15min ao dia, com a evolução do crescimento das mudas, a frequência aumentou até cinco irrigações de 15min.

Em ambos os experimentos, a partir do momento em que as mudas apresentaram três folhas definitivas, foi iniciado o fornecimento de solução nutritiva com apenas 50% da concentração original proposta para a cultura do tomateiro. Durante o processo de produção de mudas, foram elaboradas três soluções concentradas (200 vezes), no volume de 50 L cada, de macronutrientes e micronutrientes, sendo que, a solução A continha nitrato de cálcio da Noruega (Calcinit), a solução B continha os demais fertilizantes macronutrientes (KH_2PO_4; $MgSO_4.7H_2O$; K_2SO_4; KNO_3), e a solução C os micronutrientes (Fe; Mn, Zn, B, Cu e Mo).

Ainda nesta fase, foram instalados os plásticos dupla face de revestimento dos canais de cultivo do sistema NFT, a instalação de uma linha de arame logo acima da parte central dos canais de cultivo para fixação dos fitilhos de tutoramento e a graduação dos tanques de solução nutritiva. Já, para o sistema de cultivo em substrato, foi realizada a limpeza e desinfestação dos vasos, bem como a implantação de pequenos arames, individualmente por recipiente, para posterior fixação do fitilho de tutoramento e instalação do sistema de irrigação com a implantação das mangueiras gotejadoras e seus derivadores de gotejamento. Além disso, realizou-se a solarização da casca de arroz *in natura*, através da sua envoltura por plástico preto (much), sobre uma lona plástica transparente, evitando-se o contato direto com o solo. Este material permaneceu exposto ao sol pleno por cinco dias, realizando-se, diariamente,

verificações de temperatura. O composto orgânico passou apenas por peneiramento. Após estes processos, os materiais, quando o tratamento assim o requeria, foram misturados e os vasos preenchidos.

Durante a fase de produção de mudas foi verificada a presença de pulgões (*Myzus persicae*), sendo o controle efetuado através do método de catação, devido à infestação ser reduzida a plantas especificas. Também, as plantas foram isoladas através de telas de tecido tipo tule, com a finalidade de evitar a entrada de novos indivíduos.

O transplante para os canais de cultivo ocorreu para ambos os experimentos em 30 de outubro de 2014, com umidade relativa do ar elevada 88%, temperatura média de 18,2 ºC e precipitações ao longo do dia. Durante esta atividade, o sistema de irrigação foi mantido acionado apenas com água da chuva, visando reduzir o estresse causado durante este procedimento. Três dias após, iniciou-se o fornecimento de solução nutritiva completa, visto que as plantas apresentavam folhas turgidas e um aspecto visual saudável.

Para condução e tutoramento das plantas, foram instaladas as fitas de ráfia. Devido à elevada carga de frutos das plantas do experimento 1, conduzidas com haste única, foi necessário reforçar o tutoramento com cordas de algodão, evitando-se a queda das plantas e possível perda dos frutos. No experimento 2, foram selecionadas as hastes secundárias abaixo da primeira inflorescência. Para ambos os ensaios, as demais brotações laterais que surgiam ao longo da planta foram eliminadas (brotações axilares, brotos-ladrões presentes na base do caule e no ápice dos cachos florais) sistematicamente a cada três dias ou sempre que avistadas. No sentido de evitar o desperdício de fotoassimilados, as brotações vegetativas eram eliminadas com no máximo uma folha aberta, quando possível. Quando as plantas encontravam-se com 13 inflorescências (experimento 1) e 15 inflorescências (experimento 2), foi realizado o desponte.

Durante o período experimental, efetuou-se o manejo da temperatura e da umidade relativa do ar no interior da estufa agrícola através da abertura ou fechamento das cortinas laterais e portas. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa foram coletados por meio de um termohigrômetro digital.

O controle da solução nutritiva foi realizado por meio da correção do pH e da condutividade elétrica (CE), sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,5, através da

adição de solução de correção à base de hidróxido de sódio (NaOH 1N), para aumentar o pH, ou ácido sulfúrico (H_2SO_4), para diminuir o pH. A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água da chuva estocada, quando o valor da CE sofria, respectivamente, uma variação superior ou inferior na ordem de 20%. Não havendo variação, manteve-se um volume de solução suficiente para atender ao consumo hídrico das plantas e que não comprometesse o funcionamento das bombas.

O controle de pragas foi realizado por métodos preventivos através da instalação de armadilhas adesivas e uma aplicação semanal do óleo de neem, sendo este substituído pelo inseticida/acaricida natural comercial Azamax® na dosagem de 10 ml do produto para cada litro de água a partir do mês de janeiro de 2015. O qual encontra-se registrado no MAPA (nº 014807) para cultura do tomateiro e para as pragas *Mysus persicae*, *Thips palmi*, *Bemisia tabaci* e *Tuta absoluta*. No entanto, ao final do ciclo de cultivo do experimento 1, aos 88 dias após o transplante (DAT), identificou-se o ataque da mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em pontos específicos. Com o objetivo de reduzir a população da praga, as ninfas e ovos foi realizada uma aplicação dirigida de Azamaz. Outra prática realizada durante a condução dos experimentos foi a catação manual de lagartas (*Helicoverpa zea*) e o esmagamento de seus ovos.

Com relação ao manejo de doenças, foi necessária a adoção de prática de controle. Aos 50 DAT, no experimento 2, foi realizado o diagnóstico de *Septoria lycopersicum*, doença que possui como característica atacar às folhas envelhecidas, causando sintomas de folhas amareladas e manchas circulares (FILGUEIRA, 2012). Para o controle, realizou-se a aplicação do fungicida "FOLICUR" (tebuconazol) na dosagem de 1 ml L^{-1}, que possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura do tomateiro sob o nº 2895, sendo necessária uma segunda aplicação aos 90 DAT.

As aplicações fitossanitárias eram realizadas rigorosamente no período do entardecer (pós 18:30) ou no amanhecer, devido às condições climáticas adequadas, favorecendo, assim, o equilíbrio das plantas com o ambiente e maximizando o poder de ação da calda.

Em relação ao controle de roedores, foram empregados os métodos:

porta iscas, com raticida em seu interior; parafinado; granulares ou sementes de girassol embebidas de anticoagulante. Além destas, foi utilizada ratoeira e o gato doméstico (*Felis catus*), obtendo assim resultados satisfatórios para o controle.

As colheitas foram realizadas semanalmente, selecionando-se frutos maduros (cor vermelha), totalizando 15 colheitas, sendo a primeira realizada 50 DAT e a última aos 168 DAT (experimento 1) e 148 DAT (experimento 2). Os frutos colhidos eram contados, classificados em comerciais (frutos de boa aparência) e os não comerciais (deteriorados por ratos, pássaros, lagartas e que apresentavam algum tipo de distúrbio fisiológico) e pesados em balança de precisão. Posteriormente, no caso do experimento 2, uma amostra de 10 frutos por planta controle (cinco frutos por haste) e no caso do experimento 1, a totalidade dos frutos colhidos de uma planta controle por tratamento, eram avaliados em relação ao peso individual, altura, diâmetro equatorial e teor de sólidos solúveis totais (ºBrix). Os frutos, então, eram acondicionados em bandejas de alumínio de 200 ml ou 500 ml, identificadas e levadas à estufa para secagem, onde permaneciam a 60ºC até peso constante, determinando-se o peso da massa seca.

As análises referente à área foliar foram realizadas ao longo do ciclo da cultura em função das desfolhas, as quais eram realizadas sempre que necessário. Em geral, seguia-se a regra de retirar as folhas abaixo da penca de frutos em estágio de amadurecimento pleno. As folhas eram removidas nas primeiras horas da manhã (06:00 e 08:00), levadas ao laboratório de plantas, pesadas em balança analítica e posteriormente mensurava-se a área foliar com utilização de aparelho eletrônico medidor de imagem (LI-COR modelo LI-3000C)

O fim dos experimentos coincidiu com a última colheita. Para análise da biomassa final, as plantas foram colhidas e separadas em três frações: caules (incluindo racemos), folhas (incluindo pecíolos) e frutos, mensurando-se a massa fresca em balança analítica, sendo, então, as frações acondicionadas em sacos papel kraft. As frações permaneceram em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até peso constante, obtendo-se, por fim, a massa seca das frações através de nova pesagem.

Em relação aos tratamentos com substrato empregados no experimento 1, amostras iniciais e finais (após o cultivo) destes foram enviadas para análise física e química. A análise das características físicas foi realizada no

LASPP/FEPAGRO (Laboratório de Substratos Para Plantas) em Porto Alegre, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade úmida, matéria seca, densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, capacidade de retenção de água, condutividade elétrica e valor de pH. As análises químicas ficaram a cargo do Laboratório de Química do Solo (FAEM/UFPEL), sendo realizadas as seguintes determinações: carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cálcio total, magnésio total, cobre total, zinco total, ferro total, manganês e a relação C/N.

Além disso, amostras dos frutos foram analisadas no Laboratório de Pós Colheita de Frutas e Hortaliças do DCTA/UFPel, avaliando-se conteúdo de ácido ascórbico, carotenóides, licopeno, β-betacaroteno, componentes fenólicos e atividade antioxidante.

Em busca de quantificar o desenvolvimento das plantas, foram identificas quatro plantas por canal de cultivo e realizada a contagem das folhas até o 7º (experimento 1) e 10º racemo floral (experimento 2), tendo como parâmetro a última folha desenrolada (3 cm). As avaliações eram realizadas duas vezes por semana, convergindo com a retirada de brotos, buscando-se de agilizar o trabalho, desempenhando duas tarefas em um mesmo espaço de tempo.

Os experimentos foram repentinamente encerrados, por problemas relativos à cobertura da estufa, a qual teve seu teto rompido, provavelmente pelo desgaste relativo à idade do plástico. Consequentemente, com o passar dos dias foi se tornando insustentável manter as plantas neste ambiente, visto que não existiam perspectivas de quando seria possível realizar os reparos necessários. Assim, foi realizado um replanejamento pós 21 de março para realização das avaliações finais. O final dos experimentos foi em 24/03 (exp. 2) e 17/04/2015 (exp. 1).

Considerando a demanda hídrica diária nas condições experimentais do experimento 2, para o cultivo do minitomate, observou-se que teria sido mais prático a utilização de reservatórios de solução nutritiva com volume superior a 100 L para um conjunto de 18 plantas, devido ao fato do elevado dispêndio de mão de obra diária para manutenção do volume de solução nutritiva gasto diariamente.

Além disso, recomenda-se a utilização de grampos para fixação das pencas de frutos para as cultivares de tomate salada trabalhadas, visto que,

frequentemente, devido à elevada carga de frutos, havia rupturas parciais no ponto de inserção base do racemo/caule.

ARTIGO 1

Adição de composto orgânico ao substrato de casca de arroz *in natura* para o cultivo de híbridos de tomateiro salada em sistema com recirculação do lixiviado

(Submetido à Revista Bragantia)

Adição de composto orgânico ao substrato de casca de arroz *in natura* para o cultivo de híbridos de tomateiro salada em sistema com recirculação do lixiviado

Fernanda Carini[1]; Gabriel Nachtigall Marques[1]; Roberta Marins Nogueira Peil[1*]; Paulo Roberto Grolli[1];

[1] Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPG-SPAF), Caixa Postal 354, 96010-900, Pelotas, (RS), Brasil;
* autor para correspondência: rmnpeil@ufpel.edu.br

RESUMO

A adição de composto orgânico (CO) à casca de arroz *in natura* (CAIN) poderia trazer benefícios produtivos à cultura do tomateiro ao conferir maior poder tampão e capacidade de retenção de água ao substrato em sistema com recirculação do lixiviado. Paralelamente, é necessária a escolha de cultivares que respondam positivamente à tecnologia proposta. Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos da adição do CO comercial à base de resíduo da indústria de suco de laranja à CAIN sobre as características físicas e químicas do substrato [através da comparação entre a CAIN (100%) e a mistura de CAIN (80%) + CO (20%)], o crescimento, o comportamento produtivo e a qualidade de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada [Ivety, Sophia-F3, Sheila Victoria e Lumi (Sakata® Seed)]. As características químicas e físicas dos substratos, a produção e partição de massa seca da planta, o número, a massa média, a produção, a concentração de sólidos solúveis totais (SST), a classificação dos frutos e a distribuição da colheita foram avaliados. A adição de CO melhorou as características físicas e químicas do substrato, porém, não afetou as principais características de crescimento e produtivas da cultura. As quatro cultivares apresentaram crescimento e produção de frutos semelhantes, porém Sheila Victoria se destacou pela maior concentração de SST. As produções obtidas são consideradas elevadas, variando de 6,3kg.planta^{-1}, para as cultivares Sophya e Sheila Victoria, passando por 6,5kg.planta^{-1}, para a

cultivar Lumi, até 7,6kg.planta^{-1} obtidos com a cultivar Ivety. Os resultados indicam ser desnecessária a adição de CO à CAIN e que as quatro cultivares se adaptam de forma semelhante ao sistema proposto.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, sistema fechado, produção, qualidade.

Organic compost addition to the raw rice husk substrate for beefsteak tomato hybrid varieties cultivation in leach recirculating system

ABSTRACT

The addition of organic compost (OC) to the raw rice husk (RRH) may benefit the production of tomato crop by conferring a greater buffer capacity and water holding capacity to the substrate in a system with leach recirculation. At the same time, the selection of varieties that respond positively to the proposed technology is required. The objective of this work was to study the effects of adding OC residue-based commercial orange juice to RRH on the physical and chemical characteristics of substrate [by comparing RRH (100%) and the mixture of RRH (80%) + OC (20%)] and on growth and yield responses of four tomato hybrid varieties [Ivety, Sophia-F3, Sheila Victoria and Lumi (Sakata® Seed)]. The chemical and physical characteristics of the substrates; plant dry matter production and partitioning; fruit number, medium weight and yield; fruit total soluble solids content (TSSC); classification of fruits and harvest distribution according crop cycle were evaluated. The addition of OC improved the physical and chemical characteristics of the substrate. However, it did not affect the major growth and productive characteristics of the crop. All four varieties presented similar growth and fruit yield, but Sheila Victoria stood out as having the highest TSSC. The obtained yields are considered high, ranging from 6.3 kg.plant^{-1} for Sophya and Sheila Victoria varieties, 6.5 kg.plant^{-1} for Lumi, to 7.6 kg.plant^{-1} obtained for Ivety variety. The results indicated that the addition of OC to RRH is unnecessary and that the four varieties adapted similarly to the proposed system.

Keywords: *Solanum lycopersicum,* closed system, fruit yield, fruit quality.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com levantamento da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) de 2012, o Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais de tomate, alcançando uma produção anual superior a 3,5 milhões de toneladas.

No segmento de tomate salada, a qualidade do fruto e a oferta constante no mercado são fatores que podem garantir o sucesso da produção (Guimarães et al., 2008). Com a finalidade de alcançar produtividades elevadas de frutos com alta qualidade, se faz necessária a escolha de cultivares adaptadas à região e que efetivamente respondam à tecnologia e ao manejo empregados.

Nos últimos anos, entre as tecnologias adotadas na busca por melhor desempenho produtivo da cultura, o cultivo em substrato sob ambiente protegido vem avançando de forma acelerada, o que reduz a ocorrência de patógenos de solo, possibilita a redução das aplicações de agrotóxicos, aumenta a eficiência de utilização dos insumos e proporciona safras mais estáveis (Genuncio et al., 2010; Lúcio et al., 2012).

Porém, os sistemas de cultivo em substrato adotados de forma generalizada pelos agricultores brasileiros se caracterizam pela utilização de recipientes contendo substratos comerciais ou fibra de coco e são “abertos”, ou seja, a solução nutritiva excedente à capacidade máxima de retenção de água do material é lixiviada para o ambiente. Isto, além de causar elevado desperdício de água e fertilizantes, pode provocar forte impacto ambiental.

Desta forma, é fundamental desenvolver sistemas de cultivo fechados, ou seja, que promovam a coleta e reutilização da solução nutritiva drenada. Porém, há necessidade de se adequar o substrato, uma vez que materiais com elevada capacidade de troca de cátions e de retenção de água, através do processo de reutilização da solução nutritiva drenada, podem ocasionar a salinização do meio radicular.

A casca de arroz *“in natura*”, material de fácil disponibilidade e baixo custo no Rio Grande do Sul, vem sendo utilizada isoladamente como substrato de cultivo e com elevado grau de sucesso para outras hortaliças de fruto (Duarte et al., 2008; Strassburger et al., 2011) e, inclusive, para plantas de minitomate (Peil et al., 2014) em sistemas fechados. Entretanto, acredita-se que a presença de

composto orgânico em uma pequena proporção na mistura poderia aumentar o poder tampão e facilitar o manejo da solução nutritiva, aumentando a capacidade de armazenamento de água e nutrientes minerais, o que resultaria em aumento do rendimento da cultura. Por outro lado, também poderia acelerar o processo de decomposição da casca de arroz, com consequências negativas sobre as características químicas e físicas do substrato, além de deficiências nutricionais à cultura, principalmente, de nitrogênio.

Segundo Kämpf (2005), a avaliação das propriedades físicas e químicas dos substratos é necessária para conhecer e selecionar os materiais passíveis de serem utilizados como substrato, constatar os efeitos das interações entre os componentes, definir o manejo da irrigação e monitorar a fertilidade.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar os efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz *"in natura*" em sistema fechado de cultivo sem solo sobre as características físicas e químicas do substrato e o crescimento e o comportamento produtivo de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de julho 2014 a abril de 2015 em uma estufa plástica com área de 200 m², localizada a 31º48'S, 53º49'W e altitude 15m. O clima da região, segundo a classificação de Kopeen, é Cfa – subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida.

A estufa apresentava orientação norte-sul, com teto em forma de arco, altura máxima de 5,00 m no centro e pé direito lateral de 3,50 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 150 µm. A abertura das cortinas laterais para ventilação do ambiente era realizada diariamente entre às 7 e 8h e o fechamento, por volta do entardecer. Em dias de precipitação e vento considerado forte, a estufa permanecia fechada.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial de 2 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi o substrato de cultivo, com dois níveis, e o segundo, a cultivar de tomateiro do tipo salada, com quatro níveis. Os níveis do fator substrato foram: casca de arroz *in natura* (solarizada) empregada isoladamente e a mistura de casca de arroz *in natura* (80%) com composto orgânico (20%), obtido a partir de resíduos da indústria de

sucos de laranja (Ecocitrus®). Os níveis do fator cultivar foram: Ivety, Sophia-F3, Sheila Victoria e Lumi (Sakata Seed®). O fator substrato foi alocado na parcela (16 plantas) e o fator cultivar na subparcela (quatro plantas). O experimento foi delimitado por uma linha de plantas bordadura.

A semeadura foi realizada em 16 de setembro de 2014, empregando-se bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas como substrato comercial fibra de coco triturada e hidratada. Cada célula recebeu uma semente e as bandejas foram dispostas em sistema “floating” de fertirrigação, com uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm. Quando as plantas apresentavam três folhas definitivas, iniciou-se o fornecimento de solução nutritiva a 50% da concentração padrão utilizada no experimento.

As plantas com 5-6 folhas definitivas foram transplantadas individualmente para vasos de 8 L contendo 500 mL de brita lavada nº 1 na base e 6L de substrato, na data de 30/10/2014. Os vasos foram acomodados em 12 canais de madeira (0,35 m de largura e 7,5 m de comprimento), dispostos em 6 linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,50 m. Os canais apresentavam uma declividade de 2% e foram impermeabilizados internamente por canais de plástico dupla face branco-preto para facilitar o escoamento da solução nutritiva drenada até os reservatórios. Foram utilizados dois reservatórios de 500 L enterrados no ponto de cota mais baixa do sistema, sendo a coleta e armazenamento da solução individualizada para cada substrato. Em cada canal foram dispostos 16 vasos, com o espaçamento entre plantas de 0,30 m, resultando na densidade de 3,94 plantas.m^{-2}.

Um conjunto moto-bomba de ¼ HP, fixado em cada tanque, impulsionava a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de um cano de PVC de ½ polegada. Deste ponto, a solução nutritiva era fornecida às plantas através de mangueiras e gotejadores direcionados para a base das plantas, com vazão de 15L h^{-1}. Um temporizador era programado para que as irrigações ocorressem na frequência horária das 8h às 19 h; com duração de 15 min/ h às 8, 9, 17, 18 e 19 h; e de 30 min entre 10 e 16 h. A frequência era reduzida em dias de alta nebulosidade e precipitação.

A solução utilizada foi a adaptada por Rocha et al. (2010) para a cultura do tomateiro, e apresenta a seguinte composição de macronutrientes (em mmol

L^{-1}): 14,0 de NO_3^-; 1,15 de $H_2PO_4^-$; 1,75 de SO_4^{-2}; 1,15 de NH_4^+; 7,0 de K^+; 3,5 de Ca^{+2} e 1,75 de Mg^{+2} ;e de micronutrientes (em mg L^{-1}): 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo. Empregou-se água da chuva para a sua formulação. A condutividade elétrica foi mantida em 1,8 dS m^{-1} e, quando este valor diminuía ou aumentava na ordem de 20%, era feita a sua correção através de soluções estoques concentradas ou água da chuva estocada. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 através da adição de solução de correção à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4N) para diminuição ou hidróxido de sódio (NaOH 1N) para elevação do pH.

As plantas foram conduzidas com haste única e tutoradas verticalmente com fita de ráfia presa a uma linha de arame disposta cerca de 3,0 m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa. A poda da gema apical foi realizada duas folhas após o décimo segundo cacho floral.

O controle de insetos praga foi realizado por catação manual para lagartas e aplicações preventivas de óleo de neem/Azamax®, (10 ml/l) para controle de *Mysus persicae, Thips palmi, Bemisia tabaci* e *Tuta absoluta*. Foram realizadas duas pulverizações com o fungicida “FOLICUR” (tebuconazol) para *Septoria lycopersici*. Estes métodos se mostraram efetivos para o número de plantas em questão.

As colheitas iniciaram em 18/12/2014. Para as avaliações foram selecionadas duas plantas centrais de cada repetição. Semanalmente, os frutos foram colhidos em estágio uniforme de maturação (completamente vermelhos), contados e pesados em balança. O diâmetro equatorial dos frutos foi medido com paquímetro analógico, sendo os frutos classificados conforme a Norma de Classificação da CEAGESP (2003), excluindo frutos que apresentavam rachaduras, podridão, podridão apical, sintomas de virose, dano por frio, rachadura radial ou perfurações. Neste caso, o experimento foi considerado trifatorial, sendo a classe referente ao diâmetro equatorial considerada o terceiro fator, com oito níveis. Também, foi analisada a concentração de sólidos solúveis totais por meio de refratômetro manual. Para tanto, os frutos eram fracionados em quatro partes, extraindo-se uma porção do conteúdo solúvel excedente, a qual era utilizada para a leitura.

A massa seca aérea acumulada das plantas controle foi avaliada ao final do experimento (em 17/04/2015; 167 dias após o transplante). As plantas foram

separadas em três frações: folhas, caules e frutos. A área foliar foi avaliada por equipamento medidor de imagens LI-COR modelo LI-3000C. As frações foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, até peso constante. Após a secagem, as diferentes frações foram pesadas em balança de precisão, obtendo-se as suas respectivas massas secas. Os frutos colhidos durante o processo produtivo e o material proveniente de desfolhas foram acrescentados às frações correspondentes. A massa seca total da parte aérea da planta correspondeu à soma das massas de folhas, caules e frutos. A partir dessas análises, a distribuição de massa seca entre os órgãos aéreos das plantas e o índice de área foliar da cultura foram determinados.

A análise das características físicas dos substratos foi realizada no LASPP/FEPAGRO (Laboratório de Substratos Para Plantas) em Porto Alegre, tendo sido determinados os seguintes parâmetros: densidade úmida, matéria seca, densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível e capacidade de retenção de água. As análises químicas ficaram a cargo do Laboratório de Química do Solo (FAEM/UFPEL), sendo realizadas as seguintes determinações: carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cálcio total, magnésio total, cobre total, zinco total, ferro total, manganês total e a relação C/N.

Após a tabulação, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa Assistat (versão 7.7 beta) Silva (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às propriedades físicas dos substratos no início do experimento, verifica-se que a adição do composto orgânico à CAIN aumentou consideravelmente a densidade úmida, a densidade seca, a água facilmente disponível e a capacidade de retenção de água (Tabela 1). Por outro lado, diminuiu a porosidade total e, praticamente, não alterou a matéria seca do substrato. Estas alterações são atribuídas, basicamente, ao fato de que por tratar-se de um material orgânico mais denso e com partículas menores, o CO preenche os espaços existentes entre as partículas da casca de arroz,

aumentando a capacidade de retenção de água pelo aumento do percentual de microporos.

A análise dos substratos no final do ciclo produtivo mostrou que, para ambos, houve redução similar, em valores percentuais, para densidade úmida, matéria seca e densidade seca (Tabela 1). Porém, a adição de composto orgânico à CAIN proporcionou uma maior estabilidade física ao substrato, uma vez que apresentou menor redução nos valores de porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível e capacidade de retenção de água em relação ao verificado no substrato de CAIN empregado isoladamente. A maior redução na porosidade total da CAIN após o cultivo, provavelmente, é devida a diminuição no espaço de aeração que foi ocupado pelo material decomposto ou pela quebra da estrutura das cascas durante o ciclo produtivo.

A densidade seca ideal descrita por Kämpf (2005) para substratos em recipientes cultivados em estufa é de 150 $g.L^{-1}$. A CAIN apresentou valor próximo a este no início do ciclo de cultivo, enquanto que para a CAIN+CO, isso ocorreu somente após o final do cultivo.

Os valores de água facilmente disponível apresentaram redução após o cultivo, para ambos os substratos estudados (Tabela 1). Para a CAIN, a redução de 0,07 para 0,02 (m^3 m^{-3}) pode ter sido devida à retenção de água no interior da estrutura da casca, uma vez que durante o período de cultivo esteve em constante contato com o líquido, o que não ocorreu no início do trabalho. Já para CAIN+CO a redução do percentual de água facilmente disponível (0,20 para 0,11 m^3 m^{-3}) pode ter se dado devido à acomodação das partículas dos dois materiais durante o cultivo, aumentando o percentual de microporos que podem ter retido água em tensões superiores a 100 cm de coluna de água, que seria água tamponante.

Tabela 1 - Características físicas dos substratos casca de arroz *in natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* com adição de composto orgânico (CAIN+CO), antes e após o cultivo de tomateiros salada em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.

Propriedade física	Substrato			
	CAIN		CAIN+CO	
	Antes Cultivo	Após Cultivo	Antes Cultivo	Após Cultivo
Densidade Úmida(g L^{-1})	114,0	108,0	282,0	275,0
Matéria Seca (g $100g^{-1}$)	89,0	55,0	87,0	54,0
Densidade Seca (g L^{-1})	102,0	59,0	246,0	148,0
Porosidade Total (m^3m^{-3})	0,85	0,73	0,79	0,77
Espaço de aeração (m^3m^{-3})	0,70	0,63	0,45	0,43
Água Facilmente Disponível (m^3m^{-3})	0,07	0,02	0,20	0,11
Capacidade de Retenção de Água10cm (m^3m^{-3})	0,15	0,11	0,34	0,33

Em relação às características químicas (Tabela 2), observa-se que a adição de CO elevou os valores de pH e condutividade elétrica do substrato ao início do cultivo. As fibras do CO retêm a solução nutritiva com maior facilidade, causando assim um aumento na condutividade elétrica do substrato antes do uso em 0,18 dS m^{-1} em comparação com a CAIN isolada.

Os valores de pH diminuíram para ambos substratos no final do ciclo de cultivo, porém, de forma mais acentuada para CAIN+CO. Esta maior variação pode ser atribuída à maior degradação do material pela presença de microorganismos do CO e à maior necessidade de emprego de solução ácida para correção do pH para os valores indicados à cultura. Normalmente, valores de pH entre 5,5 e 6,5 são considerados os mais adequados para substratos (Fermino & Bellé, 2008). No caso da adição à casca de arroz *in natura*, deve-se, então, buscar materiais condicionantes que apresentem valores de pH mais baixos dos que os apresentados pelo CO empregado nesta pesquisa, entorno de 4,0, para diminuir a necessidade de correção com ácido.

A análise dos elementos químicos presentes nos substratos antes do cultivo indica que a adição de composto orgânico à CAIN reduziu o nível de carbono orgânico e a relação C/N (Tabela 2). Porém, elevou os níveis de todos os elementos minerais, com especial destaque para cálcio e ferro.

A análise dos elementos químicos presentes nos substratos após o seu uso (Tabela 2) indica que a CAIN empregada isoladamente apresenta baixa capacidade de adsorção de nutrientes, exceto para nitrogênio e cálcio. Os níveis de fósforo, potássio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês ao final do cultivo foram similares ou inferiores aos iniciais. Já, a presença do composto orgânico no substrato proporcionou uma elevação expressiva dos níveis de nitrogênio, fósforo, cálcio, cobre e zinco e redução de potássio e magnésio. O nível de ferro se manteve praticamente inalterado neste substrato. Os dados indicam que o composto orgânico garante uma maior retenção de elementos químicos quando comparado com os valores finais de CAIN.

Segundo Fermino (2014), o composto orgânico é o resultado de um processo de compostagem proveniente de resíduos de origem vegetal ou animal. Especificamente neste caso, resíduos da indústria de beneficiamento de laranjas para suco. O processo de compostagem proporciona a decomposição da matéria orgânica facilitando a liberação de elementos nutrientes e a formação de colóides que aumentam a CTC do substrato, favorecendo a adsorção dos elementos. A maior densidade da mistura CAIN+CO (Tabela 1) juntamente com a composição química variada e a presença de colóides (Tabela 2) aumentaram os níveis iniciais e o processo de retenção dos nutrientes. Porém, no caso de cultivos em substrato com reutilização da solução drenada, estas características podem dificultar o manejo da solução nutritiva, uma vez que esta sofrerá fortes alterações na sua composição pela influência do composto, podendo inclusive haver problemas de salinização em ciclos mais longos, dificultando a reutilização do substrato para cultivos sucessivos.

Tabela 2 - Carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro, manganês e relação carbono/nitrogênio dos substratos casca de arroz *in natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* com adição de composto orgânico (CAIN+CO), antes e após o cultivo de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva recirculante. Capão do Leão (RS) 2015.

Propriedade química	Substrato			
	CAIN		CAIN+CO	
	Antes Cultivo	Após Cultivo	Antes Cultivo	Após Cultivo
Condutividade Elétrica (dS m^{-1})	0,06	0,23	0,24	0,61
pH (H_2O)	6,55	6,39	7,38	6,73
Carbono orgânico (g.kg^{-1})	455,46	439,62	342	308,88
Nitrogênio (g.kg^{-1})	4,28	8,21	8,75	13,21
Fósforo (g.kg^{-1})	0,92	0,69	2,80	4,50
Potássio (g.kg^{-1})	2,22	1,26	4,27	3,02
Cálcio (g.kg^{-1})	0,88	4,51	27,55	142,30
Magnésio (g.kg^{-1})	0,67	0,84	6,48	4,03
Cobre (mg.kg^{-1})	6,17	6,86	23,14	28,42
Zinco (mg.kg^{-1})	9,93	9,05	29,78	48,61
Ferro (mg.kg^{-1})	294,46	233,36	3393,15	3407,79
Manganês (mg.kg^{-1})	271,29	140,13	271,29	269,73
Relação C/N	106:1	53:1	39:1	23:1

A análise de variância dos resultados indicou que não houve interação significativa entre os fatores substrato e cultivar para todas as variáveis de crescimento e produtivas analisadas. A interação foi estatisticamente significativa somente para os fatores substrato x classe e cultivar x classe na classificação dos frutos segundo a Norma de Classificação da CEAGESP (2003).

Em relação aos resultados referentes às variáveis de crescimento da cultura (Tabela 3), observou-se que a adição de composto orgânico à CAIN elevou a produção de massa seca (MS) de folhas, a partição proporcional de massa seca

para estes órgãos e o índice de área foliar (IAF). Porém, não afetou a produção de MS dos frutos e do caule e a partição de MS para frutos e caule.

As cultivares não diferiram estatisticamente entre si para a produção de MS de frutos (Tabela 3). A cultivar Ivety foi superior às demais para produção de MS de folhas e, juntamente com ‘Sheyla’, para MS de caule. Apesar disso, as cultivares não apresentaram diferenças para o IAF, a produção de MS do total da planta e a partição proporcional de MS para os frutos. Os frutos representaram entre 58 e 64% da MS produzida pela parte aérea das plantas. Assim, coincidindo com resultados obtidos anteriormente com outras cultivares de tomateiro salada (Andriolo et al., 1999; Andriolo et al., 2003; Lucena et al., 2013; Soares et al., 2013), também para as quatro cultivares avaliadas neste trabalho, os frutos podem ser considerados os drenos mais potentes de fotoassimilados das plantas. Este fator é decisivo no momento de planejamento e escolha das cultivares, uma vez que o seu desempenho produtivo é resposta direta de uma maior proporção de fotoassimilados acumulados nos frutos.

Tabela 3 - Efeito da adição de composto orgânico (CO) ao substrato de casca de arroz *in natura* (CAIN) e da cultivar híbrida de tomateiro salada sobre a produção e a partição proporcional de massa seca entre os diferentes órgãos aéreos e o índice de área foliar das plantas em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS) 2015.

	Produção de Massa Seca (g planta^{-1})				**Partição de Massa Seca (%)**			
Fator	**Frutos**	**Folhas**	**Caule**	**Total**	**Frutos**	**Folhas**	**Caule**	**IAF**
Substrato								
CAIN	370,9a	131,7b	100,2a	588,7a	61,0a	21,9b	17,1a	3,14b
CAIN+CO	367,2a	151,6a	99,7a	603,3a	59,0a	24,5a	16,5a	4,34a
Cultivar								
Ivety	412,6a*	185,8a	101,6a	700,3a	58,5a	26,8a	14,7b	4,14a
Sophya	384,6a	112,8b	96,9b	564,8a	64,0a	19,2b	16,8ab	3,13a
Sheila	336,2a	133,8b	101,5a	560,7a	58,2a	23,6ab	18,2a	4,53a
Victória								
Lumi	342,8a	134,3b	99,8ab	558,1a	59,4a	23,2ab	17,4ab	3,16a
CV(%)	24,4	15,7	2,5	17,1	8,2	14,1	15,0	28,6

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto às variáveis produtivas, número de frutos, massa média, produção comercial e teor de sólidos solúveis totais dos frutos (Tabela 4), verificou-se que a adição de composto orgânico não causou efeitos significativos. Tampouco foram observadas respostas diferentes entre as cultivares para estas variáveis, exceto para o teor de sólidos solúveis totais (SST), para o qual, a cultivar Sheila Victoria, com 5,0°Brix, foi superior às cultivares Sophya (4,5°Brix) e Lumi (4,6°Brix), sem diferir de 'Ivety' (4,8°Brix). As respostas se assemelham às de Genúncio et al. (2006), que ao testar três cultivares de tomateiro, entre as variáveis produtivas, apenas SST diferiram estatisticamente. Segundo Alvarenga (2013), usualmente, o teor de SST em tomate de mesa permanece entre 3,0 e 4,5°Brix. Resultados anteriores, para frutos produzidos no campo, indicam valores entre 3,8°Brix para a cultivar Santa Clara (Ferreira et al., 2006) e 4 °Brix para a cultivar Fanni F1 (Guimarães et al., 2008). Os valores elevados de SST, encontrados nas cultivares descritas neste trabalho, se referem a frutos

colhidos na fase de coloração vermelho pleno ou vermelho intenso, nos quais os processos fisiológicos ocorreram de forma natural e facilitada. Segundo Paula et al. (2015) frutos colhidos em tons de verde amarelado apresentam maior vida pós-colheita e maior resistência ao transporte, porém, os frutos quando completam sua maturação (estádio vermelho) ainda na planta mãe possuem melhores características referentes à qualidade gustativa.

Os valores de massa média dos frutos ficaram abaixo da faixa de 210 a 230g, indicada pela empresa detentora das sementes em ensaios de campo. Isso demonstra que novas adequações do sistema de cultivo e do manejo fitotécnico das plantas podem ser necessárias para que as cultivares possam exibir plenamente seu potencial genético.

Entretanto, a produção de frutos por planta pode ser considerada bastante elevada, variando entre 6,3 kg.planta^{-1} (248,2 t ha^{-1}), para as cultivares Sophya e Sheila Victoria, passando por 6,5 kg.planta^{-1} (256,1 t ha^{-1}), para a cultivar Lumi, até 7,6 kg.planta^{-1} (299,4 t ha^{-1}), obtidos com a cultivar Ivety. Outros trabalhos empregando sistemas de cultivo sem solo relatam produções de 3,3 kg.planta^{-1} tanto para a cultivar Monte Carlo em substrato orgânico (Plantmax®) (Rattin et al., 2003) como para a cultivar Santa Clara em sistema hidropônico (Genuncio et al., 2010). Para a cultivar Vênus, utilizando substrato fibra de coco, (Lima et al. 2011) obtiveram a produção de 5,7 kg.planta^{-1}.

Tabela 4 - Efeito da adição de composto orgânico (CO) ao substrato de casca de arroz *in natura* (CAIN) e da cultivar híbrida de tomateiro salada sobre o número, a massa média, a produção e o teor de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.

Fator	Número de frutos (planta^{-1})	Massa Média (g fruto $^{-1}$)	Produção Comercial (g planta^{-1})	SST (°Brix)
Substrato				
CAIN	50,8 a	129,4 a	6637,3 a	4,8 a
CAIN+CO	48,8 a	133,2 a	6731,6 a	4,7 a
Cultivar				
Ivety	50,9 a*	135,4 a	7656,4 a	4,8 ab
Sophya	53,5 a	118,7 a	6299,1 a	4,5 b
Sheila	45,6 a	137,2 a	6311,1 a	5,0 a
Victoria				
Lumi	49,1 a	133,5 a	6471,1 a	4,6 b
CV(%)	15,0	11,1	17,4	0,3

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As colheitas se distribuíram ao longo de cinco meses, de dezembro a abril, totalizando nove quinzenas (Figura 1). A adição de composto ao substrato não afetou a distribuição da colheita. Porém, apesar da similaridade de produção total (Tabela 4), as cultivares apresentaram distribuição da colheita diferenciada da segunda até e sexta e na nona quinzenas (Figura 1), havendo alternâncias de respostas entre elas ao longo do ciclo produtivo. De maneira geral, para as quatro cultivares, a maior concentração da colheita ocorreu na terceira quinzena (15 a 31/01). Além deste período, houve maior concentração de colheita na quarta quinzena (10 a 15/02) para ‘Ivety’, e durante a sexta quinzena (10 a 15/03) para ‘Sophya’. A partir da sétima quinzena (15 a 31/03), todas as cultivares apresentaram uma redução gradual da colheita.

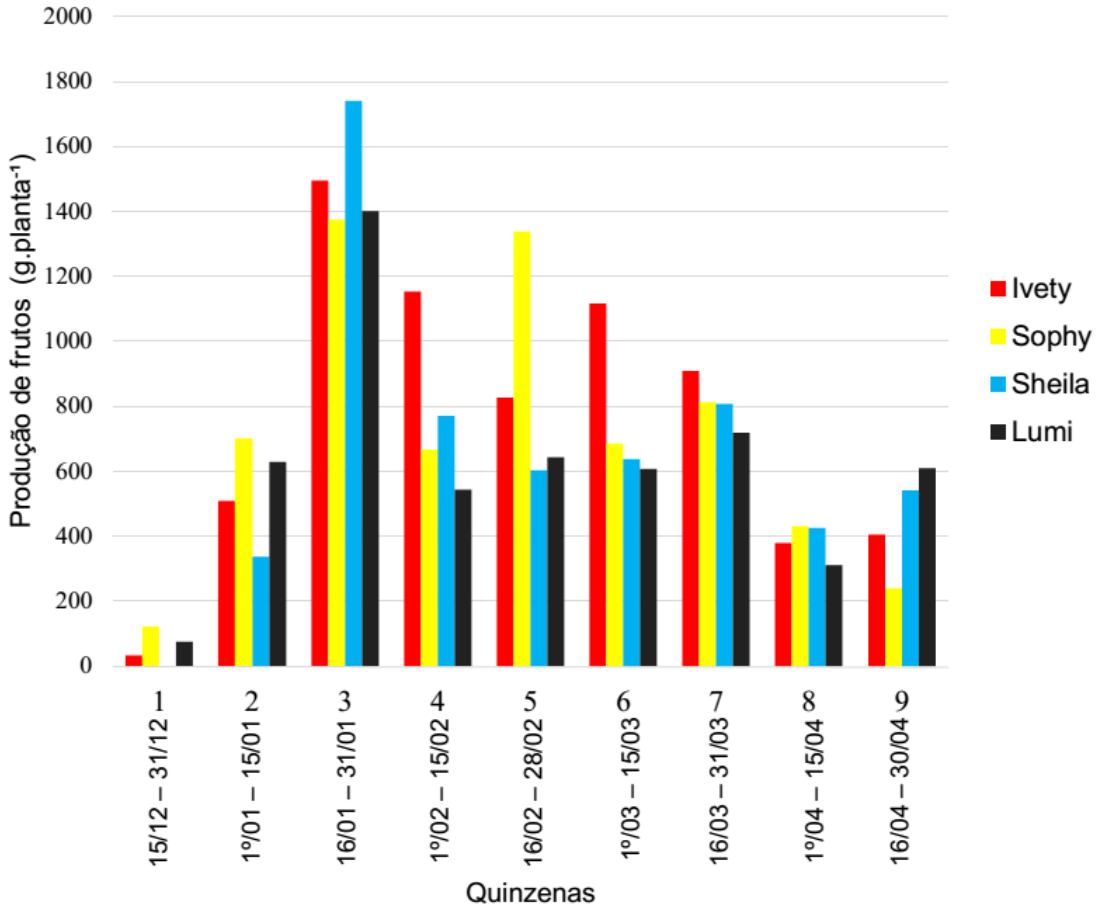

Figura 1 - Distribuição quinzenal da colheita de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada em sistema fechado de cultivo em substrato. Capão do Leão (RS), 2015.

Nas tabelas 5 e 6, observa-se a classificação percentagem percentual dos frutos em função do diâmetro equatorial, respectivamente, considerando o efeito do substrato x classe e o efeito cultivar x classe. O padrão de frutos requerido pelo mercado brasileiro exclui frutos com diâmetro menor que 40 mm e maior que 100 mm (Paula, 2015), permanecendo as classes intermediárias pela praticidade durante o preparo dos pratos. Todos os frutos sem defeitos obtidos no experimento se encontraram dentro das classes comerciais (entre 40 e 99mm).

A adição de composto orgânico ao substrato aumentou a porcentagem percentual de frutos na classe 70, com redução de frutos na classe 50, não interferindo no percentual de frutos das demais classes (Tabela 5).

Todas as cultivares testadas apresentaram a maior porcentagem de frutos na classe 60, sem diferenças estatísticas, variando o percentual nesta classe entre 49,1 e 64,9% (Tabela 6). Assim, a maior parte dos frutos colhidos pode ser considerada de tamanho médio, conforme a classificação proposta por

Andreuccetti et al., (2004) para cultivares salada Debora e Carmen. Aproximadamente 80% dos frutos das cultivares Ivety e Sheila Victoria permaneceu nas classes 60 e 70. Já, a maioria dos frutos de Sophya e Lumi permaneceu nas classes 50 e 60.

Tabela 5 - Classificação percentual em função do diâmetro equatorial de frutos de tomateiro salada cultivado em substrato casca de arroz *in natura* (CAIN) e na mistura de casca de arroz *in natura* + composto orgânico (CAIN+CO) em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015

	Classes							
	0*	40	50	60	70	80	90	100
CAIN	0,0aG	2,3aD	21,8aB	59,7aA	14,6bC	1,3aE	0,5aF	0,0aG
CAIN+CO	0,0aG	2,3aD	16,9bC	56,8bA	22,1aB	1,3aE	0,8aF	0,0aG

* Classes expressam o diâmetro equatorial (mm): 0 (menor 40mm), 40 (≥ 40 até 50), 50 (≥ 50 até 60), 60 (≥ 60 até 70), 70 (≥ 70 até 80), 80 (≥ 80 até 90), 90 40 (≥ 90 até 100) e 100 (>100).
**Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela - 6 Classificação percentual em função do diâmetro equatorial de frutos de quatro cultivares híbridas de tomateiro salada cultivados em casca de arroz *in natura* (com e sem adição de composto orgânico) em sistema fechado de cultivo sem solo. Capão do Leão (RS), 2015.

	Classes							
	0	40	50	60	70	80	90	100
Ivety	0,0aG	1,5dD	9,5dC	61,4bA	24,9aB	1,3bE	1,3aE	0,0aG
Sophya	0,0aG	3,6aD	33,6aB	49,3dA	12,3dC	1,2cE	0,5bF	0,0aG
Sheila Victoria	0,0aG	2,3bD	17,9bC	57,4cA	20,2bB	1,9aE	0,5bF	0,0aG
Lumi	0,0aG	2,02cD	16,39cB	64,9aA	15,9cC	0,8dE	0,5bF	0,0aG

* Classes expressam o diâmetro equatorial (mm): 0 (menor 40mm), 40 (≥ 40 até 50), 50 (≥ 50 até 60), 60 (≥ 60 até 70), 70 (≥ 70 até 80), 80 (≥ 80 até 90), 90 40 (≥ 90 até 100) e 100 (>100).
**Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da presença do composto orgânico ter proporcionado características físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2) consideradas mais adequadas para um substrato padrão (Kämpf, 2005), não apresentou efeito significativo para maioria das variáveis de crescimento (Tabela 3) e a totalidade das características

produtivas analisadas (Tabela 4). Este comportamento, possivelmente, pode ser atribuído à alta frequência de fornecimento da solução nutritiva, imposta pela baixa capacidade de retenção de água da CAIN (Tabela 1), o que disponibilizou quantidades adequadas de água e de nutrientes minerais á cultura neste substrato. A alta frequência de irrigação não é um problema em sistemas recirculantes, uma vez que a solução lixiviada é reutilizada, havendo, porém, um maior gasto com energia elétrica. Por outro lado, o fato do composto orgânico não ser necessário traz benefícios, pois este material, normalmente, apresenta custo elevado e difícil manejo da solução nutritiva em relação à CAIN empregada isoladamente, além da sua composição ser variável. Por outro lado, em casos de produtores com irregularidade na distribuição elétrica, o substrato com adição de composto orgânico poderia favorecer a manutenção de condições hídricas mais adequadas à cultura durante um maior período de tempo.

4. CONCLUSÕES

A adição de composto orgânico à casca de arroz *in natura* proporciona melhoria nas características físicas e químicas do substrato, porém, não afeta as principais características de crescimento e produtivas da cultura, sendo, portanto desnecessária para as condições de sistema fechado de cultivo sem solo, em que o experimento foi conduzido.

As quatro cultivares híbridas de tomateiro salada testadas neste trabalho (Ivety, Sheila Victoria, Sophya e Lumi) apresentam crescimento e produção de frutos semelhantes, porém Sheila Victoria se destaca pela maior concentração de sólidos solúveis. As produções obtidas são consideradas elevadas, indicando que as quatro cultivares se adaptam ao sistema proposto.

REFERÊNCIAS

Alvarenga, M. A. R. (2013). Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia.2. ed. Lavras: UFLA.

Andreuccetti, C., Ferreira, M. D., Guitierrez, A. S. D., & Tavares, M. (2004). Classificação e padronização dos tomates cv. Carmem e Débora dentro da CEGESP-SP. Engenharia Agrícola, 24, 3, 790-798. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300033

Andriolo, J. L., Wilter, M., Dal Ross, T., & Godói, R. S. (2003). Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. Horticultura Brasileira, 21, 3, 485-489. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000300015

Andriolo, J. L., Duarte, T. S., Ludke, L., & Skrebsky, C. S. (1999). Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. Horticultura Brasileira, 17, 3, 215-219. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05361999000300008.

CEAGESP. (2003). Norma de classificação do tomate. São Paulo: CQC/CEAGESP. 26

Duarte, T. S., Peil, R. M. N., Bacchis, S., & Strasburguer, A. S. (2008). Efeito da carga de frutos e concentrações salinas no crescimento do meloeiro cultivado em substrato. Horticultura Brasileira, 26, 348-353. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362008000300011

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado em 10 de agosto de 2015.de http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

Fermino, M. H. (2014). Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. Guaíba: Agrolivros.

Fermino, M. E., & Bellé, S. (2008) Substratos para plantas. In C. Petry (Org.) Plantas Ornamentais: aspectos para produção. (46-58) 2 Ed. Passo Fundo: UPF.

Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., Fontes, P. C. R., & Dantas, J. P. (2006). Qualidade do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. Horticultura Brasileira, 24, 141-145. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200003

Genúncio, G. C., Majerowicz, N., Zonta, E., Santos, A. M., Gracia, D., Ahmed, C.

R. M., & Silva, M. G. (2006). Crescimento e produtividade de híbridos de tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. Horticultura Brasileira, 24, 175-179. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200010

Genuncio, G. C., Silva, R. A. C., SÁ, N. M., Zonta, E., & Araújo, A. P. (2010). Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. Horticultura Brasileira 28: 446-452. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400012

Guimarães, M. A., Silva, J. H., Fontes, P. C. R., & Mattedi, A. P. (2008). Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas. Bioscienci Journal. 24, 1, 32-38. http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6766/4465

Kämpf, A. N. (2005). Produção Comercial de Plantas Ornamentais. 2.ed. Guaíba: Agrolivros.

Lima, A. A., Alvarenga, M. A. R., Rodrigues, L., & Carvalho, J. G. (2011). Concentração de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácido húmico. Horticultura Brasileira, 29, 63-69. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000100011

Lucena, R. R. M., Negreiros, M. Z., Medeiros, J. F., Batista, T. M. V., Bessa, A. T. M., & Lopes, W. A. R. (2013). Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro 'SM – 16 ' cultivado em solo com diferentes coberturas. Horticultura Brasileira, 31, 401-409. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000300010

Lúcio, A. D., Haesbaert, F. M., Santos, D., Schwertner, D. V., & Brunes, R. R. (2012). Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. Horticultura Brasileira, 30, 660-668. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000400016

Paula, J. T., Resende, J. T. V., Faria, M. V., Figueiredo, A. S. T., Schwarz, K., & Neumann, E, R. (2015). Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. Horticultura Brasileira, 33, 434-440 http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000400005

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.

http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200021

Rattin, J. E., Andriolo, J. L., & Witter, M. (2003) Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. Horticultura Brasileira, 21, 1, 26-30. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000100005

Rocha, M. Q., Peil, R. M. N., & Cogo, C. M. (2010). Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. Horticultura Brasileira, 28, 4; 466-471. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400015

Soares, M. A., Negreiros, M. Z., Welder, A. R. L., Dombroski, J. L. D., & Lucena, R. R. M. (2013). Crescimento do tomateiro cultivado em solo coberto com polipropileno preto. Revista Ciência Agronômica, 44, 4, 790-797. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000400016

Strassburger, A. S., Peil, R. M. N., Fonseca, L. A., Aumonde, T. Z., & Mauch, C. R. (2011). Dinâmica do crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. Acta Scientiarum 33: 283-289. http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5952

Silva, F. de. S., Azevedo, C. A. V. de. (2002). Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 4, 1, 71-78.

ARTIGO 2

Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de plantas de minitomate em hidroponia

(A ser submetido à Revista Ciência Rural)

Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de plantas de minitomate em hidroponia

Phenology, water consumption and yield of small tomato varieties in hydroponics

Carini; Fernanda[I]; Gabriel Nachtigal Marques[I]; Roberta Marins Nogueira Peil[I*]; Paulo Roberto Grolli[I]

I Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPG-SPAF), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. *autor para correspondência: rmnpeil@ufpel.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a soma térmica e quantificar o consumo hídrico, determinar a eficiência no uso da água (EUA), bem como os componentes do rendimento e a qualidade de dois híbridos de minitomate [Wanda e Dolcetto (Isla®)] em cultivo hidropônico NFT, nas condições do sul do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de setembro de 2014 a março de 2015. As plantas foram conduzidas com duas hastes e a densidade populacional foi de 2,9 plantas^{2}. As fases fenológicas (crescimento vegetativo, florescimento, frutificação e colheita) foram determinadas e relacionadas à soma térmica e ao consumo hídrico. Avaliou-se a produção de massa fresca e seca dos frutos e do total da parte aérea das plantas para a determinação da EUA. Os resultados obtidos indicam que a cultivar Wanda é mais precoce do que a cultivar Dolcetto. O período em que ocorre maior acúmulo de graus dia, para ambas as cultivares, é na fase fenológica IV (colheita). A cultivar Dolcetto apresenta menor consumo hídrico total. A demanda máxima diária de água é de 1,53 e 2,12 litros planta^{-1} dia^{-1}, e a demanda total foi de 190,6 e 261,7 litros planta^{-1}, respectivamente para 'Dolcetto' e 'Wanda'. As cultivares apresentam similaridade em relação à EUA. Para a produção de um kg de massa fresca de frutos, foram necessários 50,5 e 48,3 litros de água, respectivamente, para 'Wanda' e 'Dolcetto'. A cultivar Wanda é mais produtiva (15,34 kg m^{-2}, frente a 12,14 kg m^{-2} obtidos com 'Dolcetto') e apresenta frutos de maior tamanho. Entretanto, Dolcetto produz um maior número de frutos, com maior concentração de sólidos solúveis e com descarte inferior. Considerando as

características avaliadas, pode-se inferir que a cultivar Dolcetto é mais adequada para o cultivo de minitomate em sistema hidropônico.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, cultivo sem solo, soma térmica, eficiência no uso da água.

ABSTRACT

Plant phenology, water consumption, fruit yield and quality of small tomato crop in hydroponics

This work aimed to determine the thermal time, the water consumption and the water use efficiency (WUE), as well as the yield components and fruit quality of two small tomato varieties [Wanda and Dolcetto (Isla ®)] grown in NFT hydroponic system, in Southern Rio Grande do Sul State conditions. The experiment was conducted in greenhouse conditions from 2014 september to 2015 march. Two stems plants were grown at 2.9 plants. M^{-2}. The plant phenology (vegetative growth, flowering, fructification and harvesting) was determined and related to thermal time and water consumption. Fresh and dry matter of total shoot and fruit were evaluated in order to determine WUE. The obtained results indicated that the variety Wanda was earlier than the variety Dolcetto. The period of greatest accumulation of degrees day, for both varieties, was in the phenology phase IV (harvest). Variety Dolcetto presented lower total water consumption. Maximum daily water demand was 1.53 and 2.12 liters.plant^{-1} day^{-1} and the total water demand was 190.6 and 261.7 liters.plant^{-1}, respectively to 'Dolcetto ' and 'Wanda'. The varieties presented similarity with respect to WUE. For the production of one kg of fruit fresh matter, it was necessary 50.5 and 48.3 liters of water, respectively, for 'Wanda' and 'Dolcetto'. Variety Wanda presented higher yield (15.34 kg m^{-2}, in front of 12.14 kg m^{-2} obtained with 'Dolcetto') and larger fruit. However, Dolcetto produced more fruits, with higher soluble solid contents and presented lower fruit loss. Considering the characteristics evaluated, one can infer that variety Dolcetto is best suited for the growing of the small tomato in hydroponic system.

Key words: *Solanum lycopersicum*, soilless cultivation, thermal time, water use efficiency.

INTRODUÇÃO

O cultivo de minitomates (*Solanum lycopersicum*) no Rio Grande do Sul vem sendo realizado com a adoção de tecnologias avançadas de produção, empregando genótipos híbridos, cuja semente apresenta um alto custo. Os híbridos de minitomates empregados pela maioria dos agricultores são do tipo cereja ou do tipo “grape” (tomate uva).

O sistema de cultivo predominante baseia-se na utilização de ambiente protegido e cultivo em vasos contendo substrato comercial ou misturas à base de casca de arroz carbonizada e composto orgânico, em sistema “aberto” (com drenagem perdida da solução nutritiva). Este sistema de cultivo, além de apresentar um custo elevado e desperdiçar água e fertilizantes, pode ocasionar sérios problemas ambientais, tanto pelo descarte inadequado do substrato como pelo lixiviado da solução nutritiva. Por sua vez, o cultivo hidropônico, principalmente empregando o sistema NFT (do inglês *Nutrient Film Technique* ou Técnica do filme ou lâmina de nutrientes; COOPER, 1973) apresenta baixo impacto ambiental, pois consiste em um sistema “fechado”, com coleta e reutilização da solução nutritiva, proporcionando economia de água e fertilizantes. Além disso, prescinde do substrato, o que pode ser uma vantagem do ponto de vista econômico e ambiental.

O rendimento do tomateiro é definido pelo número e a massa média dos frutos comerciais produzidos, cuja associação resulta na produção por planta. Estes componentes do rendimento sofrem uma forte influência do material genético empregado e das condições do meio radicular, entre outros fatores. Anualmente, diversos híbridos de minitomates são lançados no mercado. Normalmente, as informações disponíveis sobre o comportamento produtivo destes híbridos se referem ao cultivo convencional no solo.

Paralelamente a isso, estudos sobre a fenologia e o fornecimento de água às plantas, conduzidas em meios de cultivo que não o solo, são pouco conhecidos quando se trata dos minitomate. Nestes sistemas, a irrigação, na maioria dos casos, ainda é realizada de forma empírica, ocorrendo que ora ela é deficiente, o que acarreta em uma redução da fotossíntese pelo fechamento dos estômatos, e ora é excessiva, afetando a oxigenação das raízes (FOLEGATTI, 1999). Dessa forma, é importante

quantificar o consumo de água das plantas em sistemas de cultivo sem solo para otimizar o seu fornecimento (VALANDRO, et al. 2007).

Além das características genéticas da cultivar, o consumo de água é influenciado por uma série de outros fatores, tais como a disponibilidade de água, a demanda evaporativa da atmosfera e a área foliar da planta (CARON & HELDWEIN 2000). Quando relacionado às distintas fases fenológicas, possibilita a caracterização e a definição das necessidades hídricas nos distintos períodos do ciclo de cultivo, o que auxilia no planejamento e no manejo da cultura (FALCÃO, et al 2003; ROBERTO et al, 2004). Neste sentido, a eficiência no uso da água (EUA) é uma medida importante, que mostra a relação entre a unidade de fitomassa produzida e a unidade de água utilizada (KRAMER, 1983; KRAMER & BOYER 1995).

Conhecer o crescimento, o rendimento de frutos e o consumo hídrico de cultivares de minitomate permitirá determinar a EUA, dimensionar as instalações de cultivo e estabelecer práticas de manejo apropriadas a cada fase fenológica e ao sistema de cultivo, podendo melhorar o rendimento comercial e a eficiência do sistema.

Assim, o trabalho objetivou determinar a soma térmica e quantificar o consumo hídrico, determinar a EUA, bem como os componentes do rendimento e a qualidade de dois híbridos de minitomate em cultivo hidropônico nas condições do sul do Rio Grande Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa plástica modelo teto em arco (10 x 21 m; pé direito máximo de 5,00m e pé direito lateral de 3,5m) localizada a 31º48’S, 53º49’W e altitude 15m, Capão do Leão, Rio Grande do Sul. O clima da região, segundo a classificação de Kopeen, é Cfa – subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida. A abertura das cortinas laterais para ventilação do ambiente era realizada diariamente entre às 7 e 8h e o fechamento, por volta do entardecer. Em dias de precipitação e vento considerado forte, a estufa permanecia fechada.

A espuma fenólica (2,5 x 2,5 x 3,0 cm) foi empregada como substrato para a produção de mudas, colocando-se uma semente por cubo. Os cubos foram mantidos no berçário, constituído por telha de fibrocimento ondulada com 4mm (declividade de

2%), com sistema de fertirrigação, acionado por meio de um temporizador (10 min a cada 1 hora), que permanecia em funcionamento das 09:00 às 16:00 h. Nesta fase, foi utilizada a solução nutritiva na concentração de 50% (0,9 dS m^{-1}), com uma lâmina de aproximadamente 1,0 cm de altura. O transplante para os canais de cultivo hidropônico ocorreu em 30/10/2014, quando as mudas apresentavam em torno de sete folhas definitivas.

O sistema hidropônico empregado foi do tipo NFT e constituído por seis canais de cultivo de madeira (0,35 m de largura e 7,5 m de comprimento), dispostos em três linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m, distância entre linhas simples de 0,50 m e declividade de 2%. Os canais foram revestidos internamente com filme de polietileno dupla face, de maneira a formar canais de plástico fechados. No ponto de cota mais baixa de cada canal, havia um reservatório de solução nutritiva de 100 L (graduados a cada 10L), coberto com tampa, e uma moto-bomba de baixa potência, que impulsionava a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais. A partir deste ponto, a solução era liberada, formando uma lâmina fina que percorreria a base dos canais, fertirrigando as raízes. Em dias com alta demanda hídrica, a solução nutritiva era fornecida durante 15 minutos a cada meia hora entre 09:00 e 16:00 h; e a cada 45 minutos entre 07:00 e 9:00 h e entre 16:00 e 20:00 h.

A solução nutritiva utilizada foi a adaptada por ROCHA et al. (2010) para a cultura do minitomate e apresenta a seguinte composição de macroelementos (em mmol L^{-1}): 14,0 de NO_3^-; 1,15 de $H_2PO_4^-$; 1,75 de SO_4^{-2}; 1,15 de NH_4^+; 7,0 de K^+; 3,5 de Ca^{+2} e 1,75 de Mg^{+2} e a seguinte composição de microelementos (em mg L^{-1}): 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo.

O monitoramento da solução nutritiva foi realizado diariamente através das medidas de condutividade elétrica (CE) (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital). A CE foi mantida em 1,8 dS m^{-1} e o pH entre 5,5 e 6,5.

As plantas foram transplantadas para os canais em 30 de outubro de 2014, a uma distância de 0,40m, resultando na densidade de 2,9 plantas m^2. A condução foi realizada com duas hastes e o tutoramento foi realizado por meio de fita de ráfia presa em um arame continuo disposto logo acima da parte central dos canais de cultivo e para fixação superior existia uma linha de arame que se encontrava estendida a três metros de altura dos canais.

Duas cultivares híbridas de minitomate foram estudadas: Wanda® (do tipo cereja) e Dolcetto® (do tipo grape), ambos da Isla® Sementes. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso com três repetições. Cada bloco correspondeu a uma linha dupla de canais de cultivo, sendo que cada canal recebeu uma cultivar (18 plantas por canal).

O conjunto composto por um canal de cultivo e uma reservatório de solução nutritiva formou um lisímetro, de maneira semelhante ao descrito por VALANDRO (1999) e PEIL et al. (2012) para avaliação do consumo hídrico em sistemas de cultivo sem solo. Através da graduação dos reservatórios de solução nutritiva na faixa de 0 a 100 L, foram determinados os volumes de solução reposta ao sistema a partir do volume inicial. As diferenças entre os valores de referência e a leitura anterior representaram o volume consumido pelas plantas em determinados períodos. Conforme a demanda exigida pelas plantas as reposições eram realizadas.

Foram registrados os períodos das seguintes fases fenológicas, em cinco plantas de cada repetição (15 por cultivar), escolhidas aleatoriamente, adaptando os critérios descritos por ROCHA (2010): a) Crescimento vegetativo (I): desde a semeadura até o florescimento; b) Florescimento e início da frutificação (II): desde a data em que 52% das plantas apresentaram o primeiro cacho floral até a data em que 50% das plantas apresentaram o primeiro fruto; c) Plena frutificação (III): correspondeu ao período em que 50% das plantas apresentaram o primeiro fruto até a data em que 50% das plantas apresentaram frutos em ponto de colheita; d) Colheita (IV): correspondeu ao período em que 50% das plantas apresentaram frutos em ponto de colheita até o final do ciclo.

Os dados de temperatura do ar foram coletados por meio de um termohigrômetro digital instalado em abrigo meteorológico no centro da estufa. A soma térmica diária (STd, ºC dia) foi calculada de acordo com ARNOLD (1960), através da seguinte fórmula: STd=(Tmed –Td) . 1 dia; em que Tmed é a temperatura média do ar, calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar; e Td é a temperatura base de 10ºC (SILVA, 2000).

Seis plantas por repetição foram aleatoriamente escolhidas para a coleta de dados de rendimento e produção de biomassa. As colheitas iniciaram em 18/12/2014 e se estenderam até 24/03/2015. Os frutos, colhidos quando em cor vermelha, eram separados em comerciais e não comerciais, sendo então, contados e pesados. Os frutos considerados não comerciais foram os que apresentavam massa menor que

cinco gramas, rachaduras, lesões, danos causados por roedores ou pássaros e/ou deficiência de Ca+.

A massa seca aérea acumulada das plantas controle foi avaliada ao final do experimento (em 24/03/2015). As plantas foram separadas em três frações: folhas, caules e frutos. As frações foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, até peso constante. Após a secagem, as diferentes frações foram pesadas em balança de precisão, obtendo-se as suas respectivas massas secas. Os frutos colhidos durante o processo produtivo e o material proveniente de desfolhas foram acrescentados às frações correspondentes. A massa seca total da parte aérea da planta correspondeu à soma das massas de folhas, caules e frutos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os híbridos 'Wanda' e 'Dolcetto' apresentaram soma térmica acumulada total de 2902,97ºC dia (tabela 1). Na fase de crescimento vegetativo (I; produção de mudas), as cultivares demonstraram comportamento semelhante, com acúmulo de 511,82ºC dia. No decorrer da fase de florescimento e início da frutificação (II), foi observada a maior diferença entre as cultivares. 'Dolcetto' necessitou 126,70ºC dia a mais do que 'Wanda' para o cumprimento desta fase, o que indica ser esta cultivar mais precoce do que a primeira. Nas fases correspondentes à plena frutificação (III) e colheita (IV), observou-se um comportamento inverso a este, pois 'Wanda' necessitou de um acréscimo de 67,85 e 58,90ºC dia, respectivamente, em relação a 'Dolcetto'. O ciclo desde o transplante até a colheita final contabilizou 145 dias, com acúmulo de 2391,15ºC dia para ambas as cultivares.

Para as variáveis consumo hídrico acumulado (Figura 1) e consumo hídrico diário, houve interação significativa entre os fatores cultivar e fase fenológica. O maior consumo acumulado ocorreu na fase de colheita (IV), seguida, na sequência, pelas fases de plena frutificação (III) e de florescimento e início de frutificação (II) para ambas cultivares (Tabela 2). Na fase de colheita, cuja duração correspondeu a 68 e 66% do ciclo após o florescimento (Tabela 1), os volumes de água consumidos foram de 210,10 L.planta^{-1} e 147,18 L.planta^{-1} (Tabela 2), respectivamente, representando 80,2 e 77,2% do volume total consumido por 'Wanda' e 'Dolcetto'. O maior consumo

na fase de colheita deve-se às características de crescimento indeterminado e de florescimento contínuo das cultivares de tomateiro avaliadas, resultando em um longo período de colheita (99 e 96 dias, respectivamente, para 'Wanda' e 'Dolcetto'). Para culturas com ciclo de produção mais curto, como a minimelancia, cultivada também em hidroponia, observou-se o maior consumo hídrico na fase de plena frutificação (MARQUES et al., 2014).

'Wanda' apresentou menor consumo hídrico acumulado na fase II, e maior nas fases III e IV (Tabela 2). Estas respostas estão diretamente relacionadas à soma térmica das diferentes fases fenológicas (Tabela 1). No total acumulado no ciclo de cultivo, 'Dolcetto' consumiu 190,6 L.planta^{-1}, 71,0 L.planta^{-1} a menos do que 'Wanda' (261,7 L.planta^{-1}), correspondendo a uma economia de água de 27,1%. O menor consumo hídrico de 'Dolcetto' está associado à menor área foliar apresentada (Tabela 2). Quando cultivado no solo em ambiente protegido, o tomateiro salada apresentou consumo hídrico de 66 L.planta^{-1} a 85,51 L.planta^{-1} (REIS et al., 2008).

Em relação ao consumo hídrico diário , para 'Wanda', os maiores valores foram observados na fase IV, seguida, em ordem decrescente, das fases III e II, (Tabela 2). Já, para 'Dolcetto', não houve diferença significativa entre as fases III e IV. Esta é uma variável importante para o dimensionamento dos depósitos de solução nutritiva no planejamento de uma instalação hidropônica. Os volumes médios diários máximos foram 2,12 e 1,53 litros.planta^{-1}.dia^{-1}, respectivamente, para 'Wanda' e 'Dolcetto'.

O híbrido Dolcetto produziu um maior número de frutos do que 'Wanda', respectivamente, 518, 7 e 456,2 frutos planta^{-1}. Porém, a massa média do fruto de 'Wanda' (11,45 g) foi superior à de 'Dolcetto' (8,07 g), o que resultou em superioridade de produção para esse híbrido (Tabela 3).

A massa média dos frutos é um relevante componente da produção, além de ser a melhor maneira de exprimir, indiretamente, o tamanho dos frutos. Portanto, é um parâmetro de qualidade de fundamental importância do ponto de vista do mercado consumidor e também de praticidade de colheita. Frutos muito grandes ou muito pequenos são depreciados pelo mercado. Além do ponto de vista de mercado, há que considerar-se a dificuldade para a colheita de frutos muito pequenos. Sob este ponto de vista, os frutos de 'Dolcetto' acarretam maior dificuldade e demandam mais mão de obra para a colheita do que os de 'Wanda'.

Os frutos de 'Wanda' se encontravam dentro da faixa considerada adequada para a comercialização de minitomate cereja que é de 10 a 15g (FERNANDES et al.,

2007). Apesar de não encontrarem-se na bibliografia parâmetros relativos ao tamanho adequado para comercialização do tomate grape, tem-se conhecimento geral que o padrão de comercialização para este grupo de tomates é inferior ao do tomate cereja. Assim, pode-se inferir que, apesar do seu menor tamanho médio, os frutos de grape também atingiram tamanho adequado.

Os valores de produção comercial (Tabela 3) foram de 5.200 e 4.131 g.planta^{-1}, correspondendo a 15,34 e 12,14 kg m^{-2}, respectivamente, para 'Wanda'e 'Dolcetto'. Os dados de produção e produtividade deste experimento, quando comparados a outros da literatura obtidos para minitomates, também em cultivo sem solo (ROCHA et al., 2010; PEIL et al., 2014; ROSA, 2015), foram bastante positivos.

Em relação à concentração de sólidos solúveis totais, 'Dolcetto' foi superior, atingindo 8,92ºBrix, enquanto os frutos de 'Wanda' apresentaram 7,15ºBrix. Estes valores são semelhantes aos descritos para a cultivar de minitomate grape Monte Rei (8,9ºBrix; ROSA, 2015) e para a cultivar Cereja Vermelho (7ºBrix; PEIL et al., 2014); e superiores aos observados para 15 acessos de tomateiro cereja (entre 1,18ºBrix e 6,61ºBrix; SOBREIRA, 2010), todos em cultivo em substrato.

O descarte de frutos de 'Wanda' foi bastante superior ao de 'Dolcetto' (Tabela 3). Para 'Dolcetto', na média, somente 14 frutos foram descartados por planta, o que correspondeu a 72,5 g, representando 1,8% do total produzido em peso. Já para 'Wanda', houve o descarte de 65,9 frutos, correspondendo a 641,7 g e equivalente ao percentual de descarte de 11,0%. Rachaduras foram a principal causa de descarte dos frutos de 'Wanda'.

As cultivares não diferiram significativamente quanto à EUA para a produção de massa fresca de frutos, massa seca de frutos e do total da planta (tabela 3). Para produção de um kg de massa fresca de frutos, foram necessários 50,5 e 48,3 L de água, para as cultivares Wanda e Dolcetto, respectivamente.

A análise global das respostas indica que 'Wanda' se mostrou mais precoce, produziu frutos de maior tamanho e, como consequência, apresentou produção mais elevada, o que pode ser atribuído a sua superior área foliar. Entretanto, 'Dolcetto' apresentou um menor consumo hídrico total e produziu um número maior de frutos, com superior concentração de SST e menor descarte.

Atualmente, um dos fatores que deve ser considerado na escolha do material genético é o menor gasto de água, característica positivamente demonstrada por 'Dolcetto'. Outro fator determinante é a demanda de mão de obra. Se, por um lado, o

menor tamanho de frutos de ‘Dolcetto’ demanda maior tempo para a colheita, de outro lado, o maior descarte de frutos de ‘Wanda’ também dificulta o manejo da cultura, com maior demanda de mão de obra para separação dos frutos não comerciais. Além disso, frutos deteriorados prejudicam os sadios, que, por conseguinte tem sua vida de prateleira reduzida e consumidores insatisfeitos. Outro fator a ser considerado, é o valor de comercialização e a preferência de mercado, os quais, na atualidade, beneficiam os minitomates do tipo grape (SABIO, 2013).

CONCLUSÃO

A cultivar Wanda é mais precoce do que a cultivar Dolcetto. O período em que ocorre maior acúmulo de graus dia, para ambas as cultivares, é na fase fenológica IV (colheita). A cultivar Dolcetto apresenta menor consumo hídrico total. A demanda máxima diária de água é de 1,53 e 2,12 litros.planta^{-1}.dia^{-1}, e a demanda total é de 190,6 e 261,7 litros.planta^{-1}, respectivamente para ‘Dolcetto’ e ‘Wanda’. As cultivares apresentam similaridade em relação à eficiência no uso da água. A cultivar Wanda é mais produtiva e apresenta frutos de maior tamanho. Entretanto, Dolcetto produz um maior número de frutos, com maior concentração de sólidos solúveis e com descarte inferior. Considerando as características avaliadas, pode-se inferir que a cultivar Dolcetto é mais adequada para o cultivo do minitomate em sistema hidropônico.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à CAPES e à FAPERGS pelo apoio financeiro e à UFPel pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences v. 76, p 682- 692, 1960.

CARON, B. O.; HELDWEIN, A. B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.8, n 1, p 19-25, 2000. Disponível em;<http://hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.64.pdf>.Acesso em: 23 set. 2015

COOPER, A. J. 1973. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. Grower, v.79, p. 1048-1052.

FALCÃO, M. A. de, et al. Fenologia e produtividade da sorva (Couma utilis(Mart.) Muell. Arg.) na Amazônia Central. Acta Botanica Brasilica. v. 17, n. 4, p 541-547, 2003. Disponível em;< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062003000400007> Acesso em: 28 set. 2015. doi 10.1590/S0102-33062003000400007

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. Horticultura Brasileira, v. 25, p. 275-278, 2007.

FOLEGATTI, M. V. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaiba : Agropecuaria, 1999.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928

KRAMER, P.J. Water relations of plants. New York: Academic Press. 489p. 1983

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Water relations ofplants and soils. London: Academic Press. 495p. 1995

MARQUES, G. N. et al. Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de minimelancia em hidroponia. Revista da Faculdade de Agronomia, La Plata, v 113, n

1, p 57-65, 2014. Disponível em;< http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/index.php/revagro/article/view/18/9 > Acesso em: 10 ago. 2015.

PEIL, R. M. N., et al. Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. Horticultura Brasileira, v. 32, n. 2, p. 234-240, 2014.

REIS, S. L. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomateiro caqui cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.3, p.289–296, 2009. Disponível em;< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000300010 > Acesso em: 10 set. 2015. doi 10.1590/S1415-43662009000300010

ROSA, D. S. B. da. Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado. 2015. 119f. Pelotas: UFPel, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Programa de Pos-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (Dissertação de Mestrado).

ROBERTO, S. R. et al. Fenologia e soma térmica (graus-dia) para videira 'Isabel' (Vitis labrusca) cultivada no Noroeste do Paraná. Semina: Ciencias Agrárias, v. 25, n. 4, p. 273-280, 2004. Disponível em;< http://www.uel.br/proppg/portal/pages/arquivos/pesquisa/semina/pdf/semina_25_4_19_2.pdf > Acesso em: 05 nov. 2015. doi 10.5433/1679-0359.2004v25n4p273

ROCHA, M. Q. et al. 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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400015> Acesso em: 17 maio 2014. doi 10.1590/S0102-05362010000400015

ROCHA, M. Q. Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agricola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, 129p. 2010.

SABIO, R.P. et al. Mini w “baby” frutas e hortaliças. Brasil Hortifruti. CEAPEA- USP. ano 11, n. 20, p 8-20, 2013. Disponível em: <ceapea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/120/full.pdf>. Acesso em: 28 dez 2015.

SILVA, J.B.C. et al. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SOBREIRA, F. M. et al. Qualidade de sabor de tomates dos tipos salada e cereja e sua relação com caracteres morfoagronômicos dos frutos. Ciência e agrotecnologia. [online] vol.34, n.4, p. 1015-1023, 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000400031 > Acesso em: 10 set 2015. doi 10.1590/S1413-70542010000400031

VALANDRO, J. et al. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. Revista Brasileira de Agrometeorologia [impresso] v.7, n. 2, p 189-193, 1999.

VALANDRO, J. et al.. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com os elementos meteorológicos. Ciência Rural [online]. v. 37, n. 6, p. 1593-1600, 2007. Diponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600014>. Acesso em: 15 mai 2014. doi 10.1590/S0103-84782007000600014

Tabela 1 – Soma térmica acumulada (STa) nas fases fenológicas: crescimento vegetativo (I), florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV).

Fases Fenológicas	**Cultivar**			
	Wanda		**Dolcetto**	
	Período	**STa (ºC dia)**	**Período**	**STa (ºC dia)**
I	1/09 – 306/10	511,82	16/09 – 30/10	511,82
II	30/10- 13/11	216,75	30/10 – 21/11	343,45
III	14/11 – 14/12	493,75	22/11 – 18/12	426,00
IV	15/12 – 26/03	1680,65	18/12 – 26/03	1621,70
Ciclo Total		2902,97		2902,97

Tabela 2 - Consumo hídrico acumulado e diário nas fases fenológicas: florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV). de duas cultivares de minitomate cultivados em sistema hidropônico.

Cultivar	**Fase Fenológica**			**Total**	
	II	**III**	**IV**		**IAF**
	Consumo hídrico acumulado (litros.planta $^{-1}$)				
Wanda	4,68 bC*	46,90 aB	210,10 aA	261,68	20791,78a
Dolcetto	14,08 aC	39,38 bB	147,18 bA	190,64	17842,48 b
Média	14,38	43,14	178,64	226,16	
	Consumo hídrico diário (litros.planta $^{-1}$.dia^{-1})				
Wanda	0,312 bC	1,548 aB	2,120 aA	3,98	
Dolcetto	0,611 aB	1,456 aA	1,530 bA	3,59	
Média	0,461	1,502	1,825	3,78	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Componentes do rendimento de frutos comerciais, não comerciais e eficiência no uso da água na produção de massa fresca de frutos, massa seca de frutos e massa seca total da planta de duas cultivares de mitomateiro em cultivo hidropônico.

	Cultivar		
	Wanda	**Dolcetto**	**CV(%)**
	Componentes do rendimento: frutos comerciais		
Número de frutos.planta^{-1}	456,27 b	518,77 a	10,77
Peso médio (g)	11,45 a	8,07 b	22,95
Produção (g. planta^{-1})	5.220 a	4.131 b	18,29
Produtividade (kg m^{-2})	15,34 a	12,14 b	20,09
SST	7,15 b	8,92 a	3,34
	Componentes do rendimento: frutos não comerciais		
Número de frutos.planta^{-1}	65,9 a	14,0 b	18,4
Produção (g. planta^{-1})	641,7 a	72,5 b	16,4
Descarte (%)	11,0 a	1,8 b	15,9
	Eficiência no uso da água		
Massa Fresca Frutos (g L^{-1})	19,80 ^{ns*}	20,71	24,86
Massa Seca Frutos (g L^{-1})	1,48 ^{ns}	2,06	13,94
Massa Seca Planta (g L^{-1})	1,32 ^{ns}	2,24	17,43

*ns: diferenças não significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

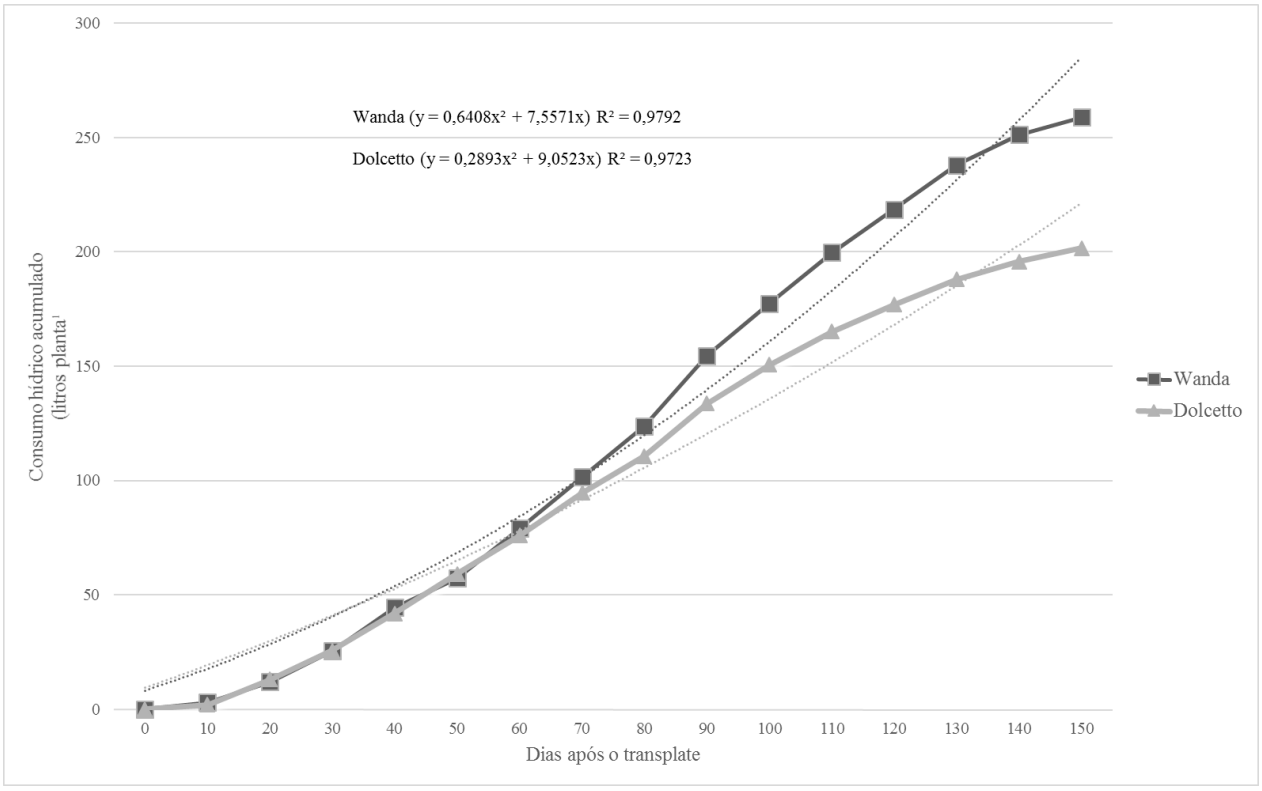

Figura 1 – Consumo hídrico acumulado em função do número de dias após o transplante de duas cultivares de minitomate cultivados em sistema hidropônico.

Conclusões gerais

De acordo com os resultados obtidos e nas condições de cultivo com recirculação da solução nutritiva nas quais os experimentos foram realizados, pode-se concluir que:

A) Em relação à pesquisa realizada sobre a adição de composto orgânico ao substrato para o cultivo de quatro híbridos de tomateiro salada:

- A adição do comporto orgânico (20%) ao substrato casca de arroz *in natura* alterou as características físicas e químicas do substrato, mas não altera as características produtivas da cultura em relação à casca de arroz pura;

- As quatro cultivares híbridas de tomateiro salada testadas neste trabalho (Ivety, Sheila Victoria, Sophya e Lumi) apresentam crescimento e produção de frutos semelhantes. As produções obtidas são consideradas elevadas, indicando que as quatro cultivares se adaptam ao sistema proposto;

- A cultutivar Sheila Victória se destaca pelo maior teor de sólidos solúveis totais dos frutos.

B) Em relação á pesquisa sobre a fenologia, consumo hídrico, o rendimento e a qualidade de minitomate em hidroponia.

- A cultivar Wanda é mais precoce do que a cultivar Dolcetto o período em que ocorre maior acúmulo de graus dia, para ambas as cultivares, é na fase fenológica IV (colheita).

- A cultivar Dolcetto apresenta menor consumo hídrico total e a demanda máxima diária de água é de 1,53 e 2,12 L.planta^{-1}.dia^{-1}, e a demanda total é de 190,6 e 261,7 L.planta^{-1}, respectivamente para ‘Dolcetto’ e ‘Wanda’.

- A cultivar Wanda é mais produtiva e apresenta frutos de maior tamanho. Entretanto, Dolcetto produz um maior número de frutos, com maior concentração de sólidos solúveis e com descarte inferior.

- Considerando as características avaliadas, pode-se inferir que a cultivar Dolcetto é mais adequada para o cultivo do plantas de minitomate em sistema hidropônico.

Referências

ADAMS, P.; SERRA, G.; TOGNONI, F.; LEONI, S. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Horticulturae, 361: 245-257, 1994.

ALVARENGA, M. A R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia.2. ed. Lavras: UFLA. 2013

ANDREUCCETTI, C., FERREIRA, M. D., GUITIERREZ, A. S. D., TAVARES, M. Classificação e padronização dos tomates cv. Carmem e Débora dentro da CEGESP-SP. Engenharia Agrícola, v. 24, n. 3, p. 790-798. 2004

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das culturas protegidas. Ed. UFSM. Santa Maria, 158p., 1999

ANDRIOLO, J. L. Olericultura Geral: princípios e técnicas. Ed. UFSM. Santa Maria, 152p., 2002.

ANDRIOLO, J. L., WILTER, M., DAL ROSS, T., GODÓI, R. S. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 3, p. 485-489. 2003

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

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences v. 76, p 682- 692, 1960.

BURRAGE, S. W. Nutrient Film Technique in protected cultivation. Acta Horticulturae, v. 323, p. 23-38, 1992.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGUETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de Cultivares de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de viçosa. Horticultura Brasileira, Campinas, v. 23, n. 2, p. 255-259, jun, 2005.

CARON, B. O.; HELDWEIN, A.B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.8, n 1, p 19-25, 2000.

COOPER, A. J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. Grower, 79: 1048-1052, 1973.

CEAGESP. Norma de classificação do tomate. São Paulo: CQC/CEAGESP. 26, 2003.

DUARTE, T. S., PEIL, R. M. N., BACCHIS, S., STRASBURGUER, A. S. Efeito da carga de frutos e concentrações salinas no crescimento do meloeiro cultivado em substrato. Horticultura Brasileira, v. 26, p. 348-353, 2008.

DUARTE, T. DA S. Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante. Pelotas, 2006, 116p. Tese (Doutorado em Agronomia), UFPel, 2006.

FAGAN, E. B; PETTER, S. L; SIMON, J; BORCIONI, E; LUZ, J. L; MANFRON, P. A. Eficiência do uso de água do meloeiro hidropônico. Bioscience Journal. v. 25, p. 37-45, 2009.

FALCÃO, M.A. de, et al. Fenologia e produtividade da sorva (Couma utilis(Mart.) Muell. Arg.) na Amazônia Central. Acta Botanica Brasilica. v. 17, n. 4, p 541-547, 2003.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado em 10 de agosto de 2015. Em: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

FERMINO, M. H. Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. Guaíba: Agrolivros. 2014.

FERMINO, M. E., BELLÉ, S. Substratos para plantas. In C. Petry (Org.) Plantas Ornamentais: aspectos para produção. (46-58) 2 Ed. Passo Fundo: UPF. 2008

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. Horticultura Brasileira, v. 25, p. 275-278, 2007.

FERREIRA, M. M. M., FERREIRA, G. B., FONTES, P. C. R., DANTAS, J. P.. Qualidade do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. Horticultura Brasileira, v. 24, p. 141-145, 2006

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2012. ed. 3, 421 p.

FOLEGATTI, M. V. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaiba : Agropecuaria, 1999.

FURLANI, P. R.; FAQUIN, V.; ALVARENGA, M. A. R.; SENO, S. Produção em subtrato e em hidroponia. In. ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia.2. ed. Lavras: UFLA. 2013.

GENÚNCIO, G. C., MAJEROWICZ, N., ZONTA, E., SANTOS, A. M., GRACIA, D., AHMED, C. R. M., SILVA, M. G. Crescimento e produtividade de híbridos de tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. Horticultura Brasileira, v. 24, p. 175-179, 2006.

GENUNCIO, G. C; SILVA, R. A. C; SÁ, N. M; ZONTA, E; ARAÚJO, A. P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. Horticultura Brasileira, v. 28, p. 446-452, 2010.

GUIMARÃES, M. A., SILVA, J. H., FONTES, P. C. R., MATTEDI, A. P. (2008).

Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas.

Bioscienci Journal. v. 24, n. 1, p. 32-38.

GUALBERTO, R; OLIVEIRA, P. S. R; GUIMARÃES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, Campinas, v. 25, n. 4, p. 244-246, out. 2007

GUSMÃO, M. T. A; GUSMÃO SAL; ARAÚJO JAC. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. Horticultura Brasileira 24: 431 436, 2006.ato. Horticultura Brasileira 27: 348-353, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v.27 n.01 p.1-85 janeiro.2014 Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Disponível: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf

KÄMPF, A. N. (2005). Produção Comercial de Plantas Ornamentais. 2.ed. Guaíba: Agrolivros.

KATSOULAS, N; KITTAS, C; BAILLE, A. Estimating transpiration rate and canopy resistance of a rose crop in a fan-ventilated greenhouse. Acta Horticulturae, n. 548, p. 303-309, 2001

KRAMER, P.J. Water relations of plants. New York: Academic Press. 489p. 1983

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Water relations of plants and soils. London: Academic Press. 495p. 1995

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928

LIMA, A. A., ALVARENGA, M. A. R., RODRIGUES, L., & CARVALHO, J. G. Concentração de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácido húmico. Horticultura Brasileira, v. 29, p. 63-69, 2011

LUCENA, R. R. M., NEGREIROS, M. Z., MEDEIROS, J. F., BATISTA, T. M. V., BESSA, A. T. M., & LOPES, W. A. R. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo

tomateiro ‘SM – 16 ‘ cultivado em solo com diferentes coberturas. Horticultura Brasileira, v. 31, p. 401-409, 2013.

LÚCIO, A. D., HAESBAERT, F. M., SANTOS, D., SCHWERTNER, D. V., & BRUNES, R. R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. Horticultura Brasileira, v. 30, p. 660-668, 2012.

MARQUES, G. N. et al. Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de minimelancia em hidroponia. Revista da Faculdade de Agronomia, La Plata, v 113, n 1, p 57-65, 2014.

PAULA, J. T., RESENDE, J. T. V., FARIA, M. V., FIGUEIREDO, A. S. T., SCHWARZ, K., NEUMANN, E, R. Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. Horticultura Brasileira, v. 33, p. 434-440, 2015.

PEIL, R. M. N.; STRASSBURGER, A. S.; FONSECA, L. A. da. Growth, Water Consumption and Use Efficiency of Summer Squash Crop in Closed Rice Husk Medium Growing System. Acta Horticulturae, v. 952, p. 645-650, 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, n. 2, p. 234-240, 2014.

PEIXOTO, J. R; SILVA, R. P; RODRIGUES, F. A; JULIATTI, F. C; CECÍLIO FILHO, A. B. Avaliação de cultivares de tomateiro tipo santa cruz no período de verão, em Araguari, MG. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, DF, vol. 34, n.12, p.2253-2257, dez. 1999.

PIVETTA, C. R.; TAZZO, I. F.; MAASS, G. F.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Ciência Rural. v. 37, n. 5, p. 1274-1280, 2007.

RATTIN, J. E., ANDRIOLO, J. L., WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 1, p. 26-30, 2003.

RE, R; PELLEGRINI, N; PROTEGGENTE, A; PANNALA, A; YANG, M; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.Free Radical Biology and Medicine, vol 26: pp 1231-1237, 1999

REIS, S. L; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomateiro caqui cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.3, p.289–296, 2009.

ROCHA, M. Q. Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico. Pelotas, 129p. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agricola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, 2010.

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.

ROBERTO, S. R. et al. Fenologia e soma térmica (graus-dia) para videira 'Isabel' (Vitis labrusca) cultivada no Noroeste do Paraná. Semina: Ciencias Agrárias, v. 25, n. 4, p. 273-280, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenóids analysis in foods. Washington: ILSI Press. 64p. 1999.

SABIO, R.P. et al. Mini w "baby" frutas e hortaliças. Brasil Hortifruti. CEAPEA-USP. ano 11, n. 20, p 8-20, 2013. Disponível em: <ceapea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/120/full.pdf>. Acesso em: 28 dez 2015.

SILVA, J.B.C. et al. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SILVA, F. DE. S., AZEVEDO, C. A. V. DE. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. J. R. Colorimetry of total phenolics with phosphormolybdicphosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16:144-158. 1965

SOARES, M. A., NEGREIROS, M. Z., WELDER, A. R. L., DOMBROSKI, J. L. D., & LUCENA, R. R. M. (2013). Crescimento do tomateiro cultivado em solo coberto com polipropileno preto. Revista Ciência Agronômica, 44, 4, 790-797. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000400016

SOBREIRA, F. M.; ALMEIDA, G. D.; COELHO, I. R.; RODRIGUES, R.; MATTA, F. P. Qualidade de sabor de tomates dos tipos salada e cereja e sua relação com caracteres morfoagronômicos dos frutos. **Ciência e agrotecnologia**. [online] vol.34, n.4, p. 1015-1023, 2010.

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.

TAZZO, I. F; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; PIVETTA, C. R.; STRECK, L.; RIGHI, E. Z. Evapotranspiração do pimentão em estufa plástica estimada com

dados meteorológicos externos, na primavera. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n. 3, p. 275–280, 2012.

VALANDRO, J. et al. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. Revista Brasileira de Agrometeorologia [impresso] v.7, n. 2, p 189-193, 1999.

VALANDRO, J. Respostas fisiológicas do tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivado em substrato sob diferentes níveis hídricos em ambiente protegido. Pelotas: UFPel. 49p. (Tese Doutorado), 2003.

VALANDRO, J; BURIOL, G. A; ANDRIOLO, L.J; HELDWEIN, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com os elementos meteorológicos Ciência Rural, vol. 37, núm. 6, p 1593-1600, 2007.

Apêndice

Apêndice A

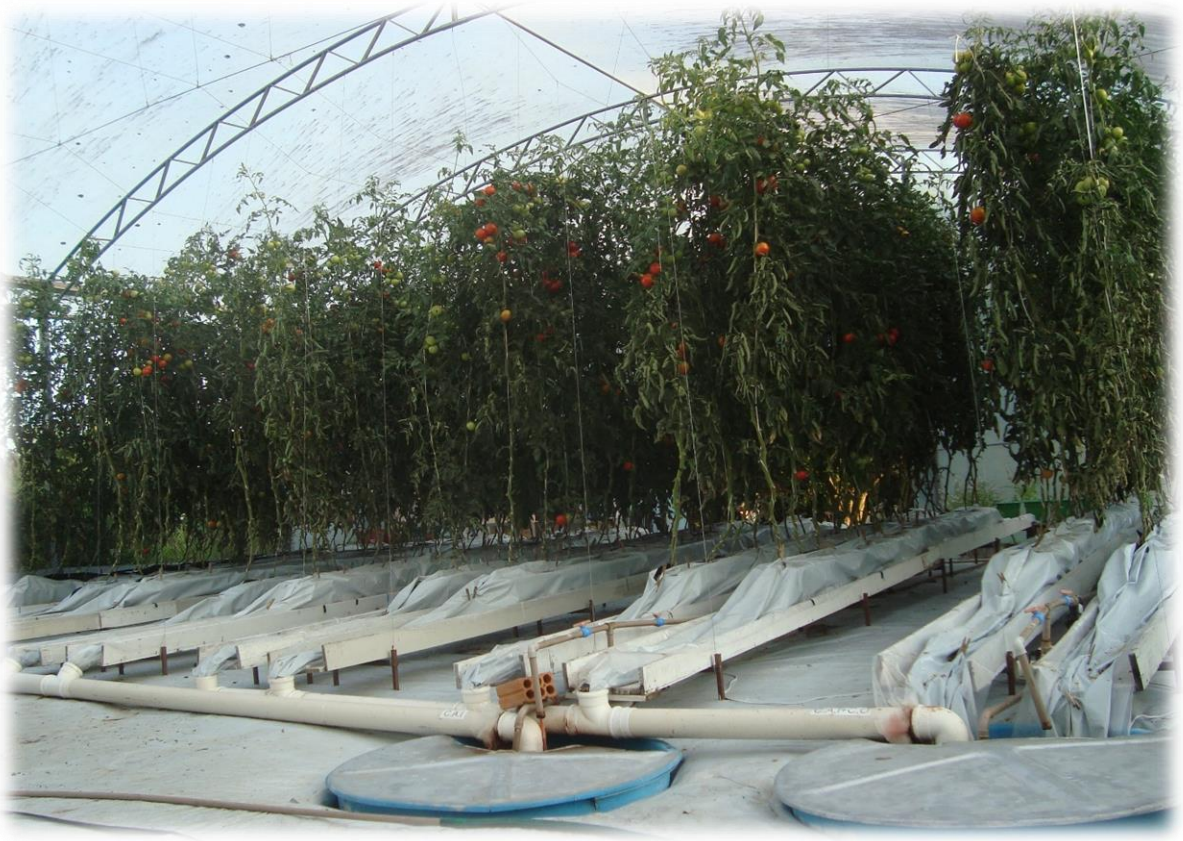

Figura 1A – Visão geral do experimento um: substrato e cultivo de tomateiro salada em sistema com solução nutritiva. Capão do Leão, 2015.

Figura 2A – Disposição das raízes no substrato (a) CAIN e (b) CAIN+CO. Capão do Leão, 2015.

Figura 3A – Experimento dois, consumo hídrico e eficiência no uso da agua de duas cultivares de minitomate em sistema hidropônico. Capão do Leão, 2015.