

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



Tese

**Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas
em cultivo sem solo**

Gabriel Nachtigall Marques

Pelotas, 2016

Gabriel Nachtigall Marques

Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo

Tese 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 Doutor em Agronomia.

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

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M357s Marques, Gabriel Nachtigall

Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo / Gabriel Nachtigall Marques ; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora ; Paulo Roberto Grolli, coorientador. — Pelotas, 2016.

150 f. : il.

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

1. Fragaria x ananassa Duch. 2. Casca de arroz carbonizada. 3. Solução nutritiva. 4. Enraizamento de estolões. 5. Extratores de solução. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Grolli, Paulo Roberto, coorient. III. Título.

CDD : 634.75

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli: _____
(Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Jerônimo Luiz Andriolo: _____
(Centro de Ciências Rurais/UFSM)

Pesquisador Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes: _____
(Embrapa Clima Temperado)

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch: _____
(Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL)

Dedico este trabalho aos meus pais, Moacir e Virgínia, e à minha noiva Caroline por todo amor e incentivo.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Universidade Federal de Pelotas e à CAPES, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado através do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar e pela concessão da bolsa de estudos.

Minha eterna gratidão à Professora Roberta Peil pela sua orientação, ensinamentos, conselhos, confiança, amizade e compreensão.

Ao Professor Paulo Roberto Grolli pela coorientação, ensinamentos e amizade. Agradeço, também, ao Professor Cesar Valmor Rombaldi por proporcionar a realização das análises de pós-colheita, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao Pesquisador Carlos Reisser Júnior pelo empréstimo dos extratores, e aos Professores Márcia Schuch e Marcelo Malgarim, por ceder equipamentos do Labfrut.

Não poderia deixar de agradecer à banca de qualificação, composta pelo Professor Carlos Mauch e pelos Pesquisadores André Strassburger e Luis Eduardo Antunes. Obrigado pelas valiosas colaborações.

Foram tantas as pessoas envolvidas com o trabalho que tenho receio de citar nomes e acabar sendo injusto. Porém, o total comprometimento de alguns deve ser apontado. Neste sentido, jamais esquecerei do apoio recebido por parte do graduando em agronomia e amigo Thiago da Luz, o qual sacrificou muitos dos seus finais de semana e feriados para prestar ajuda em atividades relacionadas aos experimentos. Da mesma forma, manifesto meus sinceros agradecimentos aos estagiários e bolsistas, Rafaela Schmidt, Albertina Wieth, Tailine Manske, Cristiane Neutzling, Jaqueline Barcelos, Rodrigo Armesto, Suzane Leitzke, Latóia Eduarda, Fabiane Kletke, Fabrícia Fonseca, Robson Scheuermann e Raifer Campelo.

A todos os colegas do PPGSPAF. Especialmente, aos amigos Fábio Araújo, Fernanda Carini, Laís Perin, Douglas Rosa, Maurício Bilharva, Daniela Horn, Dênis Jahnke, Volnei Zibetti, Talita Machado, Gabriela Duarte, Daniele Brandstetter e Reges Echer pela convivência e ajuda na condução dos experimentos.

Aos meus amigos e queridos pais, Moacir e Virgínia, pelo amor incondicional, apoio e confiança, minha eterna gratidão.

À minha noiva, namorada, companheira e incentivadora, Caroline, que há bons anos tem me acompanhado pelos caminhos da vida. Obrigado por todo apoio e amor.

Por fim, deixo meu “MUITO OBRIGADO” a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para construção deste trabalho.

Resumo

MARQUES, Gabriel Nachtigall. **Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo**. 2016. 150f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em substrato sob sistema fechado representa a possibilidade de um sistema de produção intensivo e com baixo impacto ambiental. O trabalho objetivou estudar alguns aspectos agronômicos e a qualidade das frutas produzidas nestas condições. Para isso, três experimentos foram realizados. O Experimento 1 (E1) teve como objetivo estudar a influência da adição de composto orgânico (CO) à casca de arroz carbonizada (CAC) e o efeito do cultivo combinado das cultivares de dia curto e dia neutro ('Camarosa'/'San Andreas') sobre o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas. Além do substrato, no segundo ano de cultivo, o Experimento 2 (E2) avaliou os efeitos das cultivares e da procedência da muda sobre o crescimento da planta e o rendimento de frutas de morangueiro. O Experimento 3 (E3) objetivou validar o método da análise da solução drenada. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação situada no Município de Capão do Leão, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. As plantas foram cultivadas em sacolas tubulares (slabs) preenchidas com substrato, havendo a coleta e a recirculação da solução nutritiva drenada. A produção comercial obtida no E1 foi de 792 e 816 g planta⁻¹ para 'Camarosa' e 'San Andreas'. O cultivo combinado atingiu o rendimento de 10,8 kg m⁻², distribuídos no período entre a metade de agosto de 2014 e o final de abril de 2015. No E2, 'San Andreas' com mudas de estolões enraizados produziu 732,9 g planta⁻¹, valor superior ao obtido com as mudas importadas, e 44,9% desta produção foi colhida nos meses de julho e agosto de 2015. No E3, os resultados indicaram forte correlação para as leituras de CE ($r^2 = 0,941$) e pH ($r^2 = 0,929$) entre a solução drenada e a extraída diretamente do substrato e que a adição de CO promoveu a elevação dos valores de CE e pH (CE=1,8 dSm⁻¹ e pH=7,56) da solução em contato com o meio radicular das plantas. De acordo com o E1, a adição de CO 'Ecocitrus' ao substrato e o cultivo combinado da cultivar 'Camarosa' com a cultivar 'San Andreas' não influenciam o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas de 'Camarosa'. 'Camarosa' possui maior teor de antocianinas e ácido ascórbico do que 'San Andreas', independentemente da combinação de cultivares. O cultivo combinado da cultivar 'Camarosa' com a cultivar 'San Andreas' proporciona melhor distribuição da colheita, sem prejuízos no rendimento total da cultura. De acordo com os resultados do E2, a adição de CO à CAC não influencia o crescimento da planta e o rendimento de frutas comerciais. A cultivar 'San Andreas' procedente de estolões enraizados nos leitos de cultivo garante a antecipação da colheita, bem como a maior produção e rendimento de frutas. Em relação ao E3, a solução drenada pelo substrato é representativa das condições da solução no meio

radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento CE e do pH no cultivo do morangueiro em substrato.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch; casca de arroz carbonizada; solução nutritiva; enraizamento de estolões; extratores de solução

Abstract

MARQUES, Gabriel Nachtigall. **Substrate, cultivars combination and strawberry tips produced in soilless system**. 2016. 150f. Thesis (Doctoral) - Graduate Program in Agricultural Production Systems Family. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, 2016.

The strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in substrate with the gathering and recirculation of drained nutrient solution (closed system) is the possibility of an intensive production system and with low environmental impact. This work aimed to study some agronomic aspects and fruit quality. For this, three trials were carried. The Trial 1 (T1) aimed to study the influence of the addition of organic compost (OC) to the carbonized rice husk (CRH) and the effect of short-day with day-neutral cultivars combination ('Camarosa'/'San Andreas') on plant growth, production and fruit quality. In addition to the substrate, in the second year of crop, the Trial 2 (T2) evaluated the effects of the cultivars and origin of the tips on plant growth and strawberry yield fruit. The Trial 3 (T3) aimed to validate the method for analysis of the drained nutrient solution. The trials were carried out in a greenhouse located in Capão do Leão, Federal University of Pelotas, RS, Brazil. The plants were grown in tubular bags (slabs) filled with substrate. The drained nutrient solution was gathering and recirculating. The obtained commercial production from T1 was 792 and 816 g plant⁻¹ to 'Camarosa' and 'San Andreas'. The combined crop reached the yield of 10.8 kg m⁻², harvested in the period between mid-August 2014 and the end of April 2015. In the T2, 'San Andreas' cultivar with rooted runners tips produced 732.9 g plant⁻¹, higher than obtained with imported tips, and 44.9% of this production was harvested in July and August. In the T3, the results indicated a strong correlation between the drained solution and the directly extracted from substrate solution for both electrical conductivity (EC) ($r^2 = 0.941$) and pH ($r^2 = 0.929$) measurements. The addition of the OC to the substrate increased EC (1.8 dSm⁻¹) and pH (7.56) of the drained nutrient solution. According to the T1, the addition of OC 'Ecocitrus' to the substrate and the combined grown of the 'Camarosa' with 'San Andreas' cultivars do not influence the plant growth, production and fruit quality of 'Camarosa'. The 'Camarosa' fruit has higher total anthocyanins and L-ascorbic acid contents that 'San Andreas' cultivar, regardless of the cultivar combination. The combined grown of the 'Camarosa' with 'San Andreas' cultivars provides better distribution of the harvest without losses in total yield. According to the T2, the addition of OC to the CRH does not influence plant growth and marketable fruits yield. The 'San Andreas' cultivar from rooted runners in bags of cultivation under natural local conditions ensures the early harvest, as well as increase production and fruit yield. In relation to the T3, substrate drained solution is representative of the root medium solution conditions and can be used with high accuracy for monitoring the EC and pH in the strawberry substrate crop.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch; carbonized rice husk; nutrient solution; runners rooted; solution extractors

Sumário

1. Introdução Geral.....	13
2. Projeto de Pesquisa	17
3. Relatório do Trabalho de Campo	43
4. Artigo 1- Combinação de cultivares de morangueiro em substrato sob sistema fechado	48
4.1. Resumo	49
4.2. Abstract	50
4.3. Introdução	51
4.4. Material e Métodos	53
4.5. Resultados	58
4.6. Discussão	61
4.7. Conclusões	74
4.8. Agradecimentos	74
4.9. Referências	74
5. Artigo 2- Morangueiro cultivado em substrato com solução nutritiva recirculante: adição de composto orgânico ao substrato e mudas produzidas nas condições locais	93
5.1. Resumo	94
5.2. Abstract	95
5.3. Introdução	96
5.4. Material e Métodos	98
5.5. Resultados	102
5.6. Discussão	104
5.7. Conclusões	109
5.8. Agradecimentos	109
5.9. Referências	110
6. Artigo 3- Validação de medidas de condutividade elétrica e pH da solução drenada de substrato cultivado com morangueiro	122

6.1. Resumo	123
6.2. Abstract	124
6.3. Introdução	124
6.4. Material e Métodos	125
6.5. Resultados e Discussão	128
6.6. Conclusões.....	129
6.7. Referências	129
7. Considerações finais	132
Referências	134
Apêndices.....	147

1. Introdução Geral

Um dos maiores desafios da pesquisa na área de produção de hortaliças consiste em desenvolver e aprimorar sistemas de produção intensivos e com reduzida poluição ambiental. Ao mesmo tempo, os consumidores estão cada vez mais exigentes por produtos de excelência em relação aos atributos de qualidade e, também, atentos aos aspectos envolvidos na produção, bem como à procedência dos alimentos.

Muitos produtores de hortaliças têm optado por sistemas de cultivo mais práticos, que garantam a otimização da mão-de-obra e, além do retorno financeiro, que proporcionem melhor postura de trabalho e menos contato com agrotóxicos. Pode-se dizer que grande parte das inovações no meio rural vão ao encontro da melhoria na qualidade de vida demandada pelos atuais produtores rurais, especialmente os agricultores familiares.

Neste contexto se insere a produção de morangos em substrato. Em várias localidades verifica-se o avanço acelerado do cultivo do morangueiro em substrato, demonstrando, na prática, que esta forma de produção vem atendendo às necessidades do produtor moderno e suprimindo os consumidores com frutas de excelente qualidade (RADIN et al., 2011).

Basicamente, existem dois tipos de sistemas de cultivo sem solo para a cultura do morangueiro: a hidroponia clássica do tipo NFT [Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes; sistema fechado (COOPER, 1979)] e o sistema aberto com substrato (BORTOLOZZO et al., 2007).

A adoção de sistemas hidropônicos (NFT) constitui a forma mais fácil e prática para realizar a coleta e a recirculação da solução nutritiva. Todavia, os poucos estudos existentes constatarem baixos rendimentos de frutas de morangueiro quando produzidas em hidroponia (FERNANDES JÚNIOR et al., 2002; PORTELA et al., 2012a; PORTELA et al., 2012b). Além da reduzida produtividade, o elevado consumo e dependência de energia elétrica pelas motobombas e o baixo tamponamento tornam o sistema pouco atrativo.

De forma geral, o cultivo em sistema aberto emprega substratos constituídos por misturas de casca de arroz carbonizada e compostos orgânicos, não ocorrendo a coleta da solução nutritiva lixiviada, sendo liberada diretamente no solo (GIMENEZ et al., 2008). Atualmente, o sistema aberto representa a grande maioria dos cultivos comerciais de morango em substrato no Brasil (BORTOLOZZO et al., 2007; RADIN

et al., 2011) e no mundo (JAFARNIA et al., 2010; RUAN et al., 2011; EBRAHIMI et al., 2012; MARINOU et al., 2013; AKHATOU; RECAMALES, 2013; ADAK; GUBBUK, 2015).

O substrato ideal para o morangueiro deve apresentar adequadas características físicas e químicas (AMERI et al., 2012b). No entanto, a disponibilidade e o custo de aquisição são fatores determinantes para a escolha do substrato. Por estes motivos, no Rio Grande do Sul, a casca de arroz apresenta-se como um material de elevado potencial para a composição de substratos para hortaliças, pois trata-se de um resíduo gerado pelos engenhos no processo de beneficiamento do arroz.

A utilização da casca de arroz '*In natura*' demonstrou bons resultados para o cultivo do meloeiro, da abobrinha italiana e do minitomateiro (DUARTE et al., 2008; STRASSBURGER et al., 2011a; ROSA, 2015), porém, não para o morangueiro. O insucesso se deve, principalmente, à reduzida capacidade de retenção de água e a instabilidade química do material quando submetido a longos períodos de cultivo. Para a reversão destas características indesejáveis, a casca de arroz tem sido submetida ao processo de carbonização (MEDEIROS et al., 2008). O produto final, a casca de arroz carbonizada, apresenta elevada estabilidade química e física, bem como maior capacidade de retenção de água do que a casca de arroz '*in natura*'.

Entretanto, a casca de arroz carbonizada também possui elevada porosidade e reduzida capacidade de retenção de água, exigindo elevada frequência de irrigação para que sejam atendidas as necessidades hídricas do morangueiro. Como alternativa, no Rio Grande do Sul, tem sido misturado à casca de arroz carbonizada compostos orgânicos. O objetivo desta prática consiste em melhorar as características físicas do substrato, principalmente elevando a capacidade de retenção de água. Por outro lado, quando se vislumbra o sistema fechado, substratos compostos por materiais orgânicos com alta CTC podem ocasionar a salinização do mesmo (ANDRIOLO et al., 2002).

Os tradicionais produtores de morango do Rio Grande do Sul realizavam o cultivo no solo e, geralmente, empregavam somente cultivares de dia curto (DC). Logo, a produção era distribuída ao longo de quatro a cinco meses, no máximo, havendo picos de produção em outubro/novembro. O elevado período de entressafra era, e ainda continua sendo, uma das desvantagens do sistema convencional de produção com cultivares de DC (SANTOS, 2003).

A possibilidade de redução da entressafra foi um dos principais benefícios promovidos pela introdução das cultivares de dia neutro (DN). Devido às características de florescimento destas cultivares, a produção avança durante o período de verão, alcançando os meses de dezembro/janeiro e estendendo-se até o outono. Consequentemente, embora sem picos de produção, o produtor obtém preços mais elevados (OTTO et al., 2009).

Entretanto, em função da própria pluriatividade da propriedade e da falta de orientação técnica, muitos produtores adotavam para as cultivares de DN o mesmo manejo tradicionalmente empregado para as cultivares de DC. Assim, permanecia o problema da sazonalidade de produção.

O surgimento do sistema de cultivo em substrato sob ambiente protegido, descrito por Bortolozzo et al. (2007), proporcionou grande estímulo para o melhor aproveitamento das cultivares de DN. Isto é explicado pelo elevado investimento necessário para implantação do sistema de cultivo em substrato. Logicamente, o retorno seria mais rápido com cultivares de DN, pois a produção fora da época convencional permitiria maior agregação de valor ao produto colhido.

Há relatos que nos municípios produtores da Serra Gaúcha e do Vale do Caí/RS, cerca de mais de 90% dos produtores de morango já produzam fora do solo com o emprego de substrato. Estima-se que 80% das plantas sejam de DN, prevalecendo as cultivares Albion, Aromas e, recentemente, San Andreas.

Entretanto, as cultivares de DN, de modo geral, são menos produtivas e não apresentam picos de produção como o evidenciado em várias pesquisas com cultivares de DC durante o período de junho até dezembro (ANTUNES et al., 2010; CECATTO et al., 2013; SILVA et al., 2015). Neste sentido, a combinação destas cultivares pode ser uma excelente alternativa para a obtenção da tradicional produção durante a época convencional, para a obtenção de precocidade na colheita e produção fora de época, constituída pelas colheitas realizadas de janeiro até abril/maio, exclusivamente garantida pelas cultivares de DN. Por outro lado, o emprego de cultivares de DN resulta no aumento do ciclo de cultivo, consequentemente, dificultando o manejo da solução nutritiva em sistemas fechados.

Outro aspecto marcante das produções de morango do sul do Brasil trata-se do transplante tardio, repercutindo na perda da precocidade da colheita e na redução da produção total de frutas. A principal causa do atraso do plantio está

atrelada aos problemas de logística da importação de mudas, visto que cerca de 80% das mudas de morangueiro utilizadas no Rio Grande do Sul são importadas de viveiros localizados no Chile e Argentina (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009). Assim, existe a dependência tecnológica do setor em relação às mudas importadas. Neste sentido, deve ser estimulada a criação de opções alternativas às tradicionais mudas importadas. Como exemplo, alguns produtores produzem suas próprias mudas nos leitos de cultivo através do enraizamento de estolões provenientes de plantas produtivas. No entanto, não existem informações sobre o crescimento e produção destas plantas oriundas de estolões.

Por fim, considera-se a hipótese de que o cultivo do morangueiro em substrato com adição de composto orgânico em sistema fechado, empregando cultivares de DC e DN combinadas, possa gerar reduzida entressafra e elevada produtividade de frutas com qualidade compatível às exigências dos consumidores e, que as mudas provenientes de estolões de plantas produtivas possam redundar em maior produção e precocidade na colheita de frutas, tudo isso com reduzido impacto ambiental, principalmente em relação ao consumo de água, fertilizantes e agrotóxicos.

Dentro deste contexto, este trabalho foi formalizado em três artigos científicos. Com o primeiro artigo, buscou-se conhecer a influência da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e o efeito de diferentes combinações de cultivares sobre o crescimento da planta, produção e qualidade de frutas de morangueiro. No segundo artigo (com reutilização do substrato), foram estudados os efeitos da adição de composto orgânico ao substrato, das cultivares e da procedência da muda (muda importada x muda obtida de estolão enraizado nas condições locais) sobre o crescimento da planta, produtividade de frutas e precocidade da colheita. No terceiro artigo, objetivou-se validar a metodologia da análise da solução lixiviada, coletada na drenagem do sistema, bem como verificar o efeito da adição de composto orgânico ao substrato sobre as medidas de condutividade elétrica e pH da solução nutritiva drenada por substrato cultivado com morangueiro.

2. Projeto de Pesquisa

2. Projeto de Pesquisa

PRPPG – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Universidade Federal de Pelotas

PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Modelo Estruturado

Projeto de Tese:

**Cultivo de morangueiro em substrato com solução nutritiva
recirculante**

Proponente:

Gabriel Nachtigall Marques (Doutorando)

Orientação:

Roberta Marins Nogueira Peil (Orientadora)

Paulo Roberto Grolli (Coorientador)

Pelotas, novembro de 2014

2.1. Identificação da Proposta

2.1.1. Instituição:

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

2.1.2. Equipe:

- Gabriel Nachtigall Marques – Eng. Agr., Me., Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPe/FAEM. Responsável.
- Roberta Marins Nogueira Peil – Prof^a. Departamento de Fitotecnia, UFPe/FAEM. Orientadora.
- Paulo Roberto Grolli – Prof. Departamento de Fitotecnia, UFPe/FAEM. Coorientador.
- Lais Perin – Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPe/FAEM. Participante.
- Fernanda Carini– Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPe/FAEM. Participante.
- Douglas Schulz Bergman da Rosa – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPe/FAEM. Participante.
- Thiago Freitas da Luz – Aluno do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS, UFPe/FAEM. Participante.
- Rafaela Schmidt de Souza – Aluna do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS/PROBIC, UFPe/FAEM. Participante.
- Cristiane Neutzling – Aluno do curso de Agronomia, Bolsista CNPq/PIBIC, UFPe/FAEM. Participante.
- Albertina Radtke Wieth – Aluna do curso de Agronomia, Bolsista CNPq/PIBIC, UFPe/FAEM. Participante.

2.2. Caracterização do Problema

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) assume importante papel socioeconômico em âmbito nacional e regional. Esta hortaliça rasteira, que gera uma fruta muito saborosa e rica em vitaminas, caracteriza-se por, normalmente, ocupar pequenas áreas e exigir acentuada mão de obra durante a implantação e o manejo do cultivo (GOMES et al., 2013).

No Brasil, são colhidos anualmente cerca de 100 mil toneladas da fruta, cultivadas em uma área de 3.500 ha (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007), sendo os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, responsáveis por 80% da produção. Por sua vez, o Rio Grande do Sul contribui com 16% da produção nacional, a qual é predominantemente destinada ao consumo in natura. Definitivamente, trata-se de um produto com mercado garantido e bom valor de venda (GOMES et al., 2013). Neste sentido, a produção de morangos possui um papel importante para o fortalecimento e a sustentabilidade da atividade agrícola familiar no Rio Grande do Sul, onde se destacam três regiões produtoras: Campos de Cima da Serra, Serra e Sul do Estado, na qual, encontram-se os municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço do Sul como principais produtores (PAGOT, 2004).

Atualmente, a plasticultura tem sido largamente utilizada como principal técnica de cultivo em ambiente protegido para o morangueiro, pois além de assegurar a produção e proteger a cultura das adversidades climáticas, também é empregada com o propósito de aumentar a qualidade da produção. Adicionalmente, o cultivo desta hortaliça em ambiente protegido possibilita a antecipação da colheita, coincidindo com o momento no qual a demanda é maior do que a oferta do produto. Logo, neste período inicial, o produtor comercializa as frutas a preços mais elevados (ANDRIOLO et al., 2002).

Entretanto, a intensificação de cultivos sucessivos, aliado a tomada de práticas de manejo inadequadas, vem causando sérios problemas ao solo e ao lençol freático, e muitas vezes, refletindo na inutilização das áreas. Neste contexto, apontam-se como principais agravantes, a utilização indiscriminada de agrotóxicos para controle de pragas e doenças e também a contaminação do solo e da água devido ao uso excessivo de nutrientes na água de irrigação (Fertirrigação) (GIMENEZ et al., 2008).

De acordo com Santos et al. (2003), o morangueiro é sensível a diversas doenças que atacam a parte aérea, as raízes e o colo da planta. Sobretudo, as

consequências mais drásticas são observadas em lavouras atacadas por aquelas doenças do sistema radicular (geralmente fúngicas), as quais são responsáveis por acentuada mortalidade de plantas. A grande causa da maioria destes problemas fitossanitários está fundamentada, especialmente, na não aplicação correta do princípio de rotação de culturas, motivado pela dificuldade de adoção deste manejo, o que permite que os inóculos das doenças permaneçam no solo por vários anos causando danos à Rosácea em questão. Além disso, a utilização de mudas contaminadas e com baixa qualidade fisiológica contribui relevantemente para a introdução de microrganismos fitopatogênicos nas áreas de cultivo (COSTA; VENTURA, 2006). Em contrapartida, os produtores convencionais acabam realizando excessivas aplicações de fungicidas curativos para não perder a produção já comprometida.

A consequência final é o baixo rendimento de frutas da cultura, cuja produtividade média no Estado do Rio Grande do Sul se situa em 500 gramas planta⁻¹, o que está muito abaixo do potencial de produção, podendo ser superior a 1 kg planta⁻¹ (OLIVEIRA, SCIVITTARO, 2009; STRASSBURGER et al., 2011a; CECATTO et al., 2013).

Em vários municípios produtores da Serra Gaúcha e do Vale do Caí, grande parte dos produtores de morango têm utilizado o sistema de cultivo sem solo empregando substrato à base de casca de arroz carbonizada e composto orgânico como forma de produção alternativa ao sistema convencional (RADIN et al., 2011). Com o cultivo sem solo, a ocorrência de doenças é extremamente minimizada, repercutindo em maior rendimento e qualidade da produção das frutas de morango. Neste caso, a produção é desvinculada da qualidade do solo (DUARTE; SANTOS, 2012). Além disso, pelo fato das bancadas de cultivo estarem dispostas cerca de 1m acima do nível do solo, o sistema apresenta vantagens ergonômicas, pois são realizadas várias colheitas durante 4 a 5 meses, trabalho que ocorre rente ao solo nas produções convencionais (GODOI et al., 2009), sendo este um dos principais entraves para o aumento da área cultivada. Assim, a otimização da mão de obra é apontada, juntamente com a menor incidência de doenças, como as principais razões para avanço acelerado do cultivo do morangueiro em substrato.

Entretanto, não somente no Rio Grande do Sul, mas em todo o Brasil, os sistemas de cultivo em substrato em atividade para a cultura do morangueiro são abertos, ou seja, sem a captação do lixiviado. Desta forma, não há o

reaproveitamento da água e de macro e micronutrientes que compõem a solução nutritiva (FURLANI; FERNANDEZ JÚNIOR, 2004). Além do desperdício de água e nutrientes via drenagem dos lixiviados da fertirrigação, os sistemas de cultivo sem solo abertos acabam gerando mais um problema ambiental: a salinização do solo e a contaminação do lençol freático pelos nutrientes. Por esses motivos, Giménez et al. (2008) afirmam haver forte tendência de transição dos sistemas abertos para os cultivos em substrato com sistema fechado e recirculação da solução nutritiva.

A adoção de sistemas hidropônicos [NFT- Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (COOPER, 1979)] constitui a forma mais fácil e prática para realizar a coleta e a recirculação da solução nutritiva. Todavia, os poucos estudos existentes constatarem baixos rendimentos de frutas de morangueiro quando produzidas em hidroponia (FERNANDES JÚNIOR et al., 2002; PORTELA et al., 2012). Além da reduzida produtividade do morangueiro, o elevado consumo de energia elétrica pelas moto-bombas torna o sistema pouco atrativo.

Diversos fatores contribuem para a adoção de sistemas fechados de cultivo sem solo com substrato. Para Andriolo (2006), em cultivos com substrato, o sistema radicular das plantas é mais bem aerado e também é menor o custo com energia elétrica para o acionamento das moto-bombas, visto que em função da capacidade que possui o substrato em reter solução nutritiva, são necessários menor número de 'pulsos' de irrigação. Hennion e Veschambre (1997) e Lieten (1998) ressaltam que os substratos proporcionam maior inércia térmica às raízes. Outro ponto importante, que pode ser considerado como uma das principais vantagens do cultivo em substrato em relação à hidroponia, está baseado no poder tampão que é conferido pelo substrato ao sistema. Complementarmente, o emprego de substratos em cultivos sem solo proporciona o aproveitamento de materiais orgânicos que antes eram descartados de forma inadequada (por exemplo, a casca de arroz), configurando problemas ambientais.

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 longos ciclos de cultivo (GODOI et al., 2009).

A partir de motivações técnicas, econômicas, ambientais e de disponibilidade de material, a casca de arroz tem sido estudada isoladamente e/ou misturada com outros materiais com o propósito de utilização no cultivo em substrato com sistema

fechado. Trabalhos com a cultura do meloeiro e abobrinha italiana com casca de arroz '*in natura*' (DUARTE et al., 2008; STRASSBURGER et al., 2011b), e com a cultura do tomateiro com utilização de casca de arroz 'carbonizada' em sistema aberto (CARRIJO et al., 2004) mostram grande potencial destes materiais, especialmente a casca carbonizada. Porém, o fechamento do sistema de cultivo em substrato, atualmente utilizado pelos produtores de morango do estado, exigirá adequações em relação à composição deste substrato e ao manejo da fertirrigação, uma vez que o uso de substratos orgânicos com alta CTC, em sistema fechado, pode ocasionar a salinização do mesmo (ANDRIOLO et al., 2002).

Assim como os sistemas de cultivo podem interferir no rendimento das culturas, a escolha de cultivares adequadas também pode afetar a produção. As cultivares de morangueiro são classificadas em cultivares de 'dia curto', de 'dia neutro' (que sofrem menor influência do fotoperíodo) e as cultivares de 'dia longo', as quais não são utilizadas no Brasil (WREGGE et al., 2007; SERÇE; HANCOCK, 2005). As cultivares de 'dia curto' são as mais utilizadas no Rio Grande do Sul, e caracterizam-se por serem influenciadas pela interação de temperatura e fotoperíodo para entrarem na fase reprodutiva. Entretanto, a colheita de frutas é concentrada no período entre o fim do inverno e a primavera. Obviamente, desta forma, o preço do produto decresce à medida que a disponibilidade da fruta aumenta no mercado. Como alternativa, para produção de frutas na entressafra, quando o preço é mais elevado, torna-se apropriada a utilização de cultivares de 'dia neutro'. As cultivares de 'dia neutro' são relativamente insensíveis ao comprimento do dia e são mais tolerantes as elevações de temperatura, assim, possibilitando a frutificação durante o verão e início do outono.

Normalmente, as mudas de morangueiro utilizadas no Rio Grande do Sul são importadas de viveiros localizados no Chile e Argentina. Isso ocorre porque estes materiais propagativos apresentam boa qualidade fisiológica e fitossanitária, o que é fundamental para o alcance de elevadas produtividades (PORTELA et al., 2012). Porém, além do elevado preço pago pelas mudas importadas, há também muitos relatos de atraso na entrega do material.

Ultimamente, como forma de contornar os problemas de entressafra e atraso das mudas, alguns produtores de morango em substrato do Vale do Caí vêm adotando, empiricamente, um determinado manejo de cultivares em que é realizada a combinação de cultivares de 'dia curto' e de 'dia neutro' em combinação na mesma

bolsa de cultivo, com a finalidade de aumentar o período de colheita da fruta e reduzir o custo com a aquisição de mudas. Neste sentido, os produtores estão produzindo as próprias mudas nos leitos de cultivo a partir do enraizamento de um estolão proveniente da planta mãe que foi originada de uma muda importada. Contudo, ao certo não se sabe o grau de eficiência destas práticas, ainda mais quando se visualiza o cultivo em sistema fechado.

Por fim, considerando a hipótese de que o cultivo do morangueiro em substrato com coleta e recirculação de solução nutritiva, associado à prática de combinação e sucessão de cultivares de 'dia curto' e de 'dia neutro', poderá redundar em melhor crescimento da cultura e, conseqüentemente, gerar benefícios de ordem produtiva e econômica, com menor contaminação ambiental, tornam-se necessários estudos que elucidem o comportamento da cultura em relação às condições propostas.

2.3. Objetivos e Metas

2.3.1. Objetivo geral:

Produzir conhecimento básico e aplicado sobre o cultivo do morangueiro em sistema de cultivo sem solo com substrato e solução nutritiva recirculante.

2.3.2. Objetivos específicos:

- Avaliar substratos para o cultivo do morangueiro em sistema fechado;
- Avaliar o crescimento da planta, o rendimento e a qualidade de frutas em cultivo combinado de cultivares de 'dia curto' e de 'dia neutro';
- Avaliar o crescimento e o rendimento de mudas provenientes de estolões, oriundos de planta mãe produtiva, enraizados no próprio leito de cultivo definitivo;
- Determinar a extração de macro e micronutrientes minerais das cultivares de morangueiro.

2.3.3. Metas:

Ao final do projeto, pretende-se:

- Promover a formação acadêmica de recursos humanos qualificados na área de estudo (através do desenvolvimento de uma tese de doutorado e da participação de bolsistas de iniciação científica e estagiários);
- Aprimorar a técnica de recirculação de lixiviados para o cultivo do morangueiro em substrato;
- Definir um substrato (dentre os substratos estudados), que seja mais adequado ao cultivo do morangueiro em sistema fechado;
- Definir um manejo (dentre os manejos estudados), que seja mais adequado em relação à combinação de cultivares no mesmo recipiente de cultivo;
- Calcular/definir uma recomendação de adubação para a cultura do morangueiro nas condições do sul do Brasil.

2.4. Metodologia

O experimento será conduzido durante os anos agrícolas 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, tendo como coordenadas geográficas aproximadas: 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, sendo, pela classificação de Köppen do tipo Cfa.

Para a realização dos experimentos, se utilizará uma casa de vegetação modelo “Teto em Arco” de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno (150 µm de espessura) com as seguintes dimensões: 8,0 m x 10,0 m e 3,5 m de altura máxima. O manejo do ambiente da casa de vegetação será efetuado mediante abertura diária das cortinas laterais e portas.

O sistema de cultivo sem solo a ser empregado é baseado no sistema amplamente utilizado pelos produtores da Serra Gaúcha, descrito por Bortolozzo et al. (2007). Usualmente, o sistema tem sido adotado sem a coleta e recirculação da solução nutritiva drenada. No entanto, como um dos propósitos do trabalho é justamente ‘fechar’ este sistema, no que tange ao reaproveitamento e recirculação do lixiviado, serão empregadas bancadas de cultivo, constituídas de calhas de madeira de 6,5 m de comprimento, 0,2 m de largura e 0,1 m de profundidade cada, previamente impermeabilizadas com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada e reconduzi-la ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no sistema. Para isso, as calhas serão apoiadas sobre cavaletes de madeira de 0,9 m de altura e, com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva até os tanques de armazenamento (1000 l).

A estrutura física do experimento será composta por seis bancadas, espaçadas em 0,5 m, sendo dispostas paralelamente ao comprimento da estufa. Cada bancada será constituída por duas calhas paralelas espaçadas em 0,2 m. Ao total serão utilizadas 12 calhas simples de madeira (duas por bancada) nas quais serão apoiados os sacos de cultivo. Serão utilizados dois reservatórios de 1000 litros, duas moto-bombas de ½ cv, dois temporizadores digitais, dois sistemas de tubulação e dispositivos de irrigação localizada. Cada conjunto descrito será responsável pelo fornecimento de solução nutritiva a três bancadas de cultivo portadoras do mesmo substrato, visto que quando se vislumbra o correto manejo da

solução nutritiva do sistema, torna-se necessário individualizar os tanques em função do diferente grau de interferência do substrato.

As plantas de morangueiro serão cultivadas em sacos de filme plástico branco tubular (slabs) que, quando preenchidos com 50 dm³ de substrato, apresentam aproximadamente as seguintes dimensões: 1,00 m de comprimento, 0,30 m de largura e 0,20 m de altura. Cada bancada de cultivo suportará 12 sacos, dispostos longitudinalmente sobre a calha de madeira, formando duas linhas de seis sacos, separadas por uma distância de 0,2 m. Entre a calha e as embalagens de filme tubular, preenchidas com substrato, haverá uma malha de arame galvanizado, traçada entre as laterais das calhas de cultivo, a fim de garantir a sustentação do saco tubular e facilitar a drenagem do lixiviado. Serão transplantadas oito plantas (espaçadas em 0,25 m na linha) em duas linhas por saco de cultivo, totalizando 96 plantas para cada bancada. Considerando a população de 96 plantas por bancada, o comprimento útil de 6 m da calha de cultivo e o caminho de 0,50 m entre bancadas de cultivo, a densidade de plantio será de 13,3 plantas m⁻².

O sistema de fornecimento de solução nutritiva funcionará da seguinte forma: primeiramente a moto-bomba, quando acionada, impulsionala a solução nutritiva contida no reservatório até as bancadas de cultivo por meio de cano de PVC com 25 mm de diâmetro. A partir deste ponto, a linha principal se ramificará em três linhas secundárias de irrigação, constituídas de mangueiras de polietileno de ¾ de polegada, nas quais, através do emprego de conectores, serão conectadas as cintas de gotejo. Estas cintas percorrerão internamente os sacos de cultivo e serão instaladas de modo que os gotejadores fiquem voltados para cima, evitando possíveis entupimentos. Considerando o espaçamento de 10 cm entre gotejadores, cada saco de cultivo será abastecido por 10 gotejadores visto que os recipientes de cultivo possuirão aproximadamente 100 cm de comprimento.

Com base nas diferenças entre os substratos no que concerne à capacidade de retenção de água e à curva de retenção de água, serão empregadas duas frequências diárias de fornecimento de solução nutritiva, uma para cada substrato. Além disso, a frequência de irrigação será alterada em função da fase fenológica da cultura. Para o substrato casca de arroz carbonizada estão previstas as seguintes frequências, a saber: crescimento vegetativo e florescimento - às 8:00h, às 11:00h, às 13:00h, às 15:00h e às 17:00h (cinco fertirrigações de sete minutos); plena frutificação - às 8:00h, às 10:00h, às 12:00h, às 13:30h, às 15:00h, às 16:30h e às

18:00h (sete fertirrigações de dez minutos). Por outro lado, para o substrato 80% casca de arroz carbonizada + 20% composto orgânico, serão empregadas as seguintes frequências: crescimento vegetativo e florescimento – às 8:00h, às 12:00h e às 15:00h (três fertirrigações de sete minutos); plena frutificação - às 8:00h, às 11:00h, às 14:00h, às 16:00h e às 18:00h, podendo variar a frequência em função das condições meteorológicas reinantes no período. A vazão média do gotejador será $1,35 \text{ litros hora}^{-1}$. Logo, a cada acionamento do sistema de fertirrigação serão fornecidos 2,25 e 1,57 litros de solução nutritiva por saco de cultivo, respectivamente, para casca de arroz carbonizada e a mistura com composto orgânico.

Os drenos (orifícios) situados na parte inferior dos sacos de cultivo terão dimensões e unidades suficientes para que seja obtida uma fração de drenagem de 30 – 40%. Para isso serão realizados testes em 'slabs' individualizados simulando a aplicação de água por meio da cinta de gotejo. Desta forma, será aplicado um volume de água conhecido com posterior captação do drenado. A partir da relação entre o volume drenado e o aplicado, se estabelecerá a fração de drenagem de cada substrato. Como não há trabalhos que relatem o número e diâmetro dos orifícios (drenos), os testes serão realizados seguindo o método de tentativas. Para que haja a completa padronização dos orifícios de drenagem se utilizará um molde (um para cada substrato) que consistirá em uma tábua de 90 cm de comprimento por 12 cm de largura com pregos de 2,7 mm de diâmetro fixados e distribuídos em duas linhas paralelas.

Após a definição do número de drenos, os 'slabs' contendo substrato serão saturados e assim mantidos por 24 horas (sem drenos). Na sequência, os orifícios serão realizados mediante a utilização do molde perfurador. Para a elaboração desta operação, os 'slabs' serão erguidos manualmente na própria bancada de cultivo e apoiados sobre o molde com a quantidade e distribuição de pregos devidamente definida para cada substrato. Ao término da elaboração dos drenos, o sistema de irrigação permanecerá ligado fornecendo somente água da chuva. O objetivo desta prática será 'lavar' o substrato para posterior transplante, até que a solução drenada coletada apresente uma condutividade elétrica (CE) inferior a $0,5 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH inferior a 8,0. O lixiviado desta operação será totalmente descartado.

Serão utilizadas mudas de morangueiro da cultivar 'Camarosa' (dia curto: DC) e da cultivar 'San Andreas' (dia neutro: DN), ambas provenientes do viveiro Chileno

‘Agrícola Llahuén’. Após o recebimento das mudas, as folhas danificadas deverão ser retiradas, cortando-as na haste, deixando estas hastes com 3 cm de comprimento. As raízes também serão podadas, deixando-as com 10 cm de comprimento, semelhante as recomendações de Cocco et al. (2012). Após o preparo das mudas, em abril/maio de 2014, será realizado o transplante para os sacos de cultivo.

A solução nutritiva utilizada será baseada na solução proposta por Sonneveld & Straver (1994) e a utilizada pelos produtores de morango em substrato do Vale do Caí /RS, correspondendo a uma condutividade elétrica inicial aproximada de $1,4 \text{ mS cm}^{-1}$, com a seguinte composição de macronutrientes (em mmol litro^{-1}): $6,64$ de NO_3^- ; $1,5$ de H_2PO_4^- ; $2,88$ de SO_4^{2-} ; $1,44$ de NH_4^+ ; $5,06$ de K^+ ; $2,20$ de Ca^{2+} ; $1,5$ de Mg^{2+} ; e de micronutrientes (em mg litro^{-1}): $1,08$ de Fe; $0,20$ de Mn; $0,07$ de Zn; $0,17$ de B; $0,025$ de Cu; $0,05$ de Mo. A solução será monitorada (solução drenada e solução do reservatório) diariamente através da coleta de dados de condutividade elétrica (condutivímetro manual digital) e de pH (pHmetro manual digital).

A reposição de nutrientes ou de água será realizada através da adição de solução concentrada ou de água, quando, respectivamente, o valor da condutividade elétrica sofrer uma diminuição ou um aumento, da ordem de 20% (BRACCINI et al., 1999). O pH da solução nutritiva será mantido entre 5,5 e 6,5 através da adição de solução de correção à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N) ou hidróxido de potássio (KOH 1N).

O primeiro fator experimental a ser estudado, será o comportamento de dois substratos em relação ao sistema de cultivo proposto para o morangueiro. Serão avaliadas duas proporções de casca de arroz carbonizada: casca de arroz carbonizada (100%); e 80% de casca de arroz carbonizada + 20% de composto orgânico. A casca de arroz será carbonizada de acordo com a metodologia descrita por Kämpf (2006) e o composto orgânico será proveniente da empresa ‘Ecocitrus’. Ambos os substratos serão caracterizados através das seguintes análises: densidade em base úmida; densidade em base seca; matéria seca; porosidade total; espaço de aeração; água facilmente disponível; água disponível; água tamponante; capacidade de retenção de água a 10, 50 e 100 cm; potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica; e granulometria.

O segundo fator experimental a ser estudado será a combinação de cultivares, e contará com dois tratamentos (Combinação 1 e Combinação 2).

Considerando que cada saco tubular com oito plantas seja uma parcela experimental, os tratamentos são descritos a seguir:

Combinação 1: em abril/maio de 2014 serão transplantadas oito mudas da cultivar 'Camarosa' em cada saco de cultivo, ou seja, as duas linhas de quatro plantas serão da mesma cultivar de DC proveniente do Chile. Em dezembro de 2014, será selecionado um estolão de cada planta de uma das linhas, a fim de propagá-los nos espaços da outra linha. Em janeiro de 2015, no mesmo saco de cultivo, se substituirá uma das linhas pelas mudas originadas a partir dos estolões pré-selecionados. Por sua vez, em maio de 2015, a linha de plantas que originara mudas a partir de estolões, será substituída por uma nova linha, com novas mudas da mesma cultivar de DC proveniente do Chile. Nesta etapa, cada saco contará com uma linha de plantas de DC oriundas do enraizamento de estolões e uma linha de plantas de DC oriundas de mudas novas importadas.

Combinação 2: em abril/maio de 2014 serão transplantadas quatro mudas da cultivar 'San Andreas' (DN) e quatro mudas da cultivar 'Camarosa' (DC), formando uma linha de cada tipo de cultivar no mesmo saco de cultivo. Em dezembro de 2014, será selecionado um estolão de cada planta da cultivar de DN a fim de propagá-los nos espaços da cultivar de DC, a qual estará cessando sua produção. Em janeiro de 2015, se removerá a linha de plantas de DC, as quais serão substituídas pelas mudas originadas dos estolões das plantas de DN do ano anterior. Em maio de 2015, a linha de plantas de DN que fora transplantada em 2014 e originara mudas a partir de seus estolões, será substituída por uma nova linha de mudas de DN oriundas do Chile. Nesta etapa, cada saco contará com uma linha de plantas de DN oriundas do enraizamento de estolões e uma linha de plantas de DN oriundas de mudas novas importadas.

O delineamento experimental adotado será em blocos ao acaso com seis repetições, em esquema fatorial 2×2 (dois substratos x duas combinações/sucessões de cultivares). Considerando que se fará o recolhimento e a recirculação da solução nutritiva drenada, haverá a separação dos drenados provenientes dos distintos substratos, sendo depositados em reservatórios diferentes. Dentro de cada nível do fator substrato será sorteada a combinação de cultivares (segundo fator experimental). De forma geral, haverá três bancadas, ao acaso, para cada substrato, onde serão sorteadas as duas possibilidades testadas para sucessão combinada de cultivares.

2.4.1. Avaliações e medidas experimentais

2.4.1.1. Avaliações de crescimento e produtividade

Serão avaliadas a matéria fresca e seca das plantas, para cada cultivar, durante o período de crescimento e a acumulada ao final de cada ano agrícola experimental. As análises de biomassa serão realizadas em fase de crescimento pré-determinadas, a saber: mudas, crescimento vegetativo, florescimento, frutificação plena e por ocasião do término do experimento. Para isso, serão utilizadas 20 mudas de cada cultivar e 6 plantas na avaliação final (duas plantas de Camarosa da combinação 1, duas plantas de Camarosa da combinação 2 e duas plantas de San Andreas da combinação 2) para cada substrato e bloco. Nas avaliações intermediárias, serão avaliadas uma planta por cultivar em cada substrato e bloco. As plantas controle serão marcadas para a utilização dos valores acumulados no momento de cada avaliação. Cada planta utilizada na análise de biomassa será dividida em três frações: coroa, folhas e frutas. As frações serão pesadas, para a obtenção do peso fresco. Também será determinada a área foliar através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR modelo LI-3000 C). As frações obtidas através de desfolhas antecipadas ou de colheita anterior à análise de biomassa serão incorporadas à fração folhas e frutas. Todas as frações das plantas serão secas em estufa a 65°C, até peso constante, e depois, pesado em balança de precisão. Assim será determinada a produção de massa seca da planta e de suas frações. Com base nesses dados e de acordo com a metodologia descrita por Benincasa (2003), se estabelecerá a produção e a partição das massas fresca e seca, o índice de área foliar, as taxas de crescimento, 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 das plantas controle que permanecerão até o final do experimento em cada unidade experimental, estabelecendo-se a distribuição da colheita ao longo do tempo. As frutas serão colhidas, contadas e classificadas em comerciais e não comerciais, de acordo com o tamanho e os defeitos observados. Além da avaliação isolada de produtividade dos anos agrícolas de 2014 e 2015, também se fará a avaliação das duas combinações de cultivares, comparando os resultados em ambos os substratos.

2.4.1.2. Análise de composição química do tecido vegetal

Após a quantificação da massa seca, as plantas serão encaminhadas para análise da composição química do tecido vegetal a ser realizada no Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Solos da UFPel. As plantas seguirão a mesma divisão estabelecida para a análise de biomassa. Para cada fração, serão determinados os teores de macro e micronutrientes. Dessa forma, se estabelecerá a extração desses nutrientes e sua partição entre as frações das plantas, possibilitando, também, o estabelecimento de uma solução nutritiva mais apropriada para o sistema e para cada cultivar, bem como uma recomendação de adubação para as condições do sul do Brasil.

2.4.1.3. 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: o teor de sólidos solúveis totais, com um refratômetro manual; a acidez titulável, utilizando-se 10 ml de suco diluídos em 90 ml de água destilada, cuja diluição será titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1; firmeza de polpa e coloração interna e externa da fruta. As avaliações serão realizadas de acordo com o descrito em AOAC (1995) e Conti et al. (2002).

As análises das características relacionadas às propriedades funcionais das frutas serão realizadas de acordo com a metodologia descrita em Medina et al. (2011) e se referem a: teor de antocianinas; de compostos fenólicos totais; de ácido L-ascórbico; capacidade antioxidante e atividade antimicrobiana.

2.4.1.4. Relações de contaminações do sistema

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).

Objetivando identificar possíveis alterações de composição, serão coletadas amostras da solução nutritiva recirculante, para cada substrato, em intervalos de 15 dias. As análises serão realizadas no Laboratório de Solos da UFPel.

2.4.1.5. Medidas meteorológicas

Durante o experimento, serão monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do ambiente, através de um termohigrômetro digital, instalado no centro da estufa, em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão. A radiação solar global incidente no exterior da estufa será obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 500 m do local do experimento.

2.4.1.6. Estimativa dos custos de produção

Será realizada a estimativa dos custos de produção e verificado a viabilidade econômica da produção de morangos no sistema de cultivo proposto, sob ambiente protegido, de acordo com a metodologia de Buarque (1991).

2.5. Resultados e Impactos esperados

Através do estudo do comportamento ecofisiológico do morangueiro 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 para o morangueiro. Também, pretende-se indicar o substrato mais adequado ao cultivo do morangueiro em sistema fechado.

Com o estudo das sucessões combinadas de cultivares, além de se possibilitar a construção do conhecimento sobre a adaptação das cultivares ao sistema, também se proporcionará a escolha do manejo de cultivares mais adequado a fim de garantir elevado rendimento de frutas e a melhor distribuição da colheita, visando reduzir o período de entressafra.

Em relação às plantas de morangueiro propagadas a partir de estolões emitidos pelas mudas originais que foram importadas no ano anterior, espera-se identificar a viabilidade ou a inviabilidade da prática.

A definição das características químicas e fitoquímicas das frutas das diferentes cultivares permitirá identificar aquelas com melhores qualidades organolépticas e propriedades funcionais, as quais são muito importantes para os consumidores atuais.

Por fim, espera-se que o sistema de cultivo proposto neste projeto reduza o consumo de água, bem como de fertilizantes e de agrotóxicos empregados na cultura do morangueiro.

Tabela 3. Atividades previstas para 2015-2016.

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Revisão da Literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aquisição das mudas	X											
Condução do experimento (2º ano)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análise dos resultados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboração da tese	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Obs: A defesa da Tese tem realização prevista para março/abril de 2016.

2.7. Recursos necessários

Alguns itens referentes à infra-estrutura básica do campo didático e experimental do departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas, bem como os equipamentos do laboratório de plantas, não foram contabilizados no orçamento do projeto.

2.7.1. Material de Consumo

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Fertilizantes solúveis	-	-	-	400,00
Composto orgânico	m ³	01	80,00	80,00
Casca de Arroz Carbonizada	m ³	3,5	100,00	350,00
Polietileno dupla face preto e branco (100 µm)	m ¹	06	16,00	96,00
Sistema de fornecimento de solução nutritiva	-	-	1304,90	1.304,90
Temporizador digital	-	02	40,00	80,00
Filme plástico (150 µm, 12 x 60 m)	bobina	01	1.500,00	1.500,00
Materiais para instalação elétrica	-	-	-	110,00
Bancadas de cultivo	-	-	-	750,00
Mudas	-	700	0,6	420,00
Sacos de cultivo	-	80	1,00	80,00
Bandejas plásticas	-	10	12,00	120,00
Bandejas de alumínio	dezena	10	10,00	100,00
Sacos de papel	cento	10	10,00	100,00
Sub-Total				5.490,90

2.7.2. Material permanente

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Material p/ reforma da estufa	-	-	-	1.200,00
Condutivímetro portátil	-	01	200,00	200,00
pHmetro portátil	-	01	200,00	200,00
Moto-bombas elétricas	-	02	110,00	220,00
Sub-Total				1.820,00

2.7.3. Outros (serviços, inscrições, diárias e passagens)

Discriminação	Unid.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Análise de tecido vegetal	-	144	50,00	7.200,00
Análise física e química de substratos	-	09	60,00	540,00
Fretes	-	-	-	500,00
Inscrição para o Encontro de Hidroponia	-	1	400,00	400,00
Inscrição em Congresso Brasileiro de Olericultura	-	1	300,00	300,00
Diárias	-	-	-	5.000,00
Sub-total				13.940,00

2.7.4. Recursos totais :

Discriminação	Valor(R\$)
Material de consumo	5.490,90
Material permanente	1.820,00
Outros	13.940,00
Total	21.250,90

2.8. Referências Bibliográficas

ANDRIOLO, J. L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. In: **Simpósio de melhoramento genético e previsão de epifitias em batata**, 2006. **Anais**. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p.26-40.

ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e frutos de morangueiro cultivados em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.24-27, 2002.

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v.69, n.5, p.60-65, 2007.

AOAC. **Official Methods of Analysis**, AOAC Official Method 967.21, Chapter 45. 1995. p.16.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BORTOLOZZO, A. R.; SANHUEZA, R. M. V.; BOTTON, M.; MELO, G. W. B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (**Circular Técnica**, 62), 2007, 23 p.

BRACCINI, M. DO C. L.; BRACCINI, A. DE L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ci. Agr.**, v. 20, n. 1, p.48-58, 1999.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.05-09, 2004.

CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONÇA, H. F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture Systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.

COCCO, C.; FERREIRA, L. V.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C. Strawberry yield submitted to different root pruning intensities of transplants. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1284-1288, 2012.

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. Grower Books (Edit), London, 1979. 181p.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: III Simpósio **nacional do morango, II encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**. In: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. (ed.), **Anais**. Pelotas, 2006, 145p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 171).

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; BACCHIS, S.; STRASSBURGER, 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. S.; SANTOS, O. S. História da Hidroponia. In: SANTOS OS dos. (ed.). **Cultivo Hidropônico**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2012. p. 2-10.

FERNANDES-JUNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v.61, p. 25-34, 2002.

FURLANI, P. R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: **Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, 2004. p.102-115. (Documentos 124).

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, p.273-279, 2008.

GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUÉZ, G. G.; JÄNISCH, D. I.; CARDOSO, F. L.; VAZ, M. A. B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v.39, p.684-690, 2009.

GOMES, K.B.P.; OLIVEIRA, G.H.H.; CARVALHO, J.P.; CAVALCANTE, D.F.S.; VILLA-REAL, M.E. Diagnóstico da cadeia produtiva do morango dos agricultores familiares do Distrito Federal. **Revista Eixo**, v. 2, n. 2, p. 9-14, 2013.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de La production**. Paris: CTIFL, 1997. 299 p.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura**: técnicas de preparo de substratos. Brasília: LK editora e comunicação, 2006. 132 p.

LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: LA FRAGOLA VERSO IL 2000. **Convegno Nazionale**. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di, 1998. p.83-94.

MEDINA, A. L.; HAAS, L. I. R.; CHAVES, F. C.; SALVADOR, M.; ZAMBIASI, R. C.; SILVA, W. P. da; NORA, L.; ROMBALDI, C. V. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and microbiol activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v.128, n.4, p.916-922, 2011.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização de mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

PAGOT, E. Diagnóstico da produção e comercialização de pequenas frutas. In: HOFFMANN, A. (Ed.). **SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS**, 2., 2004, Vacaria. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.9-18, 2004. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 44).

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.281-288, 2012.

RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 287-291, 2011.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A.R.M.; HERTER, F.G. Exigência de Clima e solo. In: SANTOS, A.M. & MEDEIROS, A.R.M (ed.). **Morango Produção**. Brasília. Embrapa informação tecnológica. p. 18-21, 2003.

SERÇE, S.; HANCOCK, J.F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.167–177, 2005.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8). 1994. 45p.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. S.; MEDEIROS, C. A. B.; Crescimento de morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 223-226, 2011a.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum**, v.33, n.2, p.283-289, 2011b.

WREGE, M. S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de; STEINMETZ, S.; HERTER, F. G.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Documento 187).

3. Relatório do Trabalho de Campo

3. Relatório do Trabalho de Campo

As atividades foram inicializadas em agosto de 2013 com a reforma geral da estufa. Na sequência, em janeiro de 2014, foi instalada nova cobertura plástica (150 µm de espessura) e deu-se início a construção dos cavaletes e canais de madeiras constituintes da estrutura física experimental no interior da estufa. Neste mesmo período foi efetuado o processo de carbonização da casca de arroz (tipo longo e fino) através do tonel carbonizador (KÄMPF, 2006) e a aquisição do composto orgânico (Ecocitrus) para a formulação da mistura de 80% casca de arroz carbonizada e 20% de composto orgânico (CAC+CO). Assim que obtidos os substratos, foram enviadas amostras para o laboratório de análises de substratos para plantas da FEPAGRO. De posse dos resultados, considerando principalmente a capacidade máxima de retenção de água, foram estimadas as frequências de fornecimento de solução nutritiva.

No início de março de 2014, as sacolas tubulares (slabs) de 1m de comprimento foram preenchidas com 50 dm³ de substrato cada. Ao todo, foram 72 slabs (36 com CAC e 36 com CAC+CO) que abrigaram 576 plantas. Logo após, os slabs foram colocados sobre a estrutura de captação do drenado, que consistia em uma calha de madeira com 6m de comprimento, 0,2m de largura e 0,1m de profundidade impermeabilizada e instalada com a declividade de 1% para proporcionar o escoamento da solução nutritiva drenada até o reservatório. Sobre a calha de captação foi traçada uma malha de arame galvanizado (ziguezague) objetivando impedir que os slabs cedessem (Apêndice A).

Posteriormente à acomodação dos slabs na estrutura, foi instalado o sistema de fornecimento da solução nutritiva, bem como a rede elétrica e os temporizadores necessários para o acionamento das motobombas (1/2 HP). Logo após a montagem do sistema hidráulico (tubulação de PVC e conexões), foi montado o sistema de irrigação localizada por gotejamento. Para isso foi empregada cinta de gotejo, com gotejadores espaçados em 10cm e com vazão média de 1,35 l/hora/gotejador. Com o auxílio de um arame rígido, as cintas foram instaladas atravessando todos os slabs de cada linha (linhas com seis slabs), sendo posicionada na parte superior central dos slabs, entre o plástico e o substrato de modo que os gotejadores ficassem voltados para cima.

Ainda antes do transplante das mudas, foram preparadas as soluções nutritivas estoques em tanques com capacidade para 50 litros. Utilizou-se três

tanques: no tanque 1 foi diluído somente o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; no tanque 2 foram diluídos KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 , KNO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; no tanque 3, foram diluídos todos os micronutrientes. As soluções estoques foram concentradas 200 vezes, ou seja, 1 litro da solução concentrada rendia 200 litros de solução nutritiva final.

Três experimentos foram realizados, sendo que o Experimento 1 teve como objetivo estudar a influência da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e o efeito do cultivo combinado da cultivar de dia curto com dia neutro ('Camarosa'/'San Andreas') sobre o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas. O Experimento 2 teve como objetivo avaliar os efeitos do mesmo substrato do Experimento 1, porém, reutilizado. Além disso, no Experimento 2, também foram avaliados os efeitos das cultivares 'Camarosa' e 'San Andreas' e da procedência da muda sobre o crescimento da planta e o rendimento de frutas de morangueiro. Por sua vez, o Experimento 3 teve como objetivo verificar os efeitos da adição do composto orgânico ao substrato sobre os parâmetros químicos (condutividade elétrica (CE) e pH) da solução nutritiva drenada e validar o método da análise da solução drenada através da associação com valores de CE e pH provenientes de solução extraída por extratores instalados diretamente no substrato.

O transplante do Experimento 1 foi realizado logo que as mudas importadas foram disponibilizadas, ocorrendo no dia 23/05/2014 para a cultivar 'Camarosa' e no dia 10/06/2014 para a cultivar 'San Andreas'. Dois dias antes da primeira cultivar ser transplantada, os slabs foram saturados com água proveniente da chuva (condutividade elétrica = 0 (zero) e pH= 6,7) e mantidos nesta condição por 24 horas. Posteriormente, os slabs foram manualmente erguidos para a elaboração dos drenos em sua face inferior, dentro da área delimitada pela abrangência da calha de captação do drenado. Após a abertura dos drenos, forneceu-se água ininterruptamente por cerca de 30 minutos com a finalidade de lavar o substrato e, assim, reduzir sua condutividade elétrica inicial e eliminar impurezas. Somente depois destes processos foram realizadas as aberturas para o transplante das mudas na face superior dos slabs utilizando uma serra-copo com diâmetro de 6 cm. Conforme o método descrito no projeto, em cada slab foram realizadas oito aberturas, dispostas em duas linhas (com quatro aberturas cada) paralelas e desencontradas (ziguezague).

No momento do transplante, realizou-se a poda do sistema radicular, deixando-o com aproximadamente 10 cm. Também foram retiradas todas as folhas deterioradas das mudas.

Durante todo o ciclo de cultivo, semanalmente, foram realizadas podas de limpeza e monitoramento de pragas e doenças. No primeiro ano (Experimento 1), a partir da metade de novembro de 2014, os estolões de ‘Camarosa’ foram podados semanalmente. No segundo ano de cultivo (Experimentos 2 e 3) esta prática não foi necessária devido à reduzida emissão destas estruturas. As frutas foram colhidas com a frequência de duas a três vezes por semana, quando 75% da fruta apresentava coloração vermelha.

Considerando que no Experimento 1 foram avaliados o cultivo solteiro (um slab com oito plantas de ‘Camarosa’) e combinado de ‘Camarosa’ (um slab com uma linha de quatro plantas de ‘Camarosa’ e a outra linha com quatro plantas de ‘San Andreas’) foi realizado o seguinte manejo para a obtenção de mudas provenientes de estolões (Experimento 2): no início de janeiro de 2015, após a avaliação da biomassa das plantas de ‘Camarosa’ do Experimento 1, foi removida uma das linhas de ‘Camarosa’ dos slabs com cultivo solteiro e a única linha de ‘Camarosa’ dos slabs com cultivo combinado. O objetivo desta prática foi ceder espaço para a produção de mudas (Experimento 2) procedentes de estolões originados das plantas produtivas que restaram nas linhas que permaneceram. Estes estolões foram enraizados no próprio leito de cultivo (Apêndice B). Cerca de 14 dias depois da fixação (contato da gema da ponta do estolão com o substrato) do estolão ao substrato as mudas foram desconectadas das plantas mãe.

Até os dias 30 de janeiro e 26 de fevereiro de 2015 todas as mudas provenientes de estolões, respectivamente, das cultivares ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’, estavam enraizadas e desconectadas da planta mãe. No início de fevereiro, todas as plantas de ‘Camarosa’ que originaram as mudas provenientes de estolões enraizados foram removidas do sistema. Já, as plantas de ‘San Andreas’, foram removidas somente no início de maio porque, paralelamente à produção de mudas, seguiam produzindo frutas. Durante este período foram realizadas podas semanais objetivando reduzir o sombreamento das plantas mãe produtivas sobre as mudas oriundas de estolões.

Nos dias 09 de maio e 04 de junho de 2015, respectivamente, as mudas de ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’ importadas do Chile foram transplantadas para os

espaços cedidos pelas plantas do ano anterior que produziram frutas e originaram as mudas de estolões. Inicialmente, foram realizadas podas semanais nas mudas provenientes de estolões enraizados a fim de minimizar a competição com as mudas importadas.

O Experimento 3 foi realizado em estrutura e sistema idênticos aos anteriores, porém, com mudas produzidas nas condições locais e submetidas a diferentes tratamentos. As mudas foram transplantadas no dia 16 de março de 2015 e as avaliações de solução nutritiva (drenada e extraída) ocorreram em maio, quando as plantas estavam em plena frutificação.

Durante os experimentos, foram adotadas estratégias de manejo integrado de pragas e doenças, tais como: uso de armadilhas adesivas instaladas logo acima do dossel da cultura; emprego de vasos com plantas aromáticas no entorno do experimento com a intenção de repelir e atrair insetos (arruda, manjerição, manjerona, sálvia, coentro, boldo, pimenta ornamental, alecrim e hortelã); utilização de armadilha adesivo-luminosa para a captura de insetos noturnos (Apêndice C); uso de pasta aderente antiformiga (FORMIFUU[®]) para evitar a subida de formigas às bancadas de cultivo; controle biológico de fungos, especialmente do *Botrytis cynerea*, através da aplicação foliar de *Clonostachys rosea* e *Trichoderma sp.*; controle biológico do ácaro rajado *Tetranychus urticae* através do emprego do inimigo natural *Phytoseiulus macropilis* (ácaro predador-Macromip[®]); aplicações foliares preventivas com produto a base de óleo de Nim e; algumas aplicações curativas com agrotóxicos visando reduzir o ataque de mofo cinzento (*Botrytis cynerea*), pulgão-verde (*Chaetosiphon fragaefolli*) e do ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch). O Apêndice D demonstra todos os produtos empregados durante os experimentos (maio de 2014 a dezembro de 2015).

4. Artigo 1

Combinação de cultivares de morangueiro em substrato sob sistema fechado
(Segundo norma da Revista Brasileira de Fruticultura)

4. Artigo 1. COMBINAÇÃO DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM SUBSTRATO SOB SISTEMA FECHADO

GABRIEL NACHTIGALL MARQUES¹, ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL²,
CESAR VALMOR ROMBALDI³, FÁBIO BATISTA ARAÚJO⁴, FERNANDA CARINI⁵,
LAÍS PERIN⁶, PAULO ROBERTO GROLI⁷

4.1. Resumo- A pesquisa teve o objetivo de avaliar os efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação da cultivar de dia curto ‘Camarosa’ com a cultivar de dia neutro ‘San Andreas’ sobre o crescimento da planta, o rendimento e a qualidade de frutas sob cultivo com solução nutritiva recirculante. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, localizada no campo didático e experimental do departamento de fitotecnia da UFPel, no período entre 23 de maio de 2014 e 30 de abril de 2015. As plantas foram cultivadas em sacolas tubulares (slabs) preenchidas com substrato. O lixiviado drenado foi coletado e conduzido aos reservatórios através de uma calha de captação, possibilitando a recirculação da solução nutritiva. Dois fatores experimentais foram estudados: 1) substrato- 100% casca de arroz carbonizada (CAC) e a adição de 20% de composto orgânico à CAC (CAC+CO); 2) combinação de cultivares- ‘Camarosa’ em cultivo solteiro e combinado e ‘San Andreas’ em cultivo combinado. Avaliou-se o crescimento da planta, a produção total e comercial, a composição básica e fitoquímica das frutas, os componentes de rendimento, bem como o rendimento comercial e não comercial e a distribuição da colheita. A produção de MS total de ‘Camarosa’ não foi influenciada pelo composto orgânico e pela combinação à que foi submetida, totalizando 121,0 g planta⁻¹. ‘San Andreas’ obteve menor crescimento vegetativo em CAC+CO (119,6 g planta⁻¹). As

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: gabrielnmarques@hotmail.com

² Prof. Eng. Agr. Dr.ª., Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: rmnpeil@gmail.com

³ Prof. Eng. Agr. Dr., Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: cesarvrf@ufpel.edu.br

⁴ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: fabarujo@gmail.com

⁵ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: carini.fc@gmail.com

⁶ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: laisp.agro@gmail.com

⁷ Prof. Eng. Agr. Dr.ª., Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: pgrgrolli@gmail.com

frutas da cultivar ‘Camarosa’ apresentaram menor teor de sólidos solúveis totais (7,3 °Brix), menor firmeza (3,5 N), menor teor de compostos fenólicos (7326 $\mu\text{g g}^{-1}$) e maiores teores de antocianinas totais (1030 $\mu\text{g g}^{-1}$) e ácido L-ascórbico (351,1 $\mu\text{g g}^{-1}$). A produção foi de 792 e 816 g planta⁻¹ para ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’. O cultivo combinado atingiu o rendimento de 10,8 kg m⁻², distribuídos no período entre a metade de agosto e o final de abril. A adição de composto orgânico ‘Ecocitrus’ ao substrato e o cultivo combinado da cultivar ‘Camarosa’ com a cultivar ‘San Andreas’ não influenciam o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas de ‘Camarosa’. Para a cultivar ‘San Andreas’, a adição do composto orgânico à casca de arroz carbonizada diminui o crescimento vegetativo. ‘Camarosa’ possui maior teor de antocianinas e ácido ascórbico do que ‘San Andreas’, independentemente da combinação de cultivares. O cultivo combinado da cultivar de dia curto ‘Camarosa’ com a cultivar de dia neutro ‘San Andreas’ proporciona melhor distribuição da colheita, sem prejuízos no rendimento total da cultura.

Termos para indexação: *Fragaria x ananassa* Duch., substrato, dia neutro, cultivo sem solo, fitoquímicos.

STRAWBERRY CULTIVARS COMBINATION IN SUBSTRATE WITH CLOSED SYSTEM

4.2. Abstract- The objective of the research was to evaluate the effects of addition organic compost to the carbonized rice husk and the strawberry combination cultivars short day ‘Camarosa’ with day neutral ‘San Andreas’ on plant growth, yield and fruits quality under growing with recirculation nutrient solution. The study was carried in a greenhouse located in the didactic and experimental field of fitotecnia department of UFPel, from 23 May 2014 to 30 April 2015. The plants were grown in tubular bags (slabs) filled with substrate. The drained was collected and conducted to the reservoir through a capitation gutter, allowing the recirculation of nutrient solution. Two experimental factors were studied: 1) substrate- 100% carbonized rice husk (CRH) and the addition of 20% organic compost to the CRH (CRH + OC); 2) cultivars combination- ‘Camarosa’ single and combined grown and ‘San Andreas’ combined. Was evaluated the plant growth, the total and marketable fruit production, the basic and phytochemical fruit composition, yield components, as well as marketable and non-marketable yield and the harvest distribution. ‘Camarosa’ dry mass

(DM) production ($121.0 \text{ g plant}^{-1}$) was not influenced by organic compost and the cultivar combination. ‘San Andreas’ cultivar had lower vegetative growth in CRH + OC ($119.6 \text{ g plant}^{-1}$). The fruits of ‘Camarosa’ cultivar showed lower total soluble solids (7.3° Brix), lower firmness (3.5 N), lower content of phenolic compounds ($7326 \mu\text{g g}^{-1}$) and higher total anthocyanin ($1030 \mu\text{g g}^{-1}$) and L-ascorbic acid contents ($351.1 \mu\text{g g}^{-1}$). Fruit production obtained was 792 and 816 g plant^{-1} to ‘Camarosa’ and ‘San Andreas’. Combined grown reached the yield of 10.8 kg m^{-2} , distributed from mid-August to end of April. The addition of ‘Ecocitrus’ organic compost to the substrate and the grown combination of the ‘Camarosa’ with ‘San Andreas’ cultivar not influence plant growth, production and fruit quality of ‘Camarosa’. For the ‘San Andreas’ cultivar, organic compost addition to carbonized rice husk reduces the vegetative growth. ‘Camarosa’ fruit has higher total anthocyanins and L-ascorbic acid contents than ‘San Andreas’ cultivar, regardless of the cultivar combination. The combined grown of the short-day ‘Camarosa’ with day-neutral ‘San Andreas’ cultivars provides better distribution of the harvest without losses in total yield.

Index terms: *Fragaria x ananassa* Duch., substrate, day-neutral, soilless system, phytochemicals.

4.3. Introdução

Apesar de recente, o emprego de substratos e o fornecimento de nutrientes exclusivamente via líquida já é realidade para muitos produtores de morango do Sul do Brasil. Em várias localidades, verifica-se o avanço acelerado do cultivo do morangueiro em substrato, demonstrando, na prática, que esta forma de produção vem atendendo às necessidades do produtor moderno. Além de reduzir a incidência de doenças e, consequentemente, proporcionar a redução considerável da aplicação de agrotóxicos, o cultivo do morangueiro em bancadas elevadas com emprego de substrato satisfaz às duas principais demandas dos agricultores atuais: a otimização da mão de obra e a maior qualidade de vida proporcionada pela postura ereta de trabalho (BORTOLOZZO et al., 2007).

Entretanto, não somente no Rio Grande do Sul, mas em todo o Brasil, os sistemas de cultivo em substrato em atividade para a cultura do morangueiro são abertos, ou seja, sem a captação do lixiviado (BORTOLOZZO et al., 2007; RADIN et al., 2011, CECATTO et al.,

89 2013). Desta forma, não há o reaproveitamento da água e de macro e micronutrientes que
90 compõem a solução nutritiva (FURLANI; FERNANDEZ JÚNIOR, 2004). Além do
91 desperdício de água e nutrientes via drenagem dos lixiviados da fertirrigação, os sistemas de
92 cultivo sem solo abertos acabam gerando mais um problema ambiental: a salinização do
93 solo e a contaminação do lençol freático pelos nutrientes. Por esses motivos, Giménez et al.
94 (2008) afirmam haver forte tendência de transição dos sistemas abertos para os cultivos em
95 substrato com sistema fechado e recirculação da solução nutritiva.

96 O fechamento dos atuais sistemas de cultivo sem solo para o morangueiro constituiria
97 uma alternativa economicamente vantajosa e ambientalmente correta, porém, pouco se sabe
98 sobre os aspectos técnicos envolvidos na recirculação da solução nutritiva e as respostas do
99 morangueiro nestas condições, visto que em função da constituição do substrato poderá
100 haver maior ou menor grau de interferência sobre a solução nutritiva drenada. Portanto,
101 tornando o sistema mais complexo e, conseqüentemente, exigindo maior conhecimento
102 técnico para o qual se fazem necessários estudos como o proposto neste trabalho.

103 A casca de arroz carbonizada é apontada como um substrato de elevado potencial
104 para o cultivo do morangueiro (BORTOLOZZO et al., 2007; MEDEIROS et al., 2008).
105 Além disso, é um material de baixo custo e de fácil obtenção na região Sul do Brasil, visto
106 que é considerado um resíduo das indústrias de beneficiamento de arroz. Em produções sem
107 a coleta e a reutilização do lixiviado tem sido observado, frequentemente, o emprego de
108 compostos orgânicos misturados à casca de arroz carbonizada com o propósito de elevar a
109 capacidade de retenção de água do substrato (FERRAZ et al., 2005) e, conseqüentemente,
110 reduzir a frequência de fornecimento da solução nutritiva (BORTOLOZZO et al., 2007;
111 RADIN et al., 2011). Entretanto, não são conhecidos os efeitos da adição de composto
112 orgânico à casca de arroz carbonizada sobre o crescimento da planta, a produção e a
113 qualidade de frutas de morangueiro sob sistema fechado.

114 Assim como os sistemas de cultivo podem influenciar no crescimento e rendimento
115 do morangueiro, a escolha de cultivares adequadas, bem como o seu manejo, também pode
116 gerar distintas respostas agronômicas. Neste âmbito, o emprego de cultivares de ‘dia curto’
117 (DC) no cultivo em substrato tem sido alvo de várias críticas. O principal fator motivador
118 destas críticas está relacionado, essencialmente, ao limitado período produtivo, dado pelo
119 comportamento ecofisiológico destas cultivares, o qual é regido pelas relações entre
120 fotoperíodo e temperatura do ar (SERCE; HANCOCK, 2005; VERHEL et al., 2006).

121 Neste sentido, até então, não haveria uma justificativa convincente para a utilização
122 de cultivares de DC, visto que as plantas permaneceriam nas bancadas de cultivo de janeiro
123 até junho sem produzir, o que é inviável em função do elevado custo de implantação do
124 sistema. Como alternativa, cerca de 90% dos produtores de morango em substrato têm
125 empregado cultivares de ‘dia neutro’ (DN). As cultivares de DN são pouco sensíveis ao
126 fotoperíodo, reduzindo o período de entressafra (OTTO et al., 2009; BRADFORD et al.,
127 2010).

128 Não obstante, as cultivares de DN, de modo geral, são menos produtivas e não
129 apresentam picos de produção como o evidenciado em várias pesquisas com cultivares de
130 DC durante o período de junho até dezembro (ANTUNES et al., 2010; CECATTO et al.,
131 2013; SILVA et al., 2015). Por isso, a combinação destas cultivares pode ser uma excelente
132 alternativa para que os produtores de morango mantenham adequada produção durante a
133 época convencional e também garantam a produção fora de época, constituída pelas
134 colheitas realizadas de janeiro até abril/maio, exclusivamente garantidas pelas cultivares de
135 DN (OTTO et al., 2009). Entretanto, o emprego de cultivares de DN implicará em maior
136 dificuldade no manejo da solução nutritiva em sistema fechado, visto que o ciclo de cultivo
137 será extenso.

138 Por fim, a hipótese do trabalho é de que o cultivo do morangueiro em substrato com
139 coleta e recirculação da solução nutritiva, empregando cultivares de DC e DN combinadas,
140 possa gerar reduzida entressafra e elevada produtividade de frutas com qualidade
141 compatível às exigências dos consumidores, tudo isso com reduzido impacto ambiental,
142 principalmente em relação ao consumo de água, fertilizantes e agrotóxicos.

143 Assim, neste trabalho, se objetivou estudar a influência da adição de composto
144 orgânico à casca de arroz carbonizada e o efeito de diferentes combinações de cultivares
145 sobre o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas de morangueiro em
146 sistema de cultivo fechado.

147

148 **4.4. Material e Métodos**

149 O experimento foi conduzido no Campo Didático e Experimental do Departamento
150 de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município de Capão do
151 Leão, RS, Brasil (latitude: 31° 52’ S, longitude: 52° 21’ W e altitude de 13m acima do nível

152 do mar). O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de verão quente, sendo, pela
153 classificação de Köppen, do tipo Cfa (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

154 Para a realização do experimento, utilizou-se uma casa de vegetação modelo “Teto
155 em Arco” de estrutura metálica, coberta com filme de polietileno de baixa densidade
156 (150µm de espessura) com as seguintes dimensões: 8,0m x 10,0m e 3,5m de altura máxima.
157 O manejo do ambiente da casa de vegetação foi efetuado apenas por ventilação natural,
158 mediante abertura diária das portas e cortinas laterais. No período mais quente, que
159 compreendeu os meses de dezembro de 2014 a março de 2015, a estufa permaneceu
160 constantemente aberta, exceto sob condições de precipitação e/ou ventos excessivos.

161 Durante o período experimental foram coletados os valores máximos e mínimos de
162 temperatura (°C; Figura 1) e umidade relativa do ar (%) através de um termo-higrômetro
163 digital no interior de um abrigo meteorológico instalado a 1,5 m de altura no centro da
164 estufa. A temperatura média foi de 22,0 °C, com média das mínimas de 15,9 °C e das
165 máximas de 28,0 °C. A umidade relativa média foi de 53,4%, com média das mínimas de
166 59,1% e das máximas de 90,8%.

167 O sistema de cultivo empregado foi baseado no sistema amplamente utilizado pelos
168 produtores da Serra Gaúcha, descrito por Bortolozzo et al. (2007). Usualmente, o sistema
169 tem sido adotado sem a coleta e recirculação da solução nutritiva drenada. No entanto,
170 foram empregadas bancadas de cultivo, constituídas de calhas de madeira de 6,0m de
171 comprimento, 0,2m de largura e 0,1m de profundidade cada, previamente
172 impermeabilizadas com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada e reconduzi-
173 la ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no sistema.
174 Para isso, as calhas foram apoiadas sobre cavaletes de madeira de 0,9m de altura e, com
175 desnível de 1,0% para escoamento da solução nutritiva até os tanques de armazenamento
176 (1000 l).

177 A estrutura física do experimento foi composta por seis bancadas, espaçadas em
178 0,5m, sendo dispostas paralelamente ao comprimento da estufa. Cada bancada era
179 constituída por duas calhas paralelas espaçadas em 0,2m. Ao total, foram utilizadas 12
180 calhas simples de madeira (duas por bancada) nas quais foram apoiados os sacos de cultivo
181 (slabs). Foram utilizados dois reservatórios de 1000 litros, duas motobombas de ½ cv, dois
182 temporizadores digitais, dois sistemas de tubulação e dispositivos de irrigação localizada.

183 Cada conjunto descrito era responsável pelo fornecimento de solução nutritiva a três
184 bancadas de cultivo portadoras do mesmo substrato.

185 As plantas foram cultivadas em sacos tubulares (slabs) que, quando preenchidos com
186 50 dm^3 de substrato, apresentavam aproximadamente 1,0m de comprimento, 0,30m de
187 largura e 0,15m de altura. No dia anterior ao início do experimento, os substratos contidos
188 nos slabs foram saturados com água da chuva e assim mantidos por 24 horas. No dia do
189 primeiro transplante, os drenos foram perfurados na parte inferior dos recipientes e
190 imediatamente foi inicializado o processo de lavagem dos substratos através do
191 acionamento das motobombas até que a condutividade elétrica (CE) do drenado lixiviado
192 pelo substrato atingisse o valor de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Na sequência, as mudas de morangueiro
193 provenientes do Chile, cultivares ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’, foram transplantadas,
194 respectivamente, nos dias 23 de maio e 10 de junho de 2014. Antes do transplante, realizou-
195 se a toalete das raízes, deixando-as com 10cm de comprimento, contabilizados a partir da
196 base da coroa (COCCO et al., 2012).

197 Cada slab foi cultivado com duas linhas paralelas e desencontradas (ziguezague), de
198 quatro plantas cada. O espaçamento entre plantas foi de 0,25m, a largura do slab de 0,25m,
199 o espaço entre slabs de 0,20m e o caminho de 0,5m. Assim, resultando na densidade de
200 plantio de $13,3 \text{ plantas m}^{-2}$.

201 Quando acionadas pelos temporizadores, as motobombas de $\frac{1}{2}$ HP conduziam a
202 solução nutritiva do reservatório até as cintas de gotejo (gotejadores espaçados em 10cm e
203 vazão de $1,35 \text{ litros hora}^{-1}$), inseridas entre a superfície do substrato e o plástico da face
204 superior da embalagem, as quais atravessavam o comprimento dos slabs.

205 A solução nutritiva utilizada foi formulada com base na solução proposta por
206 Sonneveld e Straver (1994) e na utilizada pelos produtores de morango em substrato do
207 Vale do Caí /RS, correspondendo a uma condutividade elétrica inicial aproximada de $1,4 \text{ dS}$
208 m^{-1} , com a seguinte composição de macronutrientes (em mmol litro^{-1}): 6,64 de NO_3^- ; 1,5 de
209 H_2PO_4^- ; 2,88 de SO_4^{2-} ; 1,44 de NH_4^+ ; 5,06 de K^+ ; 2,20 de Ca^{2+} ; 1,5 de Mg^{2+} ; e de
210 micronutrientes (em mg litro^{-1}): 1,08 de Fe; 0,20 de Mn; 0,07 de Zn; 0,17 de B; 0,025 de
211 Cu; 0,05 de Mo. A solução foi monitorada (solução drenada e solução do reservatório)
212 diariamente através da coleta de dados de condutividade elétrica (condutivímetro manual
213 digital) e de pH (pHmetro manual digital). A reposição de nutrientes ou de água foi
214 realizada através da adição de solução concentrada ou de água, quando, respectivamente, o

215 valor da condutividade elétrica sofria uma diminuição ou um aumento, da ordem de 10%. O
216 pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,0 e 6,0 através da adição de solução de correção
217 à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N) ou hidróxido de potássio (KOH 1N).

218 O primeiro fator experimental estudado foi o substrato, sendo avaliada a adição de
219 composto orgânico (CO) à casca de arroz carbonizada (CAC). Para isso, dois tratamentos
220 foram testados: 100% CAC e 80% CAC + 20% CO (CAC+CO). A casca proveniente de
221 arroz do tipo longo e fino foi carbonizada de acordo com a metodologia descrita por Kämpf
222 (2006) e o composto orgânico foi adquirido da empresa ‘Ecocitrus’ (à base de resíduos da
223 indústria de suco de laranja, resíduos de incubatório, lodos de tratamento de efluentes,
224 cascas de madeira e podas de árvores). As características físicas e químicas da CAC e da
225 mistura CAC + CO são apresentadas na Tabela 1.

226 Em função da capacidade de retenção de água do substrato, da fase de
227 desenvolvimento das plantas e das condições meteorológicas reinantes ao transcorrer do
228 período experimental, o fornecimento diário de solução nutritiva variou de três a sete vezes
229 (pulsos) para a CAC e de duas a cinco vezes para a CAC+CO, todas com 7 minutos de
230 duração. Cada slab recebia, em média, 1,575 litros de solução nutritiva a cada pulso de
231 fertirrigação ($197 \text{ ml planta}^{-1}$). A demanda hídrica diária da cultura (evapotranspiração da
232 cultura) foi estimada através de dados da radiação solar global de acordo com o método de
233 Medrano et al. (2005), acrescido da fração de drenagem de 30%.

234 O segundo fator experimental estudado foi a combinação de cultivares, com dois
235 níveis. O primeiro nível foi o cultivo solteiro da cultivar de dia curto ‘Camarosa’. Já o
236 segundo nível, consistiu na combinação de plantas de ‘Camarosa’ e de plantas da cultivar de
237 dia neutro ‘San Andreas’ no mesmo slab, sendo uma linha ocupada por cada cultivar.

238 O experimento obedeceu ao delineamento experimental em blocos ao acaso com seis
239 repetições, em esquema fatorial 2 x 2 (dois substratos x duas combinações de cultivares). O
240 fator substrato foi alocado na parcela, composta por seis slabs (48 plantas), e o fator
241 combinação na subparcela, composta por um slab (oito plantas). Dentro de cada bloco
242 experimental havia três slabs para cada combinação, possibilitando três repetições de dados
243 para este fator.

244 Durante todo o período de colheita, iniciado no dia 12/08/2014, as frutas das plantas
245 marcadas foram colhidas de duas a três vezes por semana, contabilizadas, pesadas em
246 balança de precisão e classificadas em frutas comerciais e/ou não comerciais. Assumiu-se

247 que todas as frutas com massa fresca inferior a 5 gramas, com deformações graves e/ou
248 atacadas por pragas e doenças seriam consideradas fora do padrão comercial. Na sequência,
249 todas as frutas provenientes de plantas controle foram conduzidas à estufa de secagem para
250 obtenção da massa seca.

251 Ao fim do ciclo de cultivo (31/12/2014 para a cultivar ‘Camarosa’ e 30/04/2015 para
252 a cultivar ‘San Andreas’), duas plantas por tratamento, em cada bloco, foram fracionadas
253 em coroa, folhas e frutas com a finalidade de avaliar o crescimento e a partição de
254 fotoassimilados. Imediatamente após o fracionamento, as frações foram pesadas
255 separadamente em balança analítica, obtendo-se a massa fresca. Assim como as frutas
256 colhidas durante o ciclo produtivo, as folhas originadas de desfolhas antecipadas também
257 foram contabilizadas e somadas às frações correspondentes. Além disso, estolões,
258 pedúnculos e inflorescências secas foram contabilizados e incorporados à fração coroa. A
259 área foliar acumulada foi avaliada através de equipamento integrador de área foliar (LI-
260 COR, modelo 3100). Após, colocou-se o material em estufa de ventilação forçada, à
261 temperatura de 65 °C, até atingir massa seca constante.

262 Através dos dados de massa fresca, massa seca e área foliar acumuladas foram
263 calculados o índice de colheita (IC), o índice de área foliar (IAF), o conteúdo de massa seca
264 de frutas (CMSF), a razão de área foliar (RAF) e a área foliar específica (AFE).

265 Com o intuito de avaliar a firmeza, a cor, a composição básica das frutas [sólidos
266 solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH] e o teor de fitoquímicos
267 (antocianinas totais, compostos fenólicos, ácido L-ascórbico e carotenóides totais), foram
268 realizadas três análises técnicas de cada repetição biológica. Durante o final de novembro e
269 início de dezembro de 2014, foram colhidas no período da manhã e enviadas ao Laboratório
270 de Pós-colheita de frutas e hortaliças da UFPel o equivalente a 100 gramas de frutas de cada
271 tratamento. A firmeza da polpa das frutas foi expressa em Newton (N) e determinada com
272 um penetrômetro do modelo FT011 (0-11 Lbs.), com ponteira de 6 mm. O ângulo de cor
273 (hue) foi calculado (SEVERO et al., 2011) a partir das coordenadas L*, a* e b* obtidas em
274 duas leituras medidas em faces opostas da região equatorial da superfície das frutas. Foram
275 determinados o teor de SST, com um refratômetro manual, e a acidez titulável, utilizando-se
276 10 mL de suco diluídos em 90 mL de água destilada, cuja diluição foi titulada com solução
277 de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1. As antocianinas totais foram determinadas de acordo
278 com o método descrito por Lees e Francis (1972), os compostos fenólicos de acordo com

Singleton e Rossi (1965), o conteúdo de ácido L-ascórbico seguiu o método de Vinci et al. (1995) e os carotenóides totais de acordo com o método descrito por Vizzotto et al. (2006).

A análise dos dados variou em função da natureza da variável estudada. Para as variáveis referentes ao crescimento (produção e partição de MS, CMSF, IAF, RAF e AFE) e produção de frutas (IC, produção total e comercial, número de frutas, massa média e rendimento comercial e não comercial), o segundo fator foi tratado como composto por dois níveis ('Camarosa' solteiro e 'Camarosa' combinado), sendo considerados os valores acumulados ao final dos ciclos de cada cultivar. A cultivar 'San Andreas' não foi considerada como o terceiro nível do segundo fator devido ao seu distinto comportamento ecofisiológico (dia neutro), cujo ciclo prolongou-se por quatro meses a mais do que o da cultivar 'Camarosa', tornando impróprio qualquer tipo de análise comparativa. Assim, avaliou-se a cultivar 'San Andreas' apenas em relação ao substrato através da análise de variância dos dados. Por outro lado, foi realizada a análise bifatorial com três níveis do segundo fator ('Camarosa' solteiro, 'Camarosa' combinado e 'San Andreas' combinado) para as variáveis cuja determinação foi realizada com base em três amostras técnicas coletadas no mesmo dia (cor, firmeza, composição básica e fitoquímica das frutas) e, também, para a evolução da massa fresca média de frutas ao longo do ciclo de cultivo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, para as variáveis que necessitaram, as médias foram separadas através do teste Tukey à 5%.

4.5. Resultados

A interação substrato x mês de colheita foi significativa para a massa média das frutas e a interação combinação x mês de colheita foi significativa para a massa média e produção das frutas. Para todas as demais variáveis, não foi constatada interação significativa entre os fatores substrato e combinação de cultivares.

A análise isolada dos fatores indicou que a adição de 20% de composto orgânico à CAC não proporcionou diferenças na produção de MS de 'Camarosa' em relação aos órgãos componentes da fração vegetativa e da planta como um todo, atingindo valores médios de 39,0 g planta⁻¹ nas folhas, 15,8 g planta⁻¹ na coroa, 54,8 g planta⁻¹ na fração vegetativa e 121,0 g planta⁻¹ no total. Porém, a adição de CO elevou a produção de MS de frutas desta cultivar, independente do cultivo ser solteiro ou combinado (Tabela 2).

311 Em relação ao efeito do fator combinação de cultivares (Tabela 2), não houve
312 distinção na produção de MS das frações e do total da planta de ‘Camarosa’ em cultivo
313 solteiro ou combinado com a cultivar de DN.

314 Em relação à resposta da cultivar de DN ‘San Andreas’, quando cultivada no
315 substrato CAC+CO, apresentou menor produção de MS de todos os componentes da fração
316 vegetativa e do total da planta em comparação à CAC (Tabela 2). Porém, os substratos não
317 afetaram a produção de MS das frutas desta cultivar, apresentando o valor médio de 67,0 g
318 planta⁻¹ (Tabela 2).

319 Ambos os fatores estudados não influenciaram o padrão de partição da MS entre os
320 órgãos aéreos das plantas de ‘Camarosa’ (Tabela 3). As frutas desta cultivar representaram,
321 na média, 54,8% da MS total da planta, enquanto as folhas e a coroa, 32,0 e 13,2%,
322 respectivamente. Para a cultivar de DN ‘San Andreas’, a adição de CO à CAC (CAC+CO)
323 beneficiou a partição de MS para a fração generativa em detrimento da coroa. As frutas
324 representaram 35,4% da MS total produzida pela planta de ‘San Andreas’, superando os
325 31,7% obtidos com a CAC, enquanto a coroa representou 15,2 e 19,2%, respectivamente. Já
326 a partição da MS para as folhas foi semelhante nos dois substratos testados, representando,
327 na média, 49,2%.

328 O conteúdo de massa seca das frutas (CMSF) e a área foliar específica (AFE) de
329 ‘Camarosa’ não foram afetados pela adição de CO à CAC. Porém, foram superiores quando
330 esta cultivar foi combinada com ‘San Andreas’ (8,1% e 92,9 cm² g⁻¹). Para a cultivar ‘San
331 Andreas’, o CMSF também não foi afetado pela adição do CO ao substrato, atingindo o
332 valor médio de 7,7%. Entretanto de modo contrário ao verificado com a cultivar
333 ‘Camarosa’, o substrato CAC+CO elevou a AFE de ‘San Andreas’ (Tabela 3).

334 Observa-se que a adição de CO ao substrato não afetou o índice de área foliar (IAF)
335 de ‘Camarosa’ e de ‘San Andreas’, com médias de 4,7 e 3,4, respectivamente (Tabela 3).
336 No entanto, o IAF de 5,1 obtido para o cultivo combinado de ‘Camarosa’ foi superior aos
337 4,2 da mesma cultivar em cultivo solteiro. No que tange ao efeito do substrato sobre a razão
338 de área foliar (RAF), o maior valor de ‘Camarosa’ foi constatado quando cultivada na CAC
339 (30,4 cm² g⁻¹). No entanto, o mesmo substrato propiciou menor RAF (44,5 cm² g⁻¹) para a
340 cultivar de DN quando comparado aos 47,2 cm² g⁻¹ propiciados pela CAC+CO. O tipo de
341 combinação de cultivares empregada não influenciou a RAF da cultivar de DC.

Ambos os fatores, substrato e combinação de cultivares, não influenciaram no índice de colheita (IC) de ‘Camarosa’ (média de 0,74) (Tabela 4). Já, para a cultivar ‘San Andreas’, o IC foi superior quando cultivada em CAC+CO (0,59). A produção total de frutas de ‘Camarosa’ cultivada no substrato com adição de CO foi estatisticamente superior (848,2 g planta⁻¹) à da CAC isolada (798,7 g planta⁻¹), porém, não houve distinção para a produção comercial (média de 792,0 g planta⁻¹). Em relação à combinação, não foram observados efeitos significativos sobre a produção total e comercial de ‘Camarosa’. Para a cultivar ‘San Andreas’, a adição de CO à CAC não afetou a produção total e comercial, com médias de 868,9 e 816,5 g planta⁻¹, respectivamente.

Quanto à composição básica das frutas (SST, pH e ATT; Tabela 4), não houve resposta significativa em relação à adição de CO ao substrato e às combinações de ‘Camarosa’, restringindo-se as diferenças apenas ao âmbito genotípico. Em ambas as combinações, ‘Camarosa’ apresentou teor de SST equivalente a 7,3°Brix, pH de 3,3 e 0,75% de ácido cítrico para ATT, distinguindo-se da cultivar ‘San Andreas’ que apresentou maior teor de SST (7,8°Brix) e menor ATT (0,73% de ácido cítrico). O pH foi similar para as duas cultivares, com média de 3,3 (Tabela 4).

Em relação à cor das frutas, também não houve efeito do substrato e da combinação, somente diferenças entre cultivares (Tabela 4). Considerando-se que o ângulo Hue é uma variável que assume o valor 0° para a cor vermelha e 90° para a cor amarela, os resultados apresentados indicaram a coloração avermelhada mais intensa para a cultivar ‘Camarosa’ (média de 29,7).

A firmeza das frutas também foi semelhante para ambos os substratos, atingindo o valor médio de 4,2 N (Tabela 5). Também não houve efeito da combinação sobre a firmeza das frutas de ‘Camarosa’. Por outro lado, os dados evidenciam que a firmeza foi fortemente afetada pelas características genotípicas de cada cultivar. Neste sentido, ‘San Andreas’ destacou-se pela sua elevada firmeza das frutas (5,7 N), em comparação aos 3,5 N constatados nas frutas de ‘Camarosa’.

A adição de CO à CAC não promoveu nenhum tipo de alteração nos teores dos principais compostos fitoquímicos avaliados. Os teores médios obtidos para os substratos foram de 936,9, 7727,7, 322,3 e 109,9 µg g⁻¹, respectivamente, para antocianinas, compostos fenólicos, ácido L-ascórbico e carotenóides totais (Tabela 5). Os resultados da Tabela 5 demonstram que a combinação de ‘Camarosa’ não afetou a composição

374 fitoquímica das frutas. Porém, em relação à cultivar ‘San Andreas’, ‘Camarosa’ apresentou
375 maior teor de antocianinas ($1030,0 \mu\text{g g}^{-1}$) e de ácido L-ascórbico ($351,1 \mu\text{g g}^{-1}$). Por sua
376 vez, ‘San Andreas’ foi superior em relação ao teor de compostos fenólicos ($8531,2 \mu\text{g g}^{-1}$) e
377 equivalente à cultivar de DC em relação aos carotenóides totais, para o qual, a média das
378 cultivares foi de $110,0 \mu\text{g g}^{-1}$.

379 O número de frutas comerciais e não comerciais ($\text{N}^\circ \text{ m}^{-2}$), a massa média (g) e o
380 rendimento comercial (kg m^{-2}) não foram afetados pela adição de CO ao substrato (Tabela
381 6). Porém, o rendimento não comercial, de $0,55 \text{ kg m}^{-2}$, obtido com CAC+CO foi superior
382 aos $0,43 \text{ kg m}^{-2}$, constatado com o emprego isolado de CAC. No que tange ao efeito da
383 combinação, o cultivo de ‘Camarosa’ com ‘San Andreas’ aumentou o número de frutas
384 comerciais (superando em mais de 100 frutas) e não comerciais e o rendimento não
385 comercial em relação ao cultivo solteiro dessa cultivar. A soma da produção das duas
386 cultivares resultou em um rendimento comercial de $10,8 \text{ kg m}^{-2}$, o qual não se diferenciou
387 significativamente dos $10,3 \text{ kg m}^{-2}$ quantificados no cultivo solteiro. A massa média das
388 frutas de ‘Camarosa’ colhidas durante todo o período produtivo foi maior no cultivo
389 solteiro, atingindo $15,5 \text{ g}$ (Tabela 6).

390 Em relação à distribuição da colheita, de frutas comerciais (Figura 2), houve
391 superioridade do cultivo solteiro da cultivar Camarosa desde o início da colheita (agosto)
392 até o final do período de produção desta cultivar (dezembro). Por outro lado, mesmo
393 apresentando rendimentos mensais menores, a combinação ‘Camarosa’/ ‘San Andreas’
394 proporcionou a continuidade da produção até o final de abril. No mês de agosto,
395 considerado como período de colheita precoce, os rendimentos do cultivo solteiro e do
396 combinado foram de $0,91$ e $0,50 \text{ kg m}^{-2}$, respectivamente. O maior rendimento de frutas foi
397 obtido no mês de dezembro para ambas as combinações (solteiro= $3,18$ e combinado= $2,62$
398 kg m^{-2}). A produção fora da época convencional foi obtida através do cultivo combinado e
399 contabilizou $0,87$, $0,94$, $0,75$ e $0,31 \text{ kg m}^{-2}$, durante os meses de janeiro, fevereiro, março e
400 abril, respectivamente.

401

402 4.6. Discussão

403 Além do excessivo aumento no teor de cálcio, o composto orgânico empregado no
404 substrato CAC+CO promoveu o acréscimo significativo das concentrações de cobre, zinco,
405 ferro e manganês (Tabela 1). Neste sentido, esse substrato apresenta considerável potencial

406 poluente por metais pesados e excesso de micronutrientes, devendo haver cuidados na
407 utilização e no descarte deste material.

408 A quantificação da produção de MS e a sua distribuição nos órgãos da planta são
409 análises frequentemente aplicadas em estudos ecofisiológicos, pois cerca de 90% da MS
410 acumulada pela planta ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética
411 (Benincasa, 2003). O padrão de crescimento da cultivar ‘Camarosa’ não está atrelado aos
412 substratos e à combinação de cultivares empregados, mas sim às características genóticas
413 da cultivar (Tabela 2). Por outro lado, existem outros fatores extrínsecos, como o sistema de
414 cultivo e a densidade de plantio, que podem interferir significativamente na produção de MS
415 da planta (MARQUES et al., 2016). Neste sentido, os resultados obtidos no presente
416 trabalho, foram 37,4, 42,4, 39,0 e 24,8% inferiores aos relatados por Strassburger et al.
417 (2011), respectivamente, para a produção de MS das frações folhas, coroa, fração vegetativa
418 e frutas da cultivar ‘Camarosa’ quando cultivada no solo sob sistema orgânico com
419 densidade de plantio equivalente a 5,26 plantas m⁻². De fato, elevadas densidades de plantio,
420 como a empregada nesta pesquisa, redundam em maior competição entre plantas,
421 especificamente em relação à radiação solar, resultando diretamente na redução de produção
422 de biomassa pela planta (CAMACARO et al., 2005; STRASSBURGER et al., 2010).

423 Portela et al. (2012a) empregando 9,34 plantas m⁻² em cultivo hidropônico relataram
424 resultados ligeiramente inferiores ao obtido nesta pesquisa com a cultivar ‘Camarosa’. A
425 produção de MS foi equivalente a 52,57 e 56,44 g planta⁻¹ para a fração vegetativa aérea e
426 de frutas, representando, respectivamente, 48,0 e 51,7% da MS total alocada na parte aérea
427 da planta. No presente estudo, a partição de MS de ‘Camarosa’ não foi influenciada pelos
428 fatores substrato e combinação de cultivares (Tabela 3). As frutas representaram 54,8% da
429 MS, sendo similar aos 55% obtido por Portela et al. (2012b) com a cultivar ‘Camino Real’
430 em sistema hidropônico e superior ao valor médio de 48,6% apresentado por Andriolo et al.
431 (2010) com a cultivar ‘Arazá’ em substrato. A ampla variação do percentual de MS alocada
432 nas frutas é reportada por diversos estudos e pode ser atribuída, principalmente, ao fator
433 genótipo e ao sistema de cultivo. Como exemplo das disparidades observadas, Andriolo et
434 al. (2002) com a cultivar de DC ‘Dover’ em substrato, constataram apenas 30% de MS nas
435 frutas. Por sua vez, Pokhrel et al. (2015) com a cultivar ‘Sonata’ em substrato e Strassburger
436 et al. (2011) com ‘Aromas’ em sistema de cultivo orgânico no solo relatam valores entorno
437 de 60% da MS alocada nas frutas.

Em ambas as cultivares, as folhas foram os órgãos fonte e dreno que mais contribuíram com a MS vegetativa da planta (71% para ‘Camarosa’ e 74% para ‘San Andreas’), quantificando o valor médio de 39 g planta⁻¹ para ‘Camarosa’ e de 91,5 a 105,3 g planta⁻¹ para ‘San Andreas’. Os resultados com ‘San Andreas’, superam as 26,6 g planta⁻¹, equivalente a 60% da MS vegetativa, produzidas pela mesma cultivar de DN na Grécia sob ambiente protegido empregando substrato à base de serragem e fibra de coco (MARINOU et al., 2013). Já, a cultivar de DC, foi inferior em relação aos 74,6 g planta⁻¹ de MS de folhas, equivalente a 90% da MS vegetativa, produzidas por ‘Camarosa’ em cultivo orgânico no solo em pesquisa realizada na Turquia (DEMIRSOY, et al., 2012).

A adição de CO à CAC provocou o aumento significativo da MS de frutas da cultivar ‘Camarosa’ (Tabela 2). Por conseguinte, a produção total de frutas também foi superior (Tabela 4), indicando proporcionalidade no acúmulo de água nos tecidos constituintes desta fração. Porém, tal incremento não foi traduzido em frutas comercializáveis.

Por outro lado, maior produção de MS vegetativa da parte aérea e, consequentemente, no total da planta foram observadas com ‘San Andreas’ na CAC (Tabela 2). Os elevados valores de produção de MS da parte aérea de ‘San Andreas’ (cerca de 60% superiores à ‘Camarosa’ em relação à fração vegetativa e 40% em relação ao total da planta) decorrem principalmente das distinções genéticas e ecofisiológicas entre as cultivares de DC e DN (SERÇE; HANCOCK, 2005). A avaliação final da biomassa de ‘Camarosa’ foi realizada aos 221 dias após o transplante (DAT), por ocasião do término do período produtivo de frutas (31/12/2014). Já a avaliação final de ‘San Andreas’ foi realizada aos 325 DAT (01/05/2015), pois a sua reduzida sensibilidade ao fotoperíodo permitiu o florescimento durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, garantindo a produção de frutas durante o período mais quente do ano. Não obstante, embora o florescimento das cultivares de DN seja contínuo, o crescimento vegetativo das plantas de ‘San Andreas’ é intensificado sob as condições de elevados fotoperíodo e temperatura do ar, que foram reinantes no período de janeiro a março (Figura 1).

O maior crescimento vegetativo observado nas plantas de ‘San Andreas’ cultivadas na CAC (Tabela 2) pode ter ocorrido em função do maior espaço de aeração (EA= 30%) deste substrato (Tabela 1), cujo valor mensurado neste trabalho, segundo Ferraz (2005), seria o ideal para o cultivo de plantas. O menor EA observado para a CAC+CO (22%) resulta das partículas de menor tamanho provenientes do CO (Tabela 1), as quais se

470 depositam entre as partículas maiores provenientes da CAC, por conseguinte, reduzindo os
471 macroporos e aumentando a capacidade de retenção de água (MEDEIROS et al., 2001). De
472 acordo com Medeiros et al. (2008), a CAC apresenta características físicas adequadas para o
473 cultivo do morangueiro. Além disso, por ser um substrato relativamente inerte e estável
474 comparado a outros materiais provenientes de resíduos orgânicos, o manejo da solução
475 nutritiva recirculante é facilitado, possibilitando a manutenção do equilíbrio eletroquímico
476 da solução por mais tempo e, conseqüentemente, ofertando à planta adequadas
477 concentrações de íons.

478 De forma semelhante à resposta de ‘San Andreas’ em relação à adição de CO,
479 Pokhrel et al. (2015) também constataram menor crescimento (menor produção de MS de
480 folhas e do total da planta) da cultivar ‘Sonata’ cultivada em turfa quando empregadas
481 fontes de fertilizantes orgânicas. Os autores atribuíram estes resultados ao desequilíbrio
482 iônico e aos maiores valores de pH da solução orgânica drenada pelo substrato durante o
483 cultivo. Assim, os resultados sugerem que a adição de CO à CAC tenha prejudicado não
484 somente o equilíbrio eletroquímico e o pH da solução nutritiva (muito alto), mas também as
485 características físicas do substrato. Sob extensos ciclos de cultivo, como o de ‘San Andreas’,
486 existe a tendência de que as partículas de menor tamanho provenientes do CO se realoquem
487 no interior do recipiente de cultivo, dificultando a drenagem da solução e reduzindo o EA.

488 Os resultados do presente estudo referentes ao crescimento da cultivar de DN em
489 relação à produção de MS da planta (CAC+CO= 185,32 e CAC= 214,96 g planta⁻¹) e da
490 fração vegetativa (CAC+CO= 119,65 e CAC= 146,54 g planta⁻¹) foram superiores aos 160,7
491 e 96,0 g planta⁻¹ relatados por Ruan et al. (2011), respectivamente, para a MS total da planta
492 e a MS da fração vegetativa de ‘San Andreas’ cultivada em substrato à base de turfa. Apesar
493 desta diferença marcante, a MS de frutas relatada pelo referido autor (64,7 g planta⁻¹; 43%
494 da MS total da planta) foi ligeiramente inferior ao valor médio de 67,0 g planta⁻¹ obtido
495 nesta pesquisa (de 31,7 a 35,4% da MS total da planta). Entretanto, os dados de Ruan et al.
496 (2011) indicam superior CMSF (8,7%) ao apresentado por ‘San Andreas’ (Tabela 3). A
497 principal causa desta diferença está vinculada às distintas condições ambientais dos locais
498 de realização dos experimentos, visto que sob elevada altitude (750 m acima do nível do
499 mar) é frequente a ocorrência de baixas temperaturas noturnas (RUAN et al., 2011). Uma
500 vez que a temperatura do ar é baixa durante a noite, o processo natural de respiração da

501 planta é reduzido, acarretando na manutenção dos carboidratos elaborados na fotossíntese e
502 aumentando o teor de MS e a qualidade das frutas (WANG; CAMP, 2000).

503 O CMSF não foi influenciado pelo substrato, atingindo o valor médio de 8,05% para
504 ‘Camarosa’ e 7,7% para ‘San Andreas’. Entretanto, os resultados sugerem que o cultivo de
505 ‘Camarosa’ combinado com a cultivar de DN proporciona maior CMSF nas frutas. Este
506 comportamento, provavelmente, é explicado pela acentuada competição entre as plantas,
507 visto que ‘Camarosa’ possui elevado vigor vegetativo. Logo, houve maior disponibilidade
508 de radiação solar (menor sombreamento) para ‘Camarosa’ quando combinada com ‘San
509 Andreas’, cujo vigor vegetativo é menor.

510 Os resultados de IAF (Tabela 3) foram superiores aos 2,5 e 3,5 reportados por Portela
511 et al. (2012a) e Strasburguer et al. (2011) com a cultivar ‘Camarosa’ em cultivo hidropônico
512 e no solo, respectivamente. Estas informações são importantes para a avaliação da expansão
513 do aparato fotossintético e da interceptação da radiação solar (PEIL; GÁLVEZ, 2002).
514 Neste sentido, a superioridade de ‘Camarosa’ combinada com ‘San Andreas’ (IAF=5,1) em
515 relação ao cultivo solteiro (IAF=4,2) indica a ocorrência de maior superfície
516 fotossintetizante (área foliar) por unidade de área cultivada. Por outro lado, a elevada
517 competição entre plantas de ‘Camarosa’ em cultivo solteiro, além de implicar na redução do
518 IAF, também repercutiu na redução da AFE (Tabela 3; $86,5 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$). A AFE é uma
519 componente morfofisiológica dada pela razão entre a área foliar e a MS de folhas
520 (Benincasa, 2003). Sob condições de sombreamento mútuo entre plantas, mais intensificado
521 no cultivo solteiro de ‘Camarosa’, há a redução da taxa assimilatória líquida, necessitando a
522 planta readaptar-se a fim de incrementar sua eficiência fotossintética (BARREIRO et al.,
523 2006; STRASSBURGER et al., 2010). Este comportamento foi diagnosticado pela redução
524 da AFE, indicando que houve um aumento do peso foliar específico (dado pelo inverso da
525 AFE).

526 Embora o IAF de ‘San Andreas’ não tenha respondido significativamente à adição de
527 CO₂, a associação da menor produção de MS de folhas e da planta, constatadas na CAC+CO₂
528 (Tabela 2), redundou na superioridade das variáveis AFE e RAF para este substrato (Tabela
529 3).

530 O índice de colheita (IC), o qual representa a eficiência de conversão de produtos
531 sintetizados em material de importância econômica, atingiu o valor médio de 0,72 para a
532 cultivar ‘Camarosa’, assemelhando-se com o valor de 0,71 relatado por Portela et al.

(2012b) com a cultivar de DC ‘Camino Real’ e sendo maior que o valor de 0,65 obtido por Portela et al. (2012a) com ‘Camarosa’, ambas em cultivo hidropônico. Assim como o observado nos estudos de Strassburger et al. (2010) e Strassburger et al. (2011b) com cultivares de DN, no presente estudo ‘San Andreas’ apresentou valores de IC mais baixos de que ‘Camarosa’. Além disso, o menor valor de massa fresca total da planta (dados não apresentados), decorrente da menor produção de MS da planta de DN no substrato CAC+CO (Tabela 2), implicou no maior IC (0,56) de ‘San Andreas’ comparativamente a CAC (IC=0,51). No entanto, esta disparidade entre os substratos não foi mantida para a produção total e comercial de ‘San Andreas’ (Tabela 4). Independentemente disso, é sabido que o IC de uma planta é resultante das relações entre os órgãos fonte e dreno. Logo, é esperado que haja supressão da fração reprodutiva quando o crescimento vegetativo é intensificado (DUARTE et al., 2008; STRASSBURGER et al., 2011b; MARQUES et al., 2016).

A adição de CO ao substrato não surtiu efeito significativo sobre a produção de frutas comerciais de ambas as cultivares, quantificando o valor médio de 792,0 g planta⁻¹ e 816,5 g planta⁻¹, respectivamente, para ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’ (Tabela 4). Algumas pesquisas demonstraram o elevado potencial produtivo da cultivar ‘Camarosa’ cultivada no solo (OLIVEIRA et al., 2009, STRASSBURGER et al., 2011a; CECATTO et al., 2013), cerca de 31, 54 e 81% superior ao obtido na presente pesquisa. Entretanto, no presente estudo, a produção comercializável obtida com ‘Camarosa’ foi próxima aos 877, 5 e 813,2 g planta⁻¹ relatada por Antunes et al. (2010) e Vignolo et al. (2011) em cultivo no solo, e, superior, a produção de 250 e 608 g planta⁻¹ em sistema hidropônico NFT (PORTELA et al., 2012a). A produção de frutas registrada nesta pesquisa com a cultivar de DC (792 g planta⁻¹), assim como o relatado por Godoi et al. (2009) com a cultivar ‘Arazá’ (1196 g planta⁻¹) e por Miranda et al. (2014) com ‘Camarosa’ (730 g planta⁻¹), ambos sob condições de recirculação da solução nutritiva em substrato (sistema fechado), contrariam a teoria propagada de que o cultivo do morangueiro em substrato com sistema aberto (livre drenagem) seria mais produtivo em função da maior facilidade de manejo da fertirrigação quando não ocorre o reaproveitamento do lixiviado drenado.

Esta teoria é parcialmente desestruturada mediante a observação de vários trabalhos com cultivares de DC em distintos substratos sob sistema aberto (CALVETE et al., 2007; RAHIMI et al., 2011; CECATTO et al., 2013; KUISMA et al., 2014; POKHREL et al.,

2015), cujos valores de produções de frutas foram 187,9 (Oso Grande), 350 e 322 (Camarosa), 146,5 (Elsanta) e 309 g planta⁻¹ (Sonata), sendo resultados consideravelmente menores aos obtidos em sistema fechado com substrato. Excepcionalmente, Adak e Gubbuk (2015) relataram produção de frutas equivalente a 903 g planta⁻¹ em sistema aberto com ‘Camarosa’ cultivada em calhas (14% superior aos resultados do presente estudo em sistema fechado), porém, com emprego de substrato à base de fibra de coco. De acordo com os autores, a fibra de coco é um excelente substrato para o morangueiro. Não obstante, além do elevado custo de aquisição, é um material de difícil obtenção no Sul do Brasil.

A cultivar de DN ‘San Andreas’ destacou-se em relação à produção de frutas comercializáveis, sendo uma ótima alternativa para o cultivo em substrato com sistema fechado. Em relação ao cultivo no solo, o resultado obtido neste experimento (816,5 g planta⁻¹) foi cerca de 64% superior à produção da mesma cultivar (CECATTO et al., 2013) e, respectivamente, 52 e 71%, mais produtiva quando comparada às cultivares ‘Diamante’ e ‘Aromas’ (STRASSBURGER et al., 2010). Sob cultivo em substrato com sistema aberto os resultados de ‘San Andreas’ reportados por Ruan et al. (2011) e Cecatto et al. (2013) também foram consideravelmente inferiores (451 e 301 g planta⁻¹).

Outro aspecto positivo de ‘San Andreas’ sob as condições de cultivo propostas nesta pesquisa, diz respeito à reduzida quantidade de frutas não comerciais. Apenas 6% da produção total foi registrada como não comercial. Por outro lado, em substrato à base de turfa e perlita, Ruan et al. (2011) relatam valores, aproximadamente, quatro vezes maiores. Provavelmente, esses resultados tenham sido influenciados pela composição do substrato conforme o concluído por Ameri et al. (2012), quando obtiveram maiores valores de frutas deformadas em substrato com vermicomposto.

No que tange à composição básica das frutas, os resultados demonstram não haver influência em relação à adição de CO à CAC. Com exceção do pH que não diferiu, os teores de SST e ATT parecem responder somente às distintas características genotípicas representadas pelas duas cultivares. Nem mesmo o cultivo combinado foi capaz de interferir nestas variáveis para a cultivar ‘Camarosa’. Como os principais componentes dos SST (açúcares e ácidos orgânicos) são produtos da fotossíntese (TAIZ; ZAIGER, 2009) não era esperado que tratamentos com similaridade no potencial fotossintético (Tabelas 2 e 3) fossem diferir (cultivo solteiro e combinado).

Em cultivo sem solo, vários trabalhos reportam resultados divergentes no que diz respeito à composição básica de frutas do morangueiro, demonstrando que o teor de SST e a ATT podem variar em função das condições ambientais, dos sistemas de cultivo, dos substratos e das cultivares empregadas (PEREIRA et al., 2008; JAFARNIA et al., 2010; MARINOUE et al., 2013; AMERI et al., 2013; KUISMA et al., 2014; ADAK; GUBBUK, 2015). Neste sentido, pesquisando diferentes misturas de serragem, de pedra pomes e de fibra de coco para o emprego como substrato em sistema aberto, Marinou et al. (2013) não obtiveram diferenças significativas em relação ao SST de ‘San Andreas’ (6,17 °Brix), enquanto que o maior valor de ATT foi atingido somente com serragem (8,06% de ácido cítrico). Isso ocorreu devido ao baixo pH do substrato (serragem=4,71), pois existe uma relação inversamente proporcional entre o pH do meio de cultivo e a ATT da fruta, já evidenciada em outra pesquisa (AMERI et al., 2013). No presente estudo, o baixo valor médio de ATT (0,74 % de ácido cítrico) provavelmente esteja atrelado aos elevados valores de pH dos substratos (Tabela 1).

Por outro lado, Ameri et al. (2013), também em sistema aberto, relataram haver interação entre os fatores cultivar e substrato, prevalecendo os maiores valores de SST para as cultivares ‘Selva’ (8,6 °Brix) e ‘Camarosa’ (8,3 °Brix) em substratos com diferentes proporções de vermicomposto, perlita e fibra de coco. Já Adak e Gubbuk (2015), com ‘Camarosa’, obtiveram maiores teores de SST quando empregadas misturas entre fibra de coco e material de origem vulcânica, bem como, entre turfa e perlita. Porém, corroborando os resultados obtidos na presente pesquisa, a ATT não foi influenciada pelo substrato.

A informação muitas vezes propagada de que morangos provenientes de cultivos sem solo teriam qualidade inferior às frutas produzidas no solo não foi corroborada por esta pesquisa em sistema recirculante. De forma geral, a qualidade básica das frutas de ambas as cultivares foi semelhante ou, até mesmo, superior à verificada em pesquisas realizadas no solo (ANTUNES et al., 2010; RESENDE et al., 2010; AKHATOU; RECAMALES, 2013).

Assim como a aparência é um quesito de qualidade considerado determinante na intenção de compra de frutas e hortaliças (ROMBALDI et al., 2007), a firmeza da polpa também assume fundamental importância, visto que quanto maior for este valor (N), maior será a resistência da fruta ao transporte e manuseio. Neste sentido, o maior ângulo hue de ‘San Andreas’ (35,2°) indica menor intensidade da cor vermelho nesta cultivar em comparação a ‘Camarosa’ (Tabela 4). À semelhança do constatado com a cor das frutas,

também foi diagnosticado valores superiores para a firmeza da fruta de ‘San Andreas’ (5,7 N), sugerindo que a cultivar de DN seja mais resistente ao manuseio e transporte. De acordo com Vandendriessche et al. (2013), existe correlação positiva entre a firmeza e a cor da fruta, ou seja, frutas com vermelho intenso são mais macias, resultado que também foi observado neste trabalho (Tabela 4 e 5). Em morangos (‘Camarosa’) produzidos no solo, Malgarim et al. (2006) relataram valores de ângulo hue (27,65°) e firmeza (4,52N) próximos ao observado neste estudo, podendo-se inferir que estas variáveis são influenciadas por padrões genotípicos das cultivares. De forma semelhante, estas influências genotípicas também foram constatadas por Correia et al. (2011), porém, há estudos que já comprovaram que a firmeza das frutas também pode ser afetada pelo substrato e nutrição das plantas (ADAK; GUBBUK, 2015; POKHREL et al., 2015; SINGH et al., 2008).

Os compostos fitoquímicos das frutas, comumente denominados de moléculas resultantes do metabolismo secundário, têm sua síntese e acúmulo fortemente associados às características genotípicas e às condições de cultivo, tendo em vista que atuam como mecanismo de defesa a agentes estressores bióticos e abióticos (BARSAN et al., 2010; TREUTTER, 2010; COGO et al., 2011). O teor de antocianinas, um abundante flavonóide constituinte do morango (KOVACEVIC et al. 2015), atingiu maior valor na cultivar ‘Camarosa’ (1030 $\mu\text{g g}^{-1}$), aproximadamente 37% superior ao observado em ‘San Andreas’ (Tabela 5). Uma vez que as antocianinas são responsáveis pela coloração vermelha da fruta (AABY et al., 2012), os maiores teores encontrados em ‘Camarosa’ vêm de encontro ao menor ângulo hue da cultivar, o qual indicou coloração mais próxima do vermelho (Tabela 4). Testando 27 cultivares sob cultivo convencional no solo, Aaby et al. (2012) obtiveram teores de antocianina total na faixa de 85 até 659 $\mu\text{g g}^{-1}$. Sob o mesmo sistema de cultivo, Roussos et al. (2009) e Antunes et al. (2010) relatam os valores de 311,1 e 300,4 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, para ‘Camarosa’ e uma gama de seis cultivares incluindo a própria ‘Camarosa’. Teores semelhantes também foram observados em hidroponia (PORTELA et al. 2012a) com a mesma cultivar de DC (303,6 $\mu\text{g g}^{-1}$). Por outro lado, assim como o ocorrido no presente estudo, os teores mais elevados de antocianinas totais foram relatados em experimentos com emprego de substratos. Por exemplo, Pereira et al. (2008) e Ameri et al. (2012) relatam teores de 586 até 2.226,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ com substrato de casca de arroz carbonizada misturada com substrato comercial ‘Plantmax’ e a mistura de vermicomposto, perlita e fibra de coco, respectivamente. Diferentemente do constatado neste estudo com

660 CAC e CAC+CO, Calvete et al. (2007) com a cultivar ‘Oso Grande’ em cultivo vertical
661 concluíram que o teor de antocianinas foi influenciado pelo substrato, intensificando a
662 concentração deste fitoquímico em frutas produzidas nos substrato ‘Horta 2’ ($209,3 \mu\text{g g}^{-1}$).
663 Schmitzer e Stampar (2010) evidenciaram maior acúmulo de antocianinas nas pétalas de
664 rosa híbrida cultivadas em substratos com pH alcalino (7,3). Portanto, a indiferença do
665 efeito do substrato para o teor de antocianinas no presente estudo ($936,9 \mu\text{g g}^{-1}$), cujo valor
666 foi adequado frente aos valores apresentados na literatura, pode ter ocorrido devido à
667 alcalinidade de ambos os substratos (Tabela 1) (SCHMITZER; STAMPAR, 2010).

668 Em morangos, as antocianinas são importantes compostos bioquímicos, pois além de
669 sua importância na qualidade sensorial das frutas, também contribuem com diversos
670 benefícios à saúde do consumidor (AABY et al., 2012). Por isso, é importante esclarecer
671 que o sistema de cultivo em substrato com recirculação da solução nutritiva proporciona
672 frutas com elevado teor de antocianinas, podendo ser mais um atrativo para o
673 desenvolvimento do sistema e comercialização das frutas produzidas.

674 Vários estudos apontaram o morango como uma fruta rica em compostos fenólicos
675 (TULIPANI et al., 2008; CRECENTE-CAMPO et al., 2012; AMERI et al., 2012; FREIRE
676 et al., 2013), dotada de razoável capacidade antioxidante. Quando ingerido com frequência,
677 exerce efeito protetivo/preventivo contra doenças degenerativas, tais como o câncer e
678 doenças cardiovasculares (ANJO et al., 2003). No morango, o teor de compostos fenólicos
679 pode variar em função da cultivar, conforme o observado na Tabela 5, e das condições de
680 cultivo (sistemas de cultivo e condições ambientais). Entretanto, os valores apresentados
681 para ‘Camarosa’ ($7326 \mu\text{g g}^{-1}$) e ‘San Andreas’ ($8531 \mu\text{g g}^{-1}$) foram considerados adequados
682 frente aos resultados relatados por diversos autores. Dados da literatura apontam variações
683 de 1700 a $3000 \mu\text{g g}^{-1}$ (TULIPANI et al. 2008) e de 1764 a $2488 \mu\text{g g}^{-1}$ (FREIRE et al.,
684 2013; GÜNDÜZ; ÖZMIR, 2014) em estudos com diferentes cultivares cultivadas no solo.
685 Por sua vez, Portela et al. (2012a) concluíram que a concentração da solução nutritiva em
686 cultivo hidropônico era capaz de influenciar o acúmulo de compostos fenólicos nas frutas da
687 cultivar ‘Camarosa’, cujos maiores valores (8650 e $8761 \mu\text{g g}^{-1}$) foram obtidos sob
688 concentrações mais baixas (condutividade elétrica de $0,7$ e de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$). À semelhança do
689 constatado por Schmitzer e Stampar (2010) em relação às antocianinas, também existe
690 tendência de elevação dos níveis de compostos fenólicos em substratos com elevado pH
691 (SCHMITZER; STAMPAR; 2009), como os empregados neste pesquisa.

O ácido ascórbico é um importante componente nutricional das frutas de morangueiro. No presente estudo, o substrato não propiciou diferenças nos teores deste fitoquímico, havendo apenas a distinção entre cultivares (Tabela 5). O teor de ácido ascórbico obtido por ‘Camarosa’ ($351,1 \mu\text{g g}^{-1}$) foi significativamente maior ao de ‘San Andreas’ ($265 \mu\text{g g}^{-1}$). Em vista destes resultados, ambos foram considerados quantitativamente moderados frente aos teores de 473 a $508 \mu\text{g g}^{-1}$ com a cultivar ‘Chandler’ (SINGH et al., 2008) e de $419 \mu\text{g g}^{-1}$ com ‘Camarosa’ (ROUSSOS et al., 2009) cultivadas no solo e, de 398 e $561 \mu\text{g g}^{-1}$ com ‘Camarosa’ em hidroponia e substrato, respectivamente (PORTELA et al., 2012a; ADAK; GUBBUK, 2015). Excepcionalmente, há citações de teores mais elevados, na faixa de 712 a $864 \mu\text{g g}^{-1}$ (CRECENTE-CAMPO et al., 2012) e de $1080,5 \mu\text{g g}^{-1}$ (AMERI et al., 2012), porém, ambos com a cultivar ‘Selva’ em cultivo orgânico no solo e em substrato com sistema aberto, respectivamente. Assim, de acordo com o presente estudo e os demais autores citados, pode-se dizer que a síntese de ácido ascórbico (precursor da vitamina C) está relacionada com fatores genéticos, culturais e ambientais.

Por fim, não foram observadas diferenças significativas para o teor de carotenóides totais, cuja média geral das cultivares foi de $110 \mu\text{g g}^{-1}$. Valores extremamente inferiores foram relatados por Zhu et al. (2015) com as cultivares ‘Hong Shi Mei’ ($0,14 \mu\text{g g}^{-1}$), ‘Red Pearl’ ($0,11 \mu\text{g g}^{-1}$), ‘Fu Mei Yi Hao’ ($0,25 \mu\text{g g}^{-1}$), ‘Nyoho’ ($0,25 \mu\text{g g}^{-1}$) e ‘Frandy’ ($0,23 \mu\text{g g}^{-1}$). Apesar dos poucos estudos com carotenóides em morangos terem classificado a fruta como uma modesta fonte do fitoquímico (YANO et al., 2005), os resultados obtidos neste estudo candidatam ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’ a moderadas fontes de carotenóides.

Assim como o fator substrato não interferiu na produção de frutas comerciais das cultivares (Tabela 4), bem como nas duas situações de cultivo a que ‘Camarosa’ foi submetida, o rendimento comercial por unidade de área (kg m^{-2}) também não foi afetado. A produtividade comercial não diferiu significativamente entre as combinações (Tabela 6). O cultivo de 100% de ‘Camarosa’ (C1) produziu $10,3 \text{ kg m}^{-2}$, enquanto que o cultivo de 50% ‘Camarosa’ + 50% ‘San Andreas’ (C2) produziu $10,8 \text{ kg m}^{-2}$. Entretanto, foram registrados maior número de frutas comerciais e não comerciais na combinação, implicando na redução da massa média das frutas ($14,0 \text{ g fruta}^{-1}$). Este comportamento ocorreu devido ao maior número de órgãos drenos (frutos) na planta, levando à maior competição por fotoassimilados (DUARTE et al., 2008).

Dentre as variáveis referentes ao rendimento de frutas, a única alteração ocasionada pela adição de CO ao substrato foi a elevação do rendimento não comercial (550 g m^{-2}), o que representou 4,9% da massa fresca total de frutas. Esse resultado corrobora os dados de Ameri et al. (2012) e Pokhrel et al. (2015) que, respectivamente, também constataram maior percentual de frutas deformadas (36,9%) quando empregado vermicomposto no substrato, e maior percentual de frutas não comerciais (18,7%) quando utilizada fertilização orgânica à base de esterco de frango.

Na literatura não há relatos sobre o rendimento de cultivares de DC e DN em cultivo combinado, porém os resultados do presente estudo foram positivos quando confrontados àqueles de cultivos no solo com as cultivares ‘Diamante’ e ‘Aromas’ ($3,0 \text{ kg m}^{-2}$), e ‘Camarosa’ ($6,4 \text{ kg m}^{-2}$), ambas em sistema orgânico (STRASSBURGER et al., 2010; STRASSBURGER et al., 2011). Por sua vez, em sistema convencional, Resende et al. (2010) e Barros et al. (2015) relataram rendimentos entre 3,9 e $5,7 \text{ kg m}^{-2}$ com ‘Camarosa’.

Os dados de produtividade do morangueiro apresentados em trabalhos científicos são bastante variáveis quando se refere ao cultivo sem solo. Em sistemas abertos com substratos, Ruan et al. (2011) com as cultivares ‘Albion’ e ‘San Andreas’, e Pokhrel et al. (2015) com ‘Sonata’, relataram baixos rendimentos de frutas ($2,7$ e $1,3 \text{ kg m}^{-2}$), ao passo que valores próximos ao obtido no presente estudo, $9,6$ e $12,0 \text{ kg m}^{-2}$, respectivamente, foram constatados por Cantliffe e Stoffella (2003) e Adak e Gubbuk (2015) sob sistema aberto. Não obstante, os poucos estudos com morangueiro sob sistema fechado, ou seja, com a reutilização da solução nutritiva drenada, trazem resultados de produtividade divergentes. Sob hidroponia clássica (NFT), a literatura reporta dados mais baixos, $5,7$ e $2,8 \text{ kg m}^{-2}$, com as cultivares ‘Camarosa’ e ‘Camino Real’ (PORTELA et al., 2012a; PORTELA et al., 2012b). Raros são os trabalhos realizados com a recirculação da solução nutritiva em cultivo com substrato. Neste contexto, Miranda et al. (2014) utilizando fibra de coco, obtiveram rendimentos de frutas inferiores ($3,6$ e $7,0 \text{ kg m}^{-2}$), com ‘Albion’ e ‘Festival’, aos resultados obtidos nesta pesquisa e por Godoi et al. (2009), cujos rendimentos foram maiores com a cultivar ‘Arazá’ em diferentes substratos e estruturas de cultivo ($12,3$ a $14,5 \text{ kg m}^{-2}$).

Embora o rendimento de frutas comerciais tenha sido semelhante entre as duas combinações de cultivares utilizadas (média de $10,55 \text{ kg m}^{-2}$), o grande diferencial da combinação 50% Camarosa + 50% San Andreas (C2) foi a promoção da distribuição da

756 colheita ao longo de nove meses (Figura 2). Conforme o observado na Figura 2, o cultivo
757 solteiro de ‘Camarosa’ obteve produtividade superior ao cultivo combinado com ‘San
758 Andeas’ durante todo o seu período produtivo, paralisando a produção de frutas no final do
759 mês de dezembro. Este comportamento, típico de cultivares de DC, é genético e responde à
760 interação entre fotoperíodo e temperatura (SANTOS, 2003; SERÇE; HANCOCK, 2005;
761 STEWART; FOLTA, 2010; VERHEUL et al., 2006; BRADFORD et al., 2010).

762 No final do inverno e início da primavera, com a elevação gradual do fotoperíodo e
763 da temperatura, há gradativa evolução do crescimento vegetativo e do florescimento do
764 morangueiro de DC. Neste período, além da frutificação, estas cultivares incrementam o
765 diâmetro da coroa, o número e o tamanho das folhas, atingindo a máxima área foliar em
766 novembro/dezembro. Paralelamente, também ocorre a iniciação de estolões. Ao final da
767 primavera, em condições de fotoperíodo maior que 12-14 h e temperaturas superiores a
768 28°C, a planta é estimulada a iniciar a produção de estolões, com contínuo detrimento da
769 emissão de inflorescências, até a inibição total do florescimento no verão (SANTOS, 2003).

770 Por outro lado, apesar da combinação produzir menos durante o período tradicional
771 (agosto a dezembro), seu emprego tornou possível a colheita de frutas nos meses mais
772 quentes do ano (Figura 1 e 2) e início do outono (janeiro a abril), período no qual o produto
773 atinge seu maior valor de venda (OTTO et al., 2009; SPECHT; BLUME, 2011). A produção
774 fora da tradicional época se deve a cultivar de DN ‘San Andreas’, a qual tem reduzida
775 sensibilidade ao fotoperíodo. Para as cultivares de DN, a temperatura ótima para a produção
776 de gemas floríferas situa-se entre 18 e 26°C, sendo que a elevação da temperatura (acima de
777 28–30°C) resulta na redução do número de flores, podendo, inclusive, o florescimento ser
778 totalmente inibido.

779 Este comportamento foi rigorosamente evidenciado na prática. De acordo com os
780 dados de temperatura do ar (Figura 1), foram registradas médias de temperatura máxima
781 equivalentes a 32,8, 32,6 e 32,4°C, respectivamente, em janeiro, fevereiro e março. Por isso,
782 houve declínio da produtividade nos meses de março e abril (Figura 2).

783 Por outro lado, temperaturas extremamente baixas (inferiores a 10°C) também
784 causam inibição do florescimento, principalmente nas cultivares de DN, motivado pela
785 redução e/ou desaceleração do metabolismo e crescimento da planta, o que pode justificar a
786 menor produtividade da combinação no mês de agosto, tendo em vista as baixas
787 temperaturas reinantes entre junho e julho (Figura 1). Porém, a presença da cultivar de DC

na área de produção pode garantir uma colheita de frutas neste mês, quando os preços ainda se encontram bastante elevados.

A massa fresca média geral de frutas não foi influenciada pelo substrato e pela combinação a qual ‘Camarosa’ foi submetida, atingindo os respectivos valores médios de 14,57 e 15,43 g fruta⁻¹. Porém, a cultivar ‘San Andreas’, que integrou a combinação junto à ‘Camarosa’, apresentou menor massa fresca média de frutas (12,84 g fruta⁻¹). Esta reação é explicada pelo maior número de frutas de ‘San Andreas’ (63,7 frutas planta⁻¹) em relação à média de ‘Camarosa’ (51,4 frutas planta⁻¹). Logo, as frutas da cultivar de DC drenaram mais fotoassimilados por fruta visto que a competição era menor. Comportamento similar também foi observado por Resende et al. (2010) com diferentes cultivares e ambientes de cultivo, tendo sua explicação baseada no princípio da relação fonte:dreno (DUARTE et al., 2008).

4.7. Conclusões

A adição de composto orgânico ‘Ecocitrus’ ao substrato e o cultivo combinado da cultivar ‘Camarosa’ com a cultivar ‘San Andreas’ não influenciam o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas de ‘Camarosa’.

Para a cultivar ‘San Andreas’, a adição do composto orgânico à casca de arroz carbonizada diminui o crescimento vegetativo.

‘Camarosa’ possui maior teor de antocianinas e ácido ascórbico do que ‘San Andreas’, independentemente da combinação de cultivares.

O cultivo combinado da cultivar de dia curto ‘Camarosa’ com a cultivar de dia neutro ‘San Andreas’ proporciona melhor distribuição da colheita, sem prejuízos no rendimento total da cultura.

4.8. Agradecimentos

À CAPES, ao CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

4.9. Referências

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, p. 86-97, 2012.

- 820 ADAK, N.; GUBBUK, H. Effect of planting systems and growing media on earliness, yield
821 and quality of strawberry cultivation under soilless culture. **Notulae Botanicae Horti**
822 **Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 43, n. 1, p. 204-209, 2015.
- 823 AKHATOU, I.; RECAMALES, A. F. Influence of cultivar and culture system on nutritional
824 and organoleptic quality of strawberry. **Journal of the science of food and agriculture**, v.
825 94, p. 866-875, 2013.
- 826 AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; DAVARYNEJAD, G. H.; SHOOR, M. The effects of
827 substrate and cultivar in quality of strawberry. **Journal of Biological & Environmental**
828 **Sciences**, Turkey, v. 17, n. 6, p. 181-188, 2012.
- 829 ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e frutos de
830 morangueiro cultivados em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura**
831 **Brasileira**, Brasília v.20, p.24-27, 2002.
- 832 ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHIMTT, O. J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F. L.;
833 ERPEN, L. Doses de Potássio e Cálcio no crescimento da planta, na produção e na
834 qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.
835 40, n. 2, p. 267-272, 2010.
- 836 ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular**
837 **Brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- 838 ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER
839 JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.
840 28, n. 2, p. 222-226, 2010.
- 841 BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de
842 crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**,
843 Campinas, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006.
- 844 BARROS, M. C.; GARCIA, S. M. Comportamiento productivo de variedades de frutilla
845 (*Fragaria ananassa* Duch.) según fecha de enraizado em el noroeste del Uruguay.
846 **Agrociencia**, Uruguay, v. 19, n. 2, p. 17-25, 2015.

- 847 BARSAN, C.; BEL, P. S.; ROMBALDI, C.; EA, I.; ROSSIGNOL, M.; KUNTZ, M.;
848 ZOUINE, M.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Characteristics of the tomato
849 chromoplast revealed by proteomic analysis. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 9,
850 p. 2413-2431, 2010.
- 851 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed.
852 Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- 853 BORTOLOZZO, A. R.; SANHUEZA, R. M. V.; BOTTON, M.; MELO, G. W. B. de;
854 KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.;
855 FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.
856 Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (**Circular Técnica**, 62), 2005, 23 p.
- 857 BRADFORD, E.; HANCOCK, J. F.; WARNER, R. M. Interactions of temperature and
858 photoperiod determine expression of repeat flowering in strawberry. **J. Amer. Soc. Hort.**
859 **Sci.**, v. 135, n. 2, p. 102-107, 2010.
- 860 CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI, F.;
861 FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro
862 em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**,
863 Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.
- 864 CAMACARO, M. P.; CAREW, J.; BATTEY, N. Efecto de la densidad de plantación sobre
865 el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa cv. Elsanta. **Bioagro**, v. 17, n. 1, p. 11-
866 15, 2005.
- 867 CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONÇA, H.
868 F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture Systems in the production and quality of strawberry
869 cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.
- 870 COCCO, C.; FERREIRA, L. V.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L.
871 E. C. Strawberry yield submitted to different root pruning intensities of transplants. **Revista**
872 **brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1284-1288, 2012.
- 873 COGO, S. L. P.; CHAVES, F. C.; SHIRMER, M. A.; ZAMBIASI, R. C.; NORA, L.;
874 SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Low soil water content during growth contributes to

- 875 preservation of green colour and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brasica*
876 *oleraceae* L.) florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 158-163, 2011.
- 877 CORREIA, P. J.; PESTANA, M.; MARTINEZ, F.; RIBEIRO, E.; GAMA, F.;
878 SAAVEDRA, T.; PALENCIA, P. Relationships between strawberry fruits quality attributes
879 and crop load. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 398-403, 2011.
- 880 CRECENTE-CAMPO, J.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M. A.;
881 VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M. L. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic
882 compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria ananassa*
883 Duch., Cv. Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 23-30, 2012.
- 884 DEMIRSOY, L.; DEMIRSOY, H.; BALCI, G. Different growing conditions nutrient
885 content, fruit yield and growth in strawberry. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 44,
886 n. 1, p. 125-129, 2012.
- 887 DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; MONTEZANO, E. M. Crescimento de frutos do meloeiro
888 sob diferentes relações fonte:dreno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 342-
889 347, 2008.
- 890 FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de
891 alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-
892 214, 2005.
- 893 FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R.
894 Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de
895 acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2291-2296,
896 2013.
- 897 FURLANI, P. R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em
898 ambiente protegido. In: **Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e**
899 **frutas nativas do mercosul**, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al.
900 (Ed.). EMBRAPA, 2004. p.102-115. (Documentos 124).
- 901 GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência**
902 **Rural**, Santa Maria, v.38, p.273-279, 2008.

- 903 GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUÉZ, G. G.; JÄNISCH, D. I.; CARDOSO, F.
904 L.; VAZ, M. A. B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo
905 sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p.684-690, 2009.
- 906 GÜNDÜZ, K.; ÖZDEMİR, E. The effects of genotype and growing conditions on
907 antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry.
908 **Food Chemistry**, v. 155, p. 298-303, 2014.
- 909 HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de La production**. Paris: CTIFL,
910 1997. 299 p.
- 911 JAFARNIA, S.; KHOSROWSHAHI, S.; HATAMZADEH, A.; TEHRANIFAR, A. Effect
912 of substrate and variety on some important quality and quantity characteristics of strawberry
913 production in vertical hydroponics system. **Advances in Environmental Biology**, Jordan,
914 v. 4, n. 3, p. 360-363, 2010.
- 915 KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: técnicas de preparo de**
916 **substratos**. Brasília: LK editora e comunicação, 2006. 132 p.
- 917 KOVACEVIC, D. B.; PUTNIK, P.; DRAGOVIC-UZELAC, V.; VAHCIC, N.;
918 BABOJELIC, M. S.; LEVAJ, B. Influences of organically and conventionally grown
919 strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. **Food**
920 **Chemistry**, v. 181, p. 94-100, 2015.
- 921 KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a
922 classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, p. 171-
923 182, 2001.
- 924 KUISMA, E.; PALONEN, P.; YLI-HALLA, M. Reed canary grass straw as a substrate in
925 soilless cultivation of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 217-223, 2014.
- 926 LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries.
927 **HortScience**, v. 7, p. 83-84, 1972.

- 928 LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: LA FRAGOLA VERSO IL 2000. **Convegno**
 929 **Nazionale**. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di, 1998.
 930 p.83-94.
- 931 MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de
 932 colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de**
 933 **Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.
- 934 MARINOU, E.; CHRYSARGYRIS, A.; TZORTZAKIS, N. Use of sawdust, coco soil, and
 935 pumice in hydroponically grown strawberry. **Plant, soil and environment**, Czech Republic,
 936 v. 59, n. 10, p. 452-459, 2013.
- 937 MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; CARINI, F.; ROSA, D. S. B.; LAGO, I. Análise do
 938 crescimento de genótipos de minimelancia em hidroponia. **Interciência**, Caracas, v. 41, n.
 939 1, p. 67-74, 2016.
- 940 MEDEIROS, C.A; STRASSBURGER, A.S; ANTUNES, L.E.C. Avaliação de substratos
 941 constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura**
 942 **brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2 (Suplemento – CD Rom), S4827-4831, 2008.
- 943 MEDEIROS, L. A. M.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRÈRE, R.
 944 A. G. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa
 945 plástica com fertirrigação em substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 199-
 946 204, 2001.
- 947 MEDRANO, E.; LORENZO, P.; SANCHEZ-GUERRERO, M. C.; MONTERO, J. I.
 948 Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low
 949 radiation conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 163-175, 2005.
- 950 MIRANDA, S. R.; SILVA, V. B.; SANTOS, F. S. R.; ROSSETTI, A. G.; SILVA, C. de F.
 951 B. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic system and coconut fibre
 952 substrate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 833-841, 2014.
- 953 OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de
 954 diferentes períodos de vernalização de mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1,
 955 p. 91-95, 2009.

- 956 OTTO, R. F.; MORAKAMI, R. K.; REGHIN, M. Y.; CAIRES, E. F. Cultivares de morango
957 de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura**
958 **Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 217-221, 2009.
- 959 PARANJPE, A. V.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, E. M. L. P. J.; POWELL, C. Winter
960 strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl
961 bromide soil fumigation. **Proc. Fla. State. Hort. Soc.**, v. 116, p. 98-105, 2003.
- 962 PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Growth and biomass allocation to the fruits in cucumber:
963 effect of plant density and arrangement. **Acta Horticulture**, v. 588, p. 75-80, 2002.
- 964 PEREIRA, I. S.; ANTUNES, L. E. C.; SILVEIRA, C. A. P., MESSIAS, R. S.; PILLON, C.
965 N. Avaliação de diferentes substratos a base de Plantimax[®] para o cultivo de morangueiro
966 (*Fragaria ananassa* Duch) fora de solo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**,
967 Brasília, v. 26, n. 2, S3794-S3798, 2008.
- 968 PIPATTANAWONG, R.; YAMANE, K.; FUJISHIGE, N.; BANG, S.; YAMAKI, Y.
969 Effects of high temperature on pollen quality, ovule fertilization and development of
970 embryo and achene in ‘Tochiotome’ strawberry. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, v. 78, n. 3, p.
971 300-306, 2009.
- 972 POKHREL, B.; LAURSEN, K. H.; PETERSEN, K. K. Yield, quality, e nutrient
973 concentrations of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. ‘Sonata’) grown with different
974 organic fertilizer strategies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 5578-
975 5586, 2015.
- 976 PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes
977 no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura**
978 **Brasileira**, Brasília v.30, n.2, p.281-288, 2012a.
- 979 PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio,
980 crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em
981 hidroponia. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012b.
- 982 RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.;
983 MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro

- 984 em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.
985 29, n. 3, p. 287-291, 2011.
- 986 RAHIMI, A.; BIGLARIFARD, A.; MIRDEHGHAN, H.; BORGHEI, S. F. Influence of
987 NaCl salinity on growth analysis of strawberry cv. Camarosa. **Journal of Stress Physiology**
988 **& Biochemistry**, v. 7, n. 4, p. 145-156, 2011.
- 989 RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RISSINI, A. L. L.; CAMARGO,
990 L. K. P.; CAMARGO, C. K. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares
991 de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p.
992 185-189, 2010.
- 993 ROMBALDI, C. V.; TIBOLA, C. S.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. A. Percepção de
994 consumidores do Rio Grande do Sul em relação a quesitos de qualidade em frutas. **Revista**
995 **Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 681-684, 2007.
- 996 ROUSSOS, P. A.; DENAXA, N-K.; DAMVAKARIS, T. Strawberry fruit quality attributes
997 after application of plant growth stimulating compounds. **Scientia Horticulturae**, v. 119, p.
998 138-146, 2009.
- 999 RUAN, J.; YEOUNG, Y. R.; LARSON, K. D. Influence of cultivar, planting date, and
1000 planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea.
1001 **Horticulture, environment, and biotechnology**, Korea, v. 52, n. 6, p. 567-575, 2011.
- 1002 SANTOS, A. M. Cultivares. In: SANTOS, A.M. & MEDEIROS, A.R.M (ed.). **Morango**
1003 **Produção**. Brasília. Embrapa informação tecnológica. P. 24-30, 2003.
- 1004 SCHMITZER, V.; STAMPAR, F. Changes in anthocyanin and selected phenolics in
1005 Korcrisett rose flowers due to substrate pH and foliar application of sucrose. **Acta**
1006 **Hortiscience**, v. 870, p. 89-96, 2009.
- 1007 SCHMITZER, V.; STAMPAR, F. Substrate pH level effects on anthocyanins and selected
1008 phenolics in *Rosa x Hibrida* L. 'KORcrisett'. **Acta Agriculturae slovenica**, v. 95, p. 5-11,
1009 2010.

- 1010 SERÇE, S.; HANCOCK, J.F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and
 1011 runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*.
 1012 **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.167–177, 2005.
- 1013 SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Gene
 1014 transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during
 1015 developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v. 126, p. 995-1000,
 1016 2011.
- 1017 SILVA, M. S.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Desempenho produtivo e qualidade de
 1018 frutos de morangueiros produzidos no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**,
 1019 Brasília, v. 33, n. 2, p. 251-256, 2015.
- 1020 SINGH, R.; SHARMA, R. R.; KUMAR, S.; GUPTA, R. K.; PATIL, R. T. Vermicompost
 1021 substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry
 1022 (*Fragaria ananassa* Duch.). **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8507-8511, 2008.
- 1023 SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A., Jr. Colorimetry of total phenolic with
 1024 phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and**
 1025 **Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.
- 1026 SONNEVELD C; STRAVER N. 1994. **Nutrient solution for vegetables and flowers**
 1027 **grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw
 1028 onder Glas Te Naaldwijk. 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8).
- 1029 SPECHT, S.; BLUME, R. A competitividade da cadeia do morango no Rio Grande do Sul.
 1030 **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, p. 35-59, 2011.
- 1031 STEWART, P. J.; FOLTA, K. M. A review of photoperiodic flowering research in
 1032 strawberry (*Fragaria* spp.). **Plant Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-13, 2010.
- 1033 STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. S.;
 1034 MEDEIROS, C. A. B.; Crescimento de morangueiro: influência da cultivar e da posição da
 1035 planta no canteiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 223-226, 2011.

- 1036 STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MEDEIROS, C. A. B.;
 1037 MARTINS, D. S.; SILVA, J. B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro
 1038 de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico.
 1039 **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.
- 1040 TAIZ, L.; ZAIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 4 Ed: Artmed.
- 1041 TREUTTER, D. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and
 1042 breeding – visions and constraints. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, n.
 1043 3, p. 807-857, 2010.
- 1044 TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; CAPOCASA, F.; BOMPADRE, S.; BEEKWILDER, J.;
 1045 DE VOS, C. H. R.; CAPANOGLU, E.; BOVY, A.; BATTINO, M. Antioxidants, phenolic
 1046 compounds and nutritional quality of different strawberry genotypes. **Journal of**
 1047 **Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 696-704, 2008.
- 1048 VANDENDRIESSCHE, T.; VERMEIR, S.; MARTINEZ, C. M.; HENDRICKX, Y.;
 1049 LAMMERTYN, J.; NICOLAÏ, B. M.; HERTOOG, M. L. A. T. M. Effect of ripening and
 1050 inter-cultivar differences on strawberry quality. **Food Science and Technology**, v. 52, p.
 1051 62-70, 2013.
- 1052 VERHEUL, M. J.; SONSTEBY, A.; GRIMSTAD, S. O. Interactions of photoperiod,
 1053 temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering of *Fragaria x*
 1054 *ananassa* Duch. Cv. Korona. **Scientia Horticulturae**, v. 107, p. 164-170, 2006.
- 1055 VIGNOLO, J. K.; ARAÚJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E.
 1056 C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência**
 1057 **rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011.
- 1058 VINCI, G.; ROT, F.; MELE, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic
 1059 investigation. **Food Chemistry**, v. 53, p. 211-214, 1995.
- 1060 VIZZOTTO, M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.; OKIE, W.R.; RAMMING,
 1061 D.W. Total phenolic, carotenoids, and anthocyanin content and antioxidant activity of peach
 1062 and plum genotypes. **Acta Horticulturae**, v. 713, p. 453-455, 2006.

- 1063 WANG, S. Y.; CAMP, M. J. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality
1064 of strawberry. *Scientia Horticulturae*, v. 85, p. 183-199, 2000.
- 1065 YANO, M.; KATO, M.; IKOMA, Y.; KAWASAKI, A.; FUKAZAWA, Y.; SUGIURA, M.;
1066 MATSUMOTO, H.; OOHARA, Y.; NAGAO, A.; OGAWA, K. **Food Science and**
1067 **Technology research**, v. 11, n. 1, p. 13-18, 2005.
- 1068 ZHU, H.; CHEN, M.; WEN, Q.; LI, Y. Isolation and characterization of the carotenoid
1069 biosynthetic genes LCYB, LCYE and CHXB from strawberry and their relation to
1070 carotenoid accumulation. *Scientia Horticulturae*, v. 182, p.134-144, 2015.

1071 **TABELA 1.** Caracterização física e química dos substratos à base de casca de arroz carbonizada (CAC) e composto orgânico (CO)

1072

	Física			Química	
	CAC	CAC+CO		CAC	CAC+CO
Densidade Úmida (g l ⁻¹)	176	367	C. Orgânico (g kg ⁻¹)	178,26	174,30
Matéria Seca (%)	78	67	N Total (g kg ⁻¹)	4,46	9,64
Densidade Seca (g l ⁻¹)	138	248	P Total (g kg ⁻¹)	1,71	3,12
Porosidade Total (%)	82	82	K Total (g kg ⁻¹)	3,02	4,78
Espaço de Aeração (%)	30	22	Ca Total (g kg ⁻¹)	0,97	105,69
ÁFD* (%)	42	43	Mg Total (g kg ⁻¹)	0,89	3,47
CRA** à 10 cm (%)	51	60	Cu Total (mg kg ⁻¹)	5,88	25,48
CRA à 50 cm (%)	10	17	Zn Total (mg kg ⁻¹)	16,03	37,23
CE (dS m ⁻¹)	0,08	0,22	Fe Total (mg kg ⁻¹)	468,41	3095,09
pH em água	7,27	7,14	Mn Total (mg kg ⁻¹)	249,88	272,21
----	----	----	C/N	40:1	18:1

1073 *Água Facilmente Disponível; ** Capacidade de Retenção de Água

1074

1075

1076

1077

1078

1079

TABELA 2. Efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação das cultivares Camarosa/San Andreas sobre a produção de massa seca de plantas de morangueiro cultivadas em sistema com recirculação do lixiviado

Efeito	Produção de massa seca (g planta ⁻¹)				
	Folhas	Coroa	Fração Vegetativa	Frutas	Total
Camarosa					
Substrato					
CAC+CO	37,32 ^{ns}	15,57 ^{ns}	52,88 ^{ns}	68,58 [*]	121,47 ^{ns}
CAC	40,61	16,13	56,74	63,77	120,51
Combinação					
Camarosa solteiro	36,76 ^{ns}	15,21 ^{ns}	51,97 ^{ns}	64,51 ^{ns}	116,48 ^{ns}
Camarosa combinado	41,20	16,49	57,66	67,85	125,50
Interação	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	19,49	12,59	17,36	7,17	9,60
San Andreas combinado					
CAC+CO	91,51 ^{**}	28,14 ^{**}	119,65 ^{**}	65,67 ^{ns}	185,32 ^{**}
CAC	105,33	41,21	146,54	68,42	214,96
CV(%)	3,34	7,06	3,75	10,41	5,01

^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05); ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01); ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05).

TABELA 3. Efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação das cultivares Camarosa/San Andreas sobre a partição de massa seca (MS) na planta, o conteúdo de massa seca nas frutas (CMSF), o índice de área foliar (IAF), a razão de área foliar (RAF) e a área foliar específica (AFE) de plantas de morangueiro cultivadas em sistema com recirculação do lixiviado

Efeito	Partição de MS (%)			CMSF (%)	IAF	RAF	AFE
	Folhas	Coroa	Frutas			(cm ² g ⁻¹)	
Camarosa							
Substrato							
CAC+CO	30,6 ^{ns}	12,8 ^{ns}	56,6 ^{ns}	8,1 ^{ns}	4,4 ^{ns}	27,1*	88,7 ^{ns}
CAC	33,5	13,4	53,1	8,0	4,9	30,4	90,7
Combinação							
Camarosa solteiro	31,5 ^{ns}	13,1 ^{ns}	55,4 ^{ns}	7,9*	4,2*	27,3 ^{ns}	86,5*
Camarosa combinado	32,5	13,2	54,3	8,1	5,1	30,1	92,9
Interação	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
CV(%)	11,4	6,0	7,7	1,7	19,9	12,4	5,9
San Andreas combinado							
CAC+CO	49,4 ^{ns}	15,2**	35,4*	7,8 ^{ns}	3,2 ^{ns}	47,2*	95,5**
CAC	49,0	19,2	31,7	7,6	3,7	44,5	90,7
CV(%)	2,5	7,2	6,1	2,7	11,1	3,4	1,7

^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05).

1097 **TABELA 4.** Efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação das cultivares Camarosa/San Andreas
 1098 sobre o índice de colheita (IC), a produção, o teor de sólidos solúveis totais (SST), o pH, a acidez total titulável (ATT) e a cor de frutas de
 1099 morangueiro cultivadas em sistema com recirculação do lixiviado

1100

Efeito	IC	Produção (g planta ⁻¹)		SST (°Brix)	pH	ATT (%ácido cítrico)	Cor (°Hue)
		Total	Comercial				
-----Camarosa-----		-----Camarosa/San Andreas-----					
Substrato							
CAC+CO	0,76 ^{ns}	848,2*	810,9 ^{ns}	7,5 ^{ns}	3,3 ^{ns}	0,74*	31,8 ^{ns}
CAC	0,73	798,7	773,2	7,5	3,2	0,75	31,4
Combinação							
Camarosa solteiro	0,75 ^{ns}	811,3 ^{ns}	778,7 ^{ns}	7,3 b	3,3 ^{ns}	0,75 a	29,7 b
Camarosa combinado	0,74	835,7	805,4	7,3 b	3,3	0,75 a	29,8 b
San Andreas combinado	----	----	----	7,8 a	3,2	0,73 b	35,2 a
Interação	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV(%)	4,3	6,2	5,8	2,5	3,0	0,7	1,6
San Andreas combinado							
CAC+CO	0,59*	839,8 ^{ns}	787,9 ^{ns}	----	----	----	----
CAC	0,54	898,1	845,1	----	----	----	----
CV(%)	4,8	11,8	11,5	----	----	----	----

1101 ^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05). Letras idênticas na coluna não
 1102 diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

1103

1104

TABELA 5. Efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação das cultivares ‘Camarosa’/‘San Andreas’ sobre a firmeza e a composição fitoquímica de frutas de morangueiro cultivadas em sistema com recirculação do lixiviado

Tratamento	Firmeza (N)	Antocianinas Totais (µg g ⁻¹)	Compostos Fenólicos (µg g ⁻¹)	Ácido L-ascórbico (µg g ⁻¹)	Carotenóides totais (µg g ⁻¹)
Substrato					
CAC+CO	4,2 ^{ns}	940,0 ^{ns}	7768,8 ^{ns}	322,2 ^{ns}	106,4 ^{ns}
CAC	4,3	933,9	7686,7	322,5	113,4
Combinação					
Camarosa solteiro	3,5 b	1030,0 a	7312,2 b	348,7 a	104,7 a
Camarosa combinado	3,5 b	1030,0 a	7339,8 b	353,5 a	103,2 a
San Andreas combinado	5,7 a	751,0 b	8531,2 a	265,0 b	122,0 a
Interação	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	5,7	3,1	3,8	6,7	15,8

^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05). Letras idênticas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

1116 **TABELA 6.** Efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada e da combinação das cultivares Camarosa/San Andreas
 1117 sobre o número, a massa média e o rendimento geral de frutas de morangueiro cultivadas em sistema com recirculação do lixiviado
 1118

Tratamento	Número de frutas (Nº m ⁻²)		Massa média (g fruta ⁻¹)	Rendimento (kg m ⁻²)	
	Comerciais	Não comerciais		Comercial	Não comercial
Substrato					
CAC+CO	726,8 ^{ns}	101,7 ^{ns}	14,7 ^{ns}	10,6 ^{ns}	0,55*
CAC	715,4	86,5	14,8	10,5	0,43
Combinação					
Solteiro	669,4*	76,8*	15,5*	10,3 ^{ns}	0,43*
Combinado	772,8	111,4	14,0	10,8	0,55
Interação	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	6,6	21,6	3,2	5,4	22,4

1119 ^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05).
 1120
 1121
 1122
 1123
 1124
 1125
 1126

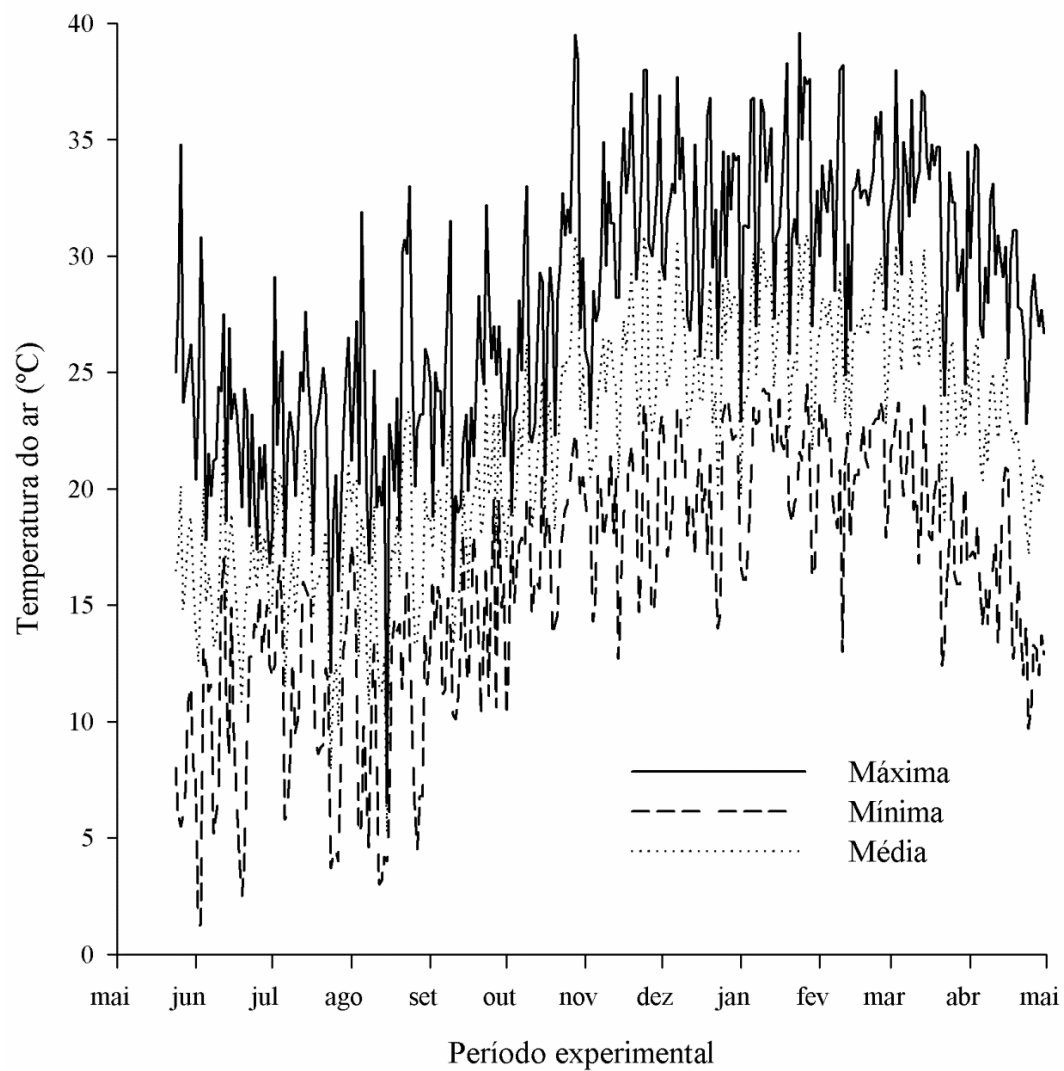


FIGURA 1. Evolução da temperatura média, mínima e máxima diária do ar (°C) registradas no interior do ambiente protegido durante o período experimental do cultivo do morangueiro em substrato com solução nutritiva recirculante

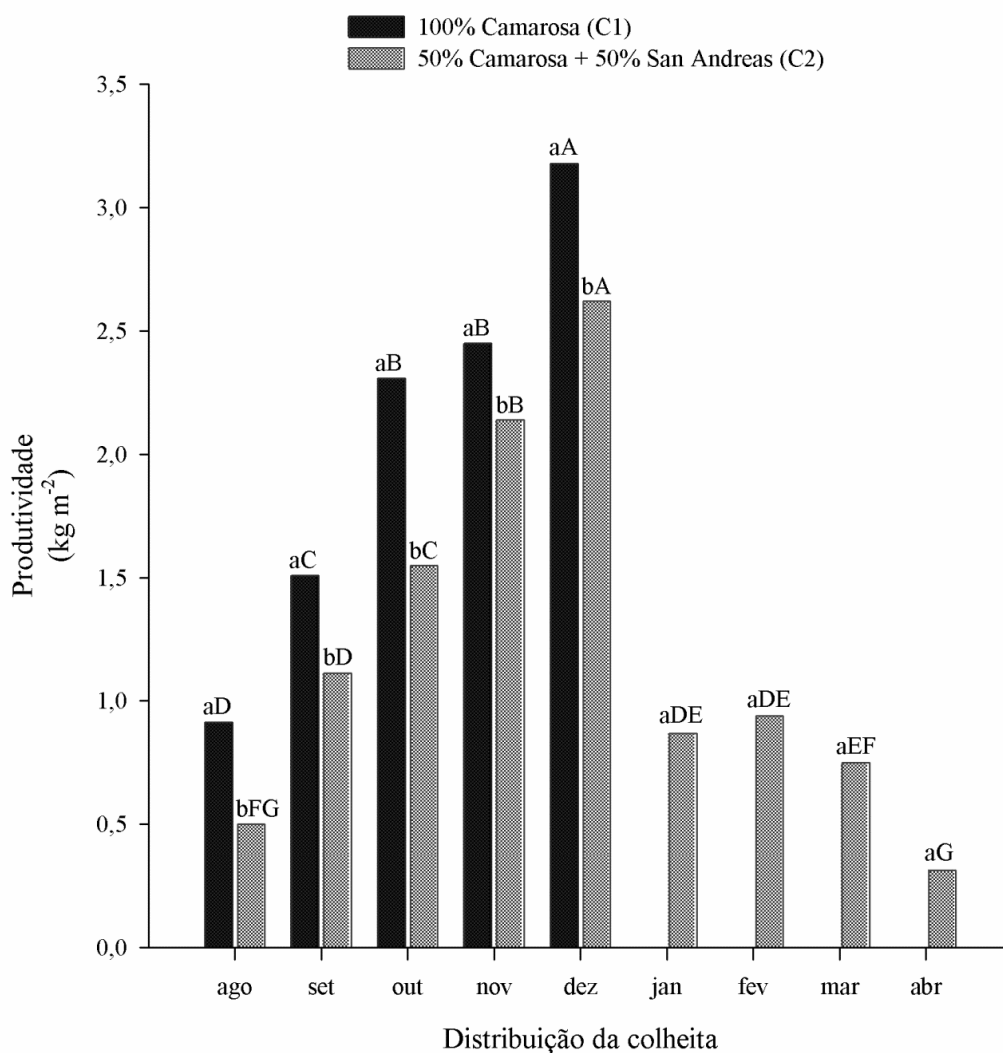


FIGURA 2. Distribuição da produção de frutas comerciais em função do emprego de diferentes combinações de cultivares de morangueiro cultivadas sob sistema de cultivo em substrato com solução nutritiva recirculante. Letras minúsculas idênticas entre as combinações no mês e maiúsculas idênticas nas combinações entre os meses de colheita, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

5. Artigo 2

Morangueiro cultivado em substrato com solução nutritiva recirculante: adição de composto orgânico ao substrato e mudas produzidas nas condições locais

(Segundo norma da Revista Brasileira de Fruticultura)

5. Artigo 2. MORANGUEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA RECIRCULANTE: ADIÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO AO SUBSTRATO E MUDAS PRODUZIDAS NAS CONDIÇÕES LOCAIS

GABRIEL NACHTIGALL MARQUES¹, ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL²,
PAULO ROBERTO GROLI³, THIAGO FREITAS DA LUZ⁴, FERNANDA CARINI⁵,
LAÍS PERÍN⁶

5.1. Resumo- O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em substrato com a coleta e a recirculação da solução nutritiva drenada (sistema fechado) representa a possibilidade de um sistema de produção intensivo e com baixo impacto ambiental. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da adição de composto orgânico ao substrato, das cultivares e da procedência da muda sobre o crescimento da planta e sobre a produtividade de frutas quando produzidas em substrato com solução nutritiva recirculante. Foram estudados três fatores experimentais: 1) substrato: casca de arroz carbonizada (CAC) e a adição de 20% de composto orgânico (CO) à CAC (CAC+CO); 2) cultivares: ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’; e 3) procedência da muda: importada do Chile e mudas obtidas a partir de estolões enraizados a partir de plantas produtivas. O crescimento e o rendimento comercial da planta não foram influenciados pela adição de CO à CAC. Entretanto, a adição de CO repercutiu em maior rendimento não comercial (0,51 kg m⁻²) e menor massa fresca média (14,45 g fruta⁻¹). As mudas de ‘San Andreas’ e ‘Camarosa’ enraizadas superaram as importadas em relação ao número de frutas (52,8 e 42,2 frutas planta⁻¹), porém, as mudas importadas proporcionaram maior massa fresca média de frutas, 16,9 e 15,5 g fruta⁻¹, respectivamente. ‘San Andreas’ com mudas de estolões enraizados produziu 732,9 g planta⁻¹, valor superior ao obtido com as mudas importadas, e 44,9% desta

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: gabrielnmarques@hotmail.com

² Prof. Eng. Agr. Dr^a., Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: rmnpeil@gmail.com

³ Prof. Eng. Agr. Dr^a., Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: prgrolli@gmail.com

⁴ Aluno de Graduação do curso de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: thiagoluz@gmail.com

⁵ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: carini.fc@gmail.com

⁶ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS. E-mail: laisp.agro@gmail.com

produção foi colhida nos meses de julho e agosto. Para ‘Camarosa’, não houve diferenças em relação ao rendimento de mudas locais e importadas. Os resultados permitem concluir que a adição de CO à CAC não influencia o crescimento da planta e o rendimento de frutas comerciais. As mudas importadas do Chile proporcionam frutas de maior tamanho. A cultivar ‘San Andreas’ procedente de estolões enraizados nos leitos de cultivo, sob condições locais naturais, garante a antecipação da colheita, bem como a maior produção e rendimento de frutas.

Termos para indexação: *Fragaria x ananassa* Duch., cultivo sem solo, crescimento da planta, rendimento de frutas, sistema fechado, enraizamento de estolões

STRAWBERRY CROP IN SUBSTRATE WITH NUTRIENT SOLUTION RECIRCULATION: ADDITION OF ORGANIC COMPOST TO SUBSTRATE AND TIPS PRODUCED IN LOCAL CONDITIONS

5.2. Abstract- The strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in substrate with the gathering and recirculation of drained nutrient solution (closed system) is the possibility of an intensive production system and with low environmental impact. In this sense, the purpose of this study was to evaluate the effects of addition organic compost to the substrate, cultivars and tips origin on plant growth and the fruit yield when crop under substrate with nutrient solution recirculation. Three experimental factors were studied: 1) substrate: carbonized rice husk (CRH) and the addition of 20% organic compost (OC) to the CRH (CRH+OC); 2) cultivar: ‘Camarosa’ and ‘San Andreas’; e 3) tips origin: imported from Chile and tips obtained from rooted runners as of productive plants. The growth and marketable yield were not affected by the addition of OC to the CRH. However, the addition of OC reflected in higher non-marketable yield (0.51 kg m^{-2}) and lower average fresh mass ($14.45 \text{ g fruit}^{-1}$). Tips rooted of ‘San Andreas’ and ‘Camarosa’ were higher than imported tips in the number of fruits (52.8 and $42.2 \text{ fruits plant}^{-1}$), however, the imported tips provided higher average fresh mass of fruits, 16.9 and $15.5 \text{ g fruit}^{-1}$, respectively. ‘San Andreas’ with rooted runners tips produced $732.9 \text{ g plant}^{-1}$, higher than obtained with imported tips, and 44.9% of this production was harvested in July and August. For ‘Camarosa’, there was no difference in relation to the fruit yield of local rooted and imported tips. In conclusion, the addition of OC to the CRH does not influence plant growth

and marketable fruits yield. The tips imported from Chile produce higher size fruits. The ‘San Andreas’ cultivar proceeding from rooted runners in bags of cultivation under natural local conditions, ensures the early harvest, as well as increase production and fruit yield.

Index terms: *Fragaria x ananassa* Duch., soilless cultivation, plant growth, fruit yield, closed system, rooted runners.

5.3. Introdução

Desde o início da última década, o emprego de substratos tem sido uma excelente alternativa para a produção de morangueiro no centro-norte da Flórida (PARANJPE et al., 2003). A técnica também foi difundida em algumas regiões da Europa e, principalmente, em países do oriente médio como a Turquia e o Irã (LIETEN et al., 2004; ADAK; GUBBUK, 2015; EBRAHIMI et al., 2012; AMERI et al., 2012a). No sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, nos últimos anos, observa-se maior expressividade do cultivo do morangueiro em substrato, especialmente na região que compreende a Serra Gaúcha e os Campos de Cima da Serra (BORTOLOZZO, 2007; RADIN et al., 2011). O principal motivo desta substancial adoção está atrelado a fatores como a otimização da mão-de-obra, a elevada rentabilidade da cultura e o menor uso de agrotóxicos.

O substrato considerado ideal, por vários autores, para culturas hortícolas deve possuir elevada capacidade de retenção de água, fácil drenagem, adequada aeração e estabilidade química (AHMAD et al., 2012; AMERI et al., 2012b). Devido a estas características, a fibra de coco, a turfa e a perlita tem sido muito utilizadas no cultivo de morangueiro (ADAK; GUBBUK, 2015; MIRANDA et al., 2014; EBRAHIMI et al., 2012; JAFARNIA et al., 2010; MARINOU et al., 2013; RUAN et al., 2011; AKHATOU; RECAMALES, 2013). Entretanto, fatores como o custo de aquisição, a disponibilidade do material na região e a possibilidade do emprego de materiais considerados resíduos também devem ser considerados na escolha do substrato (YAVARY et al., 2009; MARTÍNEZ et al., 2011; ALTIERI et al., 2014).

As pesquisas e as produções comerciais com morangueiro em substrato são, majoritariamente, conduzidas sem o reaproveitamento da solução nutritiva lixiviada (sistema aberto). Estudos como os efetuados por Jafarnia et al. (2010), Ameri et al. (2012a), Ameri et al. (2012b), Marinou et al. (2013), Kuisma et al. (2014) e Adak et al. (2015) contribuem relevantemente para a compreensão do desempenho produtivo e da qualidade de

90 frutas do morangueiro, porém, não consideram a hipótese de reaproveitamento da solução
91 nutritiva drenada e da reutilização do substrato.

92 Tendo em vista os prejuízos ambientais e econômicos provenientes da liberação do
93 lixiviado ao solo, acredita-se que, futuramente, esse será um dos gargalos para o avanço da
94 produção de morango em substrato, necessitando os produtores se readaptarem a sistemas
95 de produção menos poluentes e com elevada eficiência no uso da água.

96 Neste sentido, os raros estudos com a produção de morangos em substrato com
97 recirculação da solução drenada carecem de informações em relação ao uso da casca de
98 arroz carbonizada e compostos orgânicos (GODOI et al., 2009; MIRANDA et al., 2014),
99 visto que são materiais de baixo custo, considerados resíduos de fácil aquisição no estado
100 Rio Grande do Sul (RADIN et al., 2011). No estado, em sistemas abertos, a mistura de
101 composto orgânico à casca de arroz carbonizada tem como principal objetivo elevar a
102 capacidade de retenção de água do substrato, possibilitando a redução da frequência de
103 irrigação (FERRAZ et al., 2005). Além disso, a utilização de composto orgânico melhora a
104 estrutura do meio de cultivo (GROSBELLET et al., 2011), contribui com substâncias
105 promotoras de crescimento e estimula a proliferação de antagonistas aos organismos
106 fitopatogênicos (LIEVENS et al., 2001; ARTAVIA et al., 2010; FANG et al., 2012). Não
107 obstante, é importante que estes materiais sejam testados sob condições de um sistema de
108 cultivo recirculante, pois com este manejo, poderiam causar problemas de salinização do
109 substrato.

110 Outro fator fundamental para o sucesso da produção diz respeito ao material
111 propagativo. No Sul do Brasil, predomina a utilização de mudas de raízes nuas importadas
112 do Chile e/ou da Argentina. Isso se deve à elevada qualidade fisiológica e sanitária destas
113 mudas, repercutindo em elevado rendimento de frutas (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009).
114 O potencial produtivo de uma muda de morangueiro é uma variável dependente do estímulo
115 ambiental a que a planta foi submetida. Em relação às cultivares de dia curto, pesquisas
116 indicam que para uma adequada indução floral, as mudas devem passar por condições de
117 temperaturas moderadas no viveiro, entorno de 14-16°C de média diária para um
118 fotoperíodo de 12 horas, ainda no final do verão e início do outono, por cerca de 15 dias
119 (SANTOS, 2003; TAYLOR, 2002; STEWART; FOLTA, 2010). Adicionalmente, a redução
120 da temperatura noturna nos viveiros também é tida como benéfica para o acúmulo de
121 reservas e a superação da dormência. Já para as cultivares de dia neutro, apesar de poucos

estudos, tem sido demonstrado que a temperatura também é o principal elemento responsável pela indução e diferenciação floral (SERÇE; HANCOCK, 2005; BRADFORD et al., 2010). Por esses motivos, as condições ambientais das regiões produtoras de mudas no Chile e na Argentina seriam muito próximas às ideais. De acordo com Wrege et al. (2007), as únicas regiões passíveis de produção de mudas no Rio Grande do Sul seriam a Serra e os Campos de Cima da Serra, porém, com perda de potencial produtivo. Assim, permanece a dependência do setor em relação às mudas importadas.

No Rio Grande do Sul, a época de plantio mais adequada é entre o final de março até a metade de abril, o que possibilita a precocidade da colheita e, conseqüentemente, a obtenção de maiores preços na venda da fruta ainda no inverno. Entretanto, apesar da propagada qualidade das mudas importadas, existem problemas em relação à logística, repercutindo no atraso da entrega das mudas. Assim, o produtor encontra-se condicionado a realizar o transplante somente a partir do momento em que as mudas estejam disponíveis, o que tem ocorrido, frequentemente, entre a segunda quinzena de maio e o início de junho.

Como alternativa para contornar este problema e garantir as colheitas precoces, alguns produtores em substrato estão produzindo as próprias mudas nos leitos de cultivo a partir do enraizamento de um estolão proveniente da planta produtiva que foi originada de uma muda importada no ano anterior. Contudo, não se sabe o grau de eficiência desta prática, principalmente quando se visualiza o cultivo em sistema fechado.

A hipótese central do trabalho é de que a adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada em sistema de cultivo recirculante e que as mudas provenientes de estolões de plantas produtivas possam redundar em maior produção e precocidade na colheita de frutas.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da adição de composto orgânico ao substrato, das cultivares e da procedência da muda sobre o crescimento da planta e sobre a produtividade de frutas quando produzidas em substrato com solução nutritiva recirculante.

5.4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS, Brasil (latitude: 31°52' S,

154 longitude: 52° 21' W e altitude de 13m acima do nível do mar). As plantas das cultivares
155 'San Andreas' e 'Camarosa' foram cultivadas no interior de uma casa de vegetação modelo
156 'Teto em Arco' de estrutura metálica (8,0m x 10,0m e 3,5m de altura máxima), coberta com
157 filme plástico de polietileno (150 µm de espessura).

158 O sistema de cultivo sem solo empregado foi baseado no sistema amplamente
159 utilizado pelos produtores da Serra Gaúcha, descrito por Bortolozzo et al. (2007), porém,
160 acrescido de uma estrutura de captação do drenado da solução. As plantas de morangueiro
161 foram cultivadas em sacos de filme plástico branco tubular (slabs) com 1,00 m de
162 comprimento, 0,30 m de largura e 0,15 m de altura preenchidos com 50 dm³ de substrato e
163 instalados a 0,9 m de altura do solo. A estrutura de captação consistia em calhas de madeira
164 de 6,0 m de comprimento, 0,2 m de largura e 0,1 m de profundidade cada, previamente
165 impermeabilizadas com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada, reconduzi-la
166 ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no sistema. Cada
167 bancada de cultivo suportava 12 sacos, dispostos longitudinalmente sobre a calha de
168 madeira, formando duas linhas de seis sacos, separadas por uma distância de 0,2 m. Cada
169 slab foi cultivado com oito plantas dispostas em duas linhas, paralelas e desencontradas
170 (ziguezague). O espaçamento entre plantas foi de 0,25m, a largura do slab de 0,25m, o
171 espaço entre slabs de 0,20m e o caminho de 0,50m, resultando na densidade de 13,3 plantas
172 m⁻².

173 Com base na solução nutritiva proposta por Sonneveld e Straver (1994) e na utilizada
174 pelos produtores de morango em substrato do Vale do Caí /RS, foram empregadas duas
175 composições de macronutrientes. Primeiramente, a solução nutritiva inicial (crescimento
176 vegetativo), apresentava a seguinte composição de macronutrientes (em mmol litro⁻¹): 6,64
177 de NO₃⁻; 1,5 de H₂PO₄⁻; 2,88 de SO₄²⁻; 1,44 de NH₄⁺; 5,06 de K⁺; 2,20 de Ca²⁺; 1,5 de
178 Mg²⁺; com condutividade elétrica estimada de 1,4 dS m⁻¹. A solução nutritiva das fases de
179 florescimento e frutificação apresentava a seguinte composição de macronutrientes: 9,95 de
180 NO₃⁻; 1,26 de H₂PO₄⁻; 2,48 de SO₄²⁻; 0,74 de NH₄⁺; 5,99 de K⁺; 2,90 de Ca²⁺; 1,82 de Mg²⁺,
181 com condutividade elétrica estimada de 1,6 dS m⁻¹. A composição de micronutrientes não
182 variou, apresentando as seguintes concentrações (em mg litro⁻¹): 1,08 de Fe; 0,60 de Mn;
183 0,05 de Zn; 0,3 de B; 0,05 de Cu; 0,05 de Mo. A solução foi monitorada [solução drenada
184 (MARQUES et al. 2015) e solução do reservatório] diariamente através da coleta de dados
185 de condutividade elétrica (condutivímetro manual digital) e do valor de pH (pHmetro

manual digital). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução concentrada ou de água, quando, respectivamente, o valor da condutividade elétrica sofria uma diminuição ou um aumento da ordem de 10%. O valor de pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,0 e 6,0 através da adição de solução de correção à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N) ou hidróxido de potássio (KOH 1N).

Quando acionadas pelos temporizadores, as motobombas ($\frac{1}{2}$ HP) conectadas aos reservatórios impulsionavam a solução nutritiva até as cintas de gotejo que atravessavam os slabs. Estas cintas continham gotejadores espaçados em 10 cm e com vazão de 1,35 litros hora⁻¹. Em função da capacidade de retenção de água do substrato, da fase de desenvolvimento das plantas e das condições meteorológicas reinantes ao transcorrer do período experimental, o fornecimento diário de solução nutritiva variou de três a sete vezes (pulsos) para a CAC e de duas a cinco vezes para a CAC+CO, todas com 7 minutos de duração. Cada slab recebia, em média, 1,575 litros de solução nutritiva a cada pulso de fertirrigação (197 ml planta⁻¹).

De modo semelhante ao descrito por Andriolo et al. (2009), foram fornecidos volumes de solução nutritiva superiores à evapotranspiração da cultura. A fração de drenagem adotada foi superior a 30%. Os volumes excedentes à máxima capacidade de retenção de água do substrato eram drenados e reconduzidos até o reservatório por meio da calha de captação. Devido ao morangueiro ser uma planta pouco tolerante à salinidade (PARANJPE et al., 2003; RAHIMI et al., 2011), foram realizadas ‘lavagens’ nos substratos com a periodicidade de aproximadamente 50 dias. As lavagens consistiam no fornecimento de água sem a respectiva coleta do lixiviado. O procedimento era finalizado somente quando a CE do drenado baixava para 1,0 dS m⁻¹. Posteriormente, era elaborada nova solução nutritiva.

O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso em esquema trifatorial com parcela dividida e quatro repetições. Cada fator contava com dois níveis, descritos a seguir: 1º fator) substrato (S) – casca de arroz carbonizada (CAC) e 80% de casca de arroz carbonizada + 20% de composto orgânico (CAC+CO); 2º fator) cultivar (C) – ‘Camarosa’ (dia curto) e ‘San Andreas’ (dia neutro); 3º fator) procedência da muda (M) – muda importada (Chile) e muda originada de estolão de planta produtiva (enraizado nas condições locais e sem qualquer tipo de tratamento). A parcela foi constituída por quatro slabs (fator substrato=32 plantas), a subparcela pela cultivar (16 plantas) e a subsubparcela

218 pela procedência da muda (oito plantas). Cada bloco foi composto por oito slabs,
219 totalizando 64 plantas.

220 Foram utilizados substratos de segundo ano de cultivo, mantendo-se os slabs nas
221 bancadas após o primeiro ano de cultivo. Os substratos haviam sido preparados em janeiro
222 de 2014, sendo a casca proveniente de arroz do tipo longo e fino carbonizada em tonel
223 carbonizador, de acordo com o método descrito por Kämpf (2006), e o composto orgânico
224 adquirido da empresa 'Ecocitrus'. As características físicas e químicas da CAC e da
225 mistura CAC+CO, após o primeiro cultivo e antes da instalação do experimento, são
226 apresentadas na Tabela 1.

227 Em relação à procedência das mudas, no início de janeiro de 2015, uma das linhas de
228 plantas produtivas de cada slab do experimento anterior foi removida a fim de gerar espaço
229 para as futuras mudas oriundas dos estolões. Na sequência, estolões de primeira ordem
230 provenientes das plantas que permaneceram nos slabs foram selecionados e submetidos ao
231 enraizamento no período de 10 de janeiro a 12 de fevereiro de 2015. De modo semelhante
232 ao descrito por Treder et al. (2015), os estolões emitidos pelas plantas produtivas foram
233 fixados ao substrato por meio de grampos de arame. Cerca de 14 dias após a fixação, as
234 novas mudas, já com duas a três folhas, foram desconectadas da planta mãe. Até os dias 30
235 de janeiro e 26 de fevereiro de 2015 todas as mudas provenientes de estolões,
236 respectivamente, das cultivares 'Camarosa' e 'San Andreas', estavam enraizadas e
237 independentes da planta mãe. Logo após, as linhas que continham as plantas mãe da cultivar
238 'Camarosa' de segundo ano foram totalmente removidas, sendo este espaço destinado às
239 novas mudas importadas. As plantas de 'San Andreas' de segundo ano (cultivar de dia
240 neutro) foram mantidas até o mês de maio, pois ainda estavam no período de produção de
241 frutas.

242 As mudas das cultivares 'Camarosa' e 'San Andreas' importadas do Chile foram
243 transplantadas imediatamente após o seu recebimento, respectivamente, nos dias 09 de maio
244 e 04 de junho de 2015.

245 O período de colheita de frutas foi iniciado no início de julho estendendo-se até o
246 final de dezembro de 2015. As frutas que atingiam 75% da coloração vermelha eram
247 colhidas na frequência de duas a três vezes por semana (SILVA et al., 2015). As frutas
248 colhidas foram contabilizadas, pesadas em balança de precisão e classificadas em frutas
249 comerciais e/ou não comerciais. Assumiu-se que todas as frutas com massa fresca inferior a

250 5 g, com deformações graves e/ou atacadas por pragas e doenças seriam consideradas fora
251 do padrão comercial. Na sequência, todas as frutas provenientes de plantas controle eram
252 conduzidas à estufa de secagem para obtenção da massa seca.

253 Com o objetivo de avaliar o crescimento das plantas, ao final do experimento
254 (23/12/2015), duas plantas por tratamento, em cada bloco, foram fracionadas em coroa,
255 folhas e frutas e pesadas separadamente em balança analítica, obtendo-se a massa fresca. As
256 frutas colhidas durante o ciclo produtivo e as folhas originadas de desfolhas antecipadas
257 também foram contabilizadas e somadas às frações correspondentes. Além disso, estolões,
258 pedúnculos de frutas e inflorescências secas foram contabilizados e incorporados à fração
259 coroa. Foi medida a área foliar acumulada através de equipamento integrador de área foliar
260 (LI-COR, modelo 3100). Após, colocou-se o material em estufa de ventilação forçada, à
261 temperatura de 65 °C, até atingir massa seca constante.

262 Através dos dados de massa fresca (MF), massa seca (MS) e área foliar (AF)
263 acumuladas foram calculados o índice de colheita ($IC = MF \text{ frutas} / MF \text{ total}$), a massa seca
264 total da parte aérea da planta (MSTPA), a partição da MS entre os órgãos da planta e o
265 índice de área foliar (IAF). A massa média de frutas comerciais ($g \text{ fruta}^{-1}$) e o rendimento
266 ($kg \text{ m}^{-2}$) foram obtidos, respectivamente, a partir da divisão do valor da massa fresca total de
267 frutas comerciais ($g \text{ planta}^{-1}$) pelo número total de frutas comerciais ($frutas \text{ planta}^{-1}$) e,
268 através da multiplicação do valor da massa fresca total de frutas comerciais pela densidade
269 de plantio ($13,3 \text{ plantas m}^{-2}$).

270 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de
271 probabilidade e, para as variáveis que necessitaram, as médias foram separadas através do
272 teste Tukey a 5%.

273

274 5.5. Resultados

275 Apesar da análise de variância não diagnosticar diferenças entre cultivares para a
276 massa seca total da parte aérea da planta (MSTPA), ‘Camarosa’ destacou-se por atingir
277 maior percentual de MS alocada nas folhas (35%), maior AF ($3239,2 \text{ cm}^2$) e maior IAF
278 (3,63). Por outro lado, superando ‘Camarosa’, as frutas de ‘San Andreas’ corresponderam a
279 51,2% da MSTPA e IC equivalente a 0,73 (Tabela 2).

280 Em relação à procedência da muda, os dados apresentados demonstram que maior
281 MSTPA foi obtida em plantas originadas de estolões enraizados no local de cultivo ($104,27$

282 g planta⁻¹). Além disso, as plantas originadas dessas mudas atingiram maior percentual de
 283 MS alocada na fração coroa (20,3%), maior AF acumulada (3229,8 cm²) e maior IAF
 284 (3,62), evidenciando maior vigor vegetativo em plantas oriundas de estolões enraizados
 285 (Tabela 2).

286 A interação C x M foi estatisticamente significativa para a MSTPA, a partição de MS
 287 das frações da planta e para o IC. Somente para a MSTPA foi verificada interação tripla (S x
 288 C x M) (Tabela 2).

289 O substrato CAC+CO proporcionou menor massa fresca média de frutas (14,45 g
 290 fruta⁻¹) e maior produção de frutas não comerciais (0,51 kg m⁻²) (Tabela 3).

291 À semelhança do observado no fator substrato, o número de frutas não diferiu entre
 292 as cultivares (média de 38,6 frutas planta⁻¹). Contudo, ‘San Andreas’ destacou-se por atingir
 293 maior massa fresca média de frutas (15,95 g fruta⁻¹), maior produção de frutas comerciais
 294 (561,20 g planta⁻¹), maior rendimento comercial (7,46 kg m⁻²) e menor rendimento de frutas
 295 não comerciais (0,30 kg m⁻²) do que ‘Camarosa’.

296 Mudas procedentes de estolões enraizados diretamente sobre o leito de cultivo
 297 produziram maior número de frutas (47,6 frutas planta⁻¹), maior produção (605,49 g planta⁻¹)
 298 e, conseqüentemente, maior rendimento comercial (8,05 kg m⁻²). Por outro lado, as mudas
 299 de raízes nuas importadas do Chile destacaram-se pela maior massa fresca média de frutas
 300 (16,14 g fruta⁻¹) e pelo menor rendimento não comercial (0,33 kg m⁻²).

301 A interação S x C foi estatisticamente significativa apenas para o rendimento não
 302 comercial, indicando que ‘Camarosa’ cultivada em CAC+CO apresentou maior rendimento
 303 de frutas não comerciais (Tabela 3). Por sua vez, a mesma variável não respondeu à
 304 interação C x M e S x C x M.

305 O desdobramento das médias das interações C x M e S x C x M mostrou que as
 306 maiores produções independeram do substrato e foram atingidas pela cultivar ‘San Andreas’
 307 proveniente de estolões enraizados (média de 732,9 g planta⁻¹) (Tabelas 4 e 5). No entanto,
 308 sob cultivo com mudas importadas, ‘Camarosa’ foi superior (496,4 g planta⁻¹) a ‘San
 309 Andreas’ (327,8 g planta⁻¹) quando cultivada em CAC+CO. Já, em cultivo na CAC,
 310 empregando mudas importadas, a produção das cultivares foi similar (Tabela 5).

311 Independentemente do substrato e da cultivar, foi obtida maior precocidade na
 312 colheita de frutas produzidas por plantas oriundas de estolões enraizados. Neste sentido,
 313 26,9 e 44,9% do total da produção comercial de ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’,

respectivamente, foi colhida entre o período que compreendeu o início de julho e o final de agosto quando empregada a técnica do enraizamento de estolões (Figura 1).

5.6. Discussão

O crescimento, dado pelos processos envolvidos na produção e distribuição de biomassa na planta, é determinante na produtividade da cultura (Benincasa, 2003). Neste sentido, consideradas as similaridades evidenciadas para as variáveis de crescimento (Tabela 2), não eram esperadas distinções em relação à produção e ao rendimento de frutas entre os substratos (Tabela 3).

Estudos como os de Kuisma et al. (2014), Marinou et al. (2013), Ameri et al. (2012a) e de Tehranifar et al. (2007) evidenciaram diferentes efeitos dos substratos em relação à produtividade e ao crescimento do morangueiro. Entretanto, os resultados de Tehranifar et al. (2007), empregando turfa e fibra de coco como substrato, corroboram com o observado na presente pesquisa, nos quais também foi constatado o elevado crescimento vegetativo da cultivar ‘Camarosa’ (Tabela 2).

As ótimas condições de cultivo (ambiente protegido, substrato e solução nutritiva), associadas à elevada densidade de plantas empregada no experimento, bem como às características genotípicas de ‘Camarosa’, resultaram no excessivo crescimento vegetativo da cultivar. Com isso, a penetração da radiação solar no interior do dossel, possivelmente, foi prejudicada, resultando na redução da radiação interceptada pelas plantas e no maior sombreamento mútuo, que, por conseguinte, implicam na redução das taxas fotossintética e assimilatória líquida, respectivamente (STRASSBURGER et al., 2010; RAHIMI et al., 2011). Adicionalmente, devido à excessiva área foliar, observou-se que as plantas de ‘Camarosa’ originadas de estolões enraizados permaneciam com a superfície foliar molhada até próximo a metade do dia, mesmo sob condições meteorológicas favoráveis ao arejamento da planta. Como consequência, muitas flores foram infectadas pelo fungo *Botrytis cinerea*. Provavelmente, este conjunto de fatores tenha contribuído para a menor proporção de MS alocada nas frutas de ‘Camarosa’ proveniente de estolão enraizado (41,0%; dado não apresentado) implicando na redução significativa do IC da cultura (0,63).

A superioridade obtida por ‘San Andreas’, especialmente com mudas enraizadas, em relação à ‘Camarosa’ para a produção de frutas e rendimento comercial (732,9 g planta⁻¹ e 9,74 kg m⁻²; Tabelas 4 e 5), reforça a teoria de que as maiores produções de frutas nem

346 sempre podem ser associadas ao vigor vegetativo do crescimento da planta (GODOI et al.,
347 2009). Esta afirmação é subsidiada pela maior proporção de MS alocada nas folhas (35%), a
348 maior AF (3239,2 cm²) e o maior IAF (3,63) de ‘Camarosa’ (Tabela 2), o que não promoveu
349 maior produtividade à cultivar.

350 Os valores de MSTPA, da partição de MS para as frutas (46,6 a 51,2%), bem como a
351 quantidade de MS desta fração de ambas as cultivares (valor médio de 43,35 g planta⁻¹)
352 foram maiores que os valores relatados por Godoi et al. (2009) com a cultivar ‘Arazá’ em
353 sistema de cultivo com recirculação da solução nutritiva empregando o substrato
354 ‘Plantimax’. Porém, essa superioridade em relação à maioria das variáveis de crescimento
355 não traduziu-se em maior massa fresca de frutas, sendo inferior aos 1196,5 g planta⁻¹
356 obtidos por Godoi et al. (2009). Isso é explicado pelas diferenças no conteúdo de massa seca
357 das frutas (CMSF) o qual foi de 8,9 e 7,7%, respectivamente, para ‘Camarosa’ e ‘San
358 Andreas’, enquanto que os resultados de Godoi et al. (2009) foram de apenas 2,8% com a
359 cultivar ‘Arazá’. Provavelmente, essa cultivar tenha maior habilidade no acúmulo de água
360 nos tecidos componentes das frutas, repercutindo em maior massa fresca desta fração.

361 O rendimento da cultura do morangueiro é definido pela combinação do número de
362 frutas por planta e da massa média de frutas. As 52,8 frutas planta⁻¹ produzidas por ‘San
363 Andreas’ a partir de mudas provenientes de estolões enraizados foram superiores às 23,9
364 frutas planta⁻¹ produzidas por plantas desta cultivar originadas de mudas importadas (Tabela
365 4). O mesmo comportamento foi diagnosticado com a cultivar ‘Camarosa’, produzindo
366 maior número de frutas em plantas originadas de estolões enraizados (42,4 frutas planta⁻¹).
367 No que tange às mudas importadas, as 35,5 frutas planta⁻¹ atingidas por ‘Camarosa’ foram
368 superiores ao número de frutas obtido com ‘San Andreas’ (Tabela 4).

369 Sob cultivo em substrato, algumas pesquisas em sistema aberto indicam valores
370 próximos ou inferiores ao apresentado no presente estudo. Cecatto et al. (2013) relataram 22
371 e 18 frutas planta⁻¹, respectivamente, para ‘Camarosa’ e ‘San Andreas’. Por sua vez, Ruan et
372 al. (2011) e Pokhrel et al. (2015), com as cultivares ‘San Andreas’ e ‘Sonata’,
373 contabilizaram 24,4 e 19,2 frutas planta⁻¹. Empregando substrato composto por 50% de turfa
374 e 50% de casca de arroz carbonizada, Radin et al. (2011) contabilizaram o número médio de
375 20 frutas planta⁻¹ com diferentes cultivares no município de Caxias do Sul.

376 Em relação à massa fresca média de frutas, os maiores valores foram obtidos por
377 ‘San Andreas’, independentemente da procedência da muda (Tabela 4). Os menores valores

378 foram obtidos por ‘Camarosa’ procedente de estolão enraizado, cuja média foi de 11,8 g
379 fruta⁻¹. A superioridade das mudas importadas no que diz respeito à massa fresca média de
380 frutas (Tabelas 3 e 4) pode estar relacionada com o maior número de frutas provenientes de
381 flores primárias. Normalmente, as flores primárias possuem maior número de pistilos (até
382 500) resultando em frutas de maior tamanho e massa (SANTOS, 2003; SILVA et al., 2015).
383 Por conseguinte, isso provavelmente tenha elevado a média geral da massa média das frutas
384 de mudas importadas.

385 De acordo com Serçe e Hancock (2005), Verheul et al. (2006) e Bradford et al.
386 (2010), especialmente a temperatura, bem como a interação temperatura x fotoperíodo, são
387 os principais estímulos indutores no processo de indução floral na cultura do morangueiro.
388 Neste sentido, a pesquisa de Serçe e Hancock (2005) indicou que a redução na temperatura
389 de indução até 18 °C promoveu a elevação do número de flores por planta das cultivares de
390 dia neutro ‘Aromas’, ‘Ogallala’, ‘Quinalt’ e ‘Tribute’ sob o fotoperíodo de 12 horas. Já
391 Verheul et al. (2006), com a cultivar de dia curto ‘Korona’, relataram maior número de
392 flores por planta, maior número de inflorescências por planta e maior número de flores por
393 inflorescência com temperaturas de indução de 12 e 15 °C e fotoperíodo de 10 e 12 horas.
394 Recentemente, Bradford et al. (2010) também demonstraram que temperaturas acima de 23
395 °C implicam na redução drástica do número de inflorescências por planta,
396 independentemente do fotoperíodo e do hábito de florescimento da cultivar.

397 Assim, tendo em vista que as mudas de estolões enraizados nas condições locais
398 foram expostas a temperaturas desfavoráveis para a plenitude do processo de indução floral
399 (máximas de 32,6 °C em fevereiro, 32,4 °C em março e 29,1 °C em abril), provavelmente
400 tenha ocorrido a redução do número de inflorescências por planta. Por conseguinte, o
401 número de flores primárias também sofreu redução, acarretando na diminuição da massa
402 média geral de frutas provenientes destas plantas. Por outro lado, devido às ótimas
403 condições ambientais reinantes nos viveiros chilenos (especialmente baixa temperatura), as
404 mudas importadas, possivelmente, produziram maior número de inflorescências e,
405 consequentemente, maior número de flores primárias. Porém, a maior força de dreno destas
406 frutas procedentes de flores primárias pode ter ocasionado elevada taxa de aborto de flores
407 terciárias e quaternárias, repercutindo na diminuição do número de frutas por planta e na
408 elevação da massa média de frutas. Já, as mudas produzidas nas condições locais, induzidas
409 à formação de menos inflorescências e menos flores primárias por planta, dispuseram de

410 fotoassimilados para o pegamento e crescimentos de frutas terciárias e quaternárias,
411 ocasionando no maior número de frutas e menor massa média de frutas.

412 Os resultados referentes à massa média de frutas foram superiores aos valores de 8,9
413 e 9,0 g fruta⁻¹ obtidos, respectivamente, por Portela et al. (2012) em sistema hidropônico
414 NFT e por Kuisma et al. (2014), testando diferentes substratos com a cultivar ‘Elsanta’. Em
415 cultivos realizados em Eldorado do Sul e Caxias do Sul, empregando ‘slabs’ com substrato
416 e sistema sem a coleta da drenagem, foram relatados valores de 12,7 e 11,7 g fruta⁻¹
417 (RADIN et al., 2011). As massas médias de frutas obtidas por ‘San Andreas’ neste
418 experimento foram sensivelmente inferiores aos 18,2 e 18,4 g fruta⁻¹ constatados com
419 ‘Albion’ e ‘San Andreas’ em cultivo em substrato (sem coleta da drenagem) com emprego
420 de calhas plásticas (RUAN et al., 2011). Já em cultivo no solo, Otto et al. (2009)
421 consideraram excelente o resultado de 12,2 a 16,2 g fruta⁻¹ com cultivares de dia neutro
422 produzidas no verão/outono.

423 À semelhança do observado no presente estudo, Ebrahimi et al. (2012), em pesquisa
424 realizada no Iran, também indicam que o maior número de frutas por planta (75,6 frutas
425 planta⁻¹) redundou em maior produtividade, porém, com frutas de menor tamanho (12,9 g
426 fruta⁻¹). O mesmo comportamento já foi evidenciado em pesquisa com outros frutos, como
427 meloeiro (QUEIROGA et al., 2008) e tomateiro (SHIRAHIGE et al., 2010). Os autores
428 atribuem a redução do peso médio de frutos à maior competição por fotoassimilados que
429 ocorre em plantas com maior número de frutos.

430 Em cultivo no solo, diversas pesquisas relatam o elevado desempenho produtivo de
431 ‘Camarosa’, atingindo produções de 877,5 até 1220 g planta⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2009,
432 ANTUNES et al., 2010; STRASSBURGER et al., 2011; CECATTO et al., 2013).
433 Empregando distintos substratos sob sistema aberto, outras pesquisas (CALVETE et al.,
434 2007; RAHIMI et al., 2011; CECATTO et al., 2013; KUISMA et al., 2014; POKHREL et
435 al., 2015) relataram desempenho produtivo inferior ao obtido no presente estudo em sistema
436 fechado, constatando produções que oscilaram de 146 até, no máximo, 350 g planta⁻¹. Sob
437 sistema aberto, excepcionalmente, são reportadas pela literatura produções de 816,3 e 725,3
438 g planta⁻¹ (EBRAHIMI et al., 2012; ADAK; GUBBUK, 2015). Em sistemas fechados, as
439 produções de morangueiro em substrato mais expressivas apresentadas na literatura foram
440 de 1196,5 g planta⁻¹ com a cultivar ‘Arazá’ (GODOI et al., 2009) e de 730 g planta⁻¹ com
441 ‘Camarosa’ (MIRANDA et al., 2014), com substrato ‘Plantimax’ e fibra de coco,

respectivamente. Considerando estes resultados reportados recentemente pela literatura, as produções e rendimentos alcançados neste estudo, com a recirculação da solução nutritiva drenada, foram considerados satisfatórios. A Tabela 5 destaca a cultivar de dia neutro ‘San Andreas’, com muda procedente de estolão enraizado, pela elevada produção e rendimento, tanto na CAC (721,0 g planta⁻¹ e 9,6 kg m⁻²) quanto na CAC+CO (744,8 g planta⁻¹ e 9,9 kg m⁻²).

Embora não tenha influenciado a produção e o rendimento comercial da cultura, a adição CO à CAC promoveu maior rendimento de frutas não comerciais (Tabela 3). Mesmo assim, o percentual de frutas não comerciais foi baixo (7,1% da produção total) frente às pesquisas de Ameri et al. (2012b) e Pokhrel et al. (2015), que quantificaram, respectivamente, 36,9 e 18,7% de frutas deformadas e não comerciais face ao emprego de vermicomposto e fertilização orgânica à base de esterco de frango. Provavelmente, estes resultados estejam associados ao maior grau de desequilíbrio iônico e aos maiores valores de pH da solução em contato com o meio radicular das plantas cultivadas com estes substratos e/ou fertilizações orgânicas (AMERI et al., 2012b; POKHREL et al., 2015).

A presente pesquisa revela informações essenciais para o entendimento do crescimento da planta, da compreensão dos aspectos envolvidos no florescimento e dos efeitos dos fatores estudados sobre o rendimento do morangueiro em condições de cultivo ainda pouco pesquisadas. Entretanto, o resultado mais importante refere-se à significativa precocidade na colheita proporcionada pela utilização de mudas provenientes de estolões enraizados, especialmente da cultivar ‘San Andreas’ (Figura 1).

A análise da distribuição da colheita (Figura 1) demonstra que 44,9% (329 g planta⁻¹) da produção de ‘San Andreas’ proveniente de estolão enraizado ocorreu nos meses de julho e agosto. Cerca de 63% desta produção precoce foi colhida durante o mês de agosto (207 g planta⁻¹), sendo este o mês de maior produção. A distribuição do restante da produção manteve algumas semelhanças com o comportamento das mudas importadas.

Em relação à época de plantio, é amplamente entendido que para a máxima expressão do potencial produtivo do morangueiro, as mudas devem ser transplantadas até, preferencialmente, a segunda quinzena de abril. Porém, as mudas enraizadas no próprio local de cultivo estavam em franco crescimento vegetativo desde o mês de março. Embora as condições ambientais locais não sejam às consideradas mais adequadas para o processo de indução floral, inclusive havendo prejuízos em termos de massa média de frutas, o ganho

com a antecipação do plantio foi expressivo, ocasionando a maior precocidade da produção e a maior produção da cultivar ‘San Andreas’. Resultado semelhante foi obtido por Ruan et al. (2011), testando diferentes datas de plantio em cultivo com substrato. Os autores obtiveram maior precocidade na colheita e produção total com ‘San Andreas’ e ‘Albion’ transplantadas até o final de abril. O mesmo comportamento foi obtido com a cultivar ‘Camarosa’ na Turquia, onde as mudas transplantadas na metade de setembro possibilitaram a colheita de 36,5% da produção total (725,3 g planta⁻¹) entre o início de dezembro e o final de fevereiro (ADAK; GUBBUK, 2015).

Outro aspecto que influenciou na obtenção de precocidade na produção foi o tipo da muda empregada. Enquanto as mudas chilenas estavam em uma condição de dormência com o metabolismo completamente paralisado, após a saída da câmara fria, e mantido por reservas energéticas armazenadas principalmente na coroa, as mudas originadas de estolões enraizados já estavam em pleno crescimento e formação do aparato fotossintético.

Assim sendo, o enraizamento de estolões de ‘San Andreas’ no próprio leito de cultivo é uma alternativa eficiente para a obtenção de elevada produção e precocidade na colheita de frutas.

5.7. Conclusões

A adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada em segundo ano de cultivo não promove efeitos sobre o crescimento, a produção e o rendimento de frutas comerciais de morangueiro cultivado em substrato com solução nutritiva recirculante.

As mudas importadas do Chile proporcionam frutas de maior tamanho médio.

Plantas da cultivar ‘San Andreas’ procedente de estolões enraizados nos leitos de cultivo, sob condições locais naturais, garantem a antecipação da colheita, bem como uma maior produção de frutas.

5.8. Agradecimentos

À CAPES, à FAPERGS e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo.

506 **5.9. Referências**

- 507 ADAK, N.; GUBBUK, H. Effect of planting systems and growing media on earliness, yield
 508 and quality of strawberry cultivation under soilless culture. **Notulae Botanicae Horti**
 509 **Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 43, n. 1, p. 204-209, 2015.
- 510 AHMAD, I.; AHMAD, T.; GULFAM, A.; SALEEM, M. Growth and flowering of gerbera
 511 as influenced by various horticultural substrates. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 1,
 512 p. 291-299, 2012.
- 513 AKHATOU, I.; RECAMALES, A. F. Influence of cultivar and culture system on nutritional
 514 and organoleptic quality of strawberry. **Journal of the science of food and agriculture**, v.
 515 94, p. 866-875, 2013.
- 516 ALTIERI, R.; ESPOSITO, A.; BARUZZI, G.; NAIR, T. Corroboration for the successful
 517 application of humified olive mill waste compost in soilless cultivation of strawberry.
 518 **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 118-124, 2014.
- 519 AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; SHOOR, M.; DAVARYNEJAD, G. H. Effects of
 520 substrate and cultivar on growth characteristic of strawberry in soilless culture system.
 521 **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 56, p. 11960-11966, 2012a.
- 522 AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; DAVARYNEJAD, G. H.; SHOOR, M. The effects of
 523 substrate and cultivar in quality of strawberry. **Journal of Biological & Environmental**
 524 **Sciences**, Turkey, v. 17, n. 6, p. 181-188, 2012b.
- 525 ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.;
 526 CARDOSO, F.L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação.
 527 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.
- 528 ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER
 529 JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.
 530 28, n. 2, p. 222-226, 2010.
- 531 ARTÁVIA, S.; URIBE, L.; SABORÍO, F.; ARAUZ, L.F.; CASTRO, L. Efecto de la
 532 aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de

- 533 tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). **Agronomia Costarricense**, Costa Rica, v. 34, n. 1, p.
534 17-29, 2010.
- 535 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2.ed.
536 Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- 537 BORTOLOZZO, A. R.; SANHUEZA, R. M. V.; BOTTON, M.; MELO, G. W. B. de;
538 KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.;
539 FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.
540 Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (**Circular Técnica**, 62), 2007, 23 p.
- 541 BRADFORD, E.; HANCOCK, J. F.; WARNER, R. M. Interactions of temperature and
542 photoperiod determine expression of repeat flowering in strawberry. **J. Amer. Soc. Hort.**
543 **Sci.**, v. 135, n. 2, p. 102-107, 2010.
- 544 CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONÇA, H.
545 F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture Systems in the production and quality of strawberry
546 cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.
- 547 EBRAHIMI, R.; SOURI, M.K.; EBRAHIMI, F.; AHAMADIZADEH, M. Growth and yield
548 of strawberries under different potassium concentrations oh hydroponic system in three
549 substrates. **World Applied Sciences Journal**, v. 16, n. 10, p. 1380-1386, 2012.
- 550 FANG, X.; YOU, M.P.; BARBETTI, M.J. Reduced severity and impact of Fusarium wilt on
551 strawberry by manipulation of soil pH, soil organic amendments and crop rotation.
552 **European Journal of Plant Pathology**, v. 134, p. 619-629, 2012.
- 553 FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de
554 alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-
555 214, 2005.
- 556 GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUÉZ, G. G.; JÄNISCH, D. I.; CARDOSO, F.
557 L.; VAZ, M. A. B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo
558 sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p.684-690, 2009.

- 559 GROSBELLET, C.; VIDAL-BEAUDET, L.; CAUBEL, V.; CHARPENTIER, S.
 560 Improvement of soil structure formation by degradation of coarse organic matter.
 561 **Geoderma**, v. 162, p. 27-38, 2011.
- 562 JAFARNIA, S.; HATAMZADEH, A.; TEHRANIFAR, A. Effect of different substrate and
 563 varieties on yield and quality of strawberry in soilless culture. **Advances in Environmental**
 564 **Biology**, Jordan, v. 4, n. 2, p. 325-328, 2010.
- 565 KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura**: técnicas de preparo de
 566 substratos. Brasília: LK editora e comunicação, 2006. 132 p.
- 567 KUISMA, E.; PALONEN, P.; YLI-HALLA, M. Reed canary grass straw as a substrate in
 568 soilless cultivation of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 217-223, 2014.
- 569 LIETEN, P.; LONGUESSERRE, J.; BARUZZI, G.; LOPEZ-MEDINA, J.; NAVATEL, J.
 570 C.; KRUEGER, E.; MATALA, V.; PAROUSSI, G. Recent situation strawberry substrate
 571 culture in Europe. **Acta Horticulturae**, Leuven, belgium, v. 648, p. 193-196, 2004.
- 572 LIEVENS, B.; VAES, K.; COOSEMANS, J.; RYCKEBOER, J. Systemic resistance
 573 induced in cucumber against Pythium root rot by souce separated household waste and yard
 574 trimmings composts. **Compost Science & Utilization**, v. 9, n. 3, p. 221-229, 2001.
- 575 MARINOU, E.; CHRYSARGYRIS, A.; TZORTZAKIS, N. Use of sawdust, coco soil, and
 576 pumice in hydroponically grown strawberry. **Plant, soil and environment**, Czech Republic,
 577 v. 59, n. 10, p. 452-459, 2013.
- 578 MARQUES, G. N.; DA LUZ, T. F.; PERIN, L.; NEUTZLING, C.; REISSER JÚNIOR, C.;
 579 PEIL, R. M. N. Validação de medidas de condutividade elétrica e ph do drenado da solução
 580 nutritiva frente à solução no meio radicular em substrato cultivado com morangueiro. In:
 581 **XVII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO**, DA I SEMANA DE ENSINO, PESQUISA
 582 E EXTENSÃO, 17º, 2015. Pelotas. *Resumos*, Pelotas.
- 583 MARTINÉZ, F.; CASTILLO, S.; PÉREZ, S.; PALENCIA, P.; CARMONA, E.;
 584 ORDOVÁS, J.; AVILÉS, M. Efecto del substrato sobre las propiedades biológicas en la
 585 planta de fresa. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 181-190, 2011.

- 586 MIRANDA, S. R.; SILVA, V. B.; SANTOS, F. S. R.; ROSSETTI, A. G.; SILVA, C. de F.
587 B. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic system and coconut fibre
588 substrate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 833-841, 2014.
- 589 OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de
590 diferentes períodos de vernalização de mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1,
591 p. 91-95, 2009.
- 592 OTTO, R. F.; MORAKAMI, R. K.; REGHIN, M. Y.; CAIRES, E. F. Cultivares de morango
593 de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura**
594 **Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 217-221, 2009.
- 595 PARANJPE, A. V.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, E. M. L. P. J.; POWELL, C. Winter
596 strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl
597 bromide soil fumigation. **Proc. Fla. State. Hort. Soc.**, v. 116, p. 98-105, 2003.
- 598 POKHREL, B.; LAURSEN, K. H.; PETERSEN, K. K. Yield, quality, e nutrient
599 concentrations of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. 'Sonata') grown with different
600 organic fertilizer strategies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 5578-
601 5586, 2015.
- 602 PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes
603 no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura**
604 **Brasileira**, Brasília v.30, n.2, p.281-288, 2012.
- 605 QUEIROGA, R.C.F.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R. Produtividade e
606 qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e de folhas por planta.
607 **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2008.
- 608 RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.;
609 MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro
610 em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.
611 29, n. 3, p. 287-291, 2011.

- 612 RAHIMI, A.; BIGLARIFARD, A.; MIRDEHGHAN, H.; BORGHEI, S. F. Influence of
 613 NaCl salinity on growth analysis of strawberry cv. Camarosa. **Journal of Stress Physiology**
 614 **& Biochemistry**, v. 7, n. 4, p. 145-156, 2011.
- 615 RUAN, J.; YEOUNG, Y. R.; LARSON, K. D. Influence of cultivar, planting date, and
 616 planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea.
 617 **Horticulture, environment, and biotechnology**, Korea, v. 52, n. 6, p. 567-575, 2011.
- 618 SANTOS, A. M. Cultivares. In: SANTOS, A.M. & MEDEIROS, A.R.M (ed.). **Morango**
 619 **Produção**. Brasília. Embrapa informação tecnológica. p. 24-30, 2003.
- 620 SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and
 621 runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*.
 622 **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.167–177, 2005.
- 623 SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.;
 624 MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do
 625 raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 292-298, 2010.
- 626 SILVA, M. S.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Desempenho produtivo e qualidade de
 627 frutos de morangueiros produzidos no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**,
 628 Brasília, v. 33, n. 2, p. 251-256, 2015.
- 629 SONNEVELD C; STRAVER N. 1994. **Nutrient solution for vegetables and flowers**
 630 **grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw
 631 onder Glas Te Naaldwijk. 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8).
- 632 STEWART, P. J.; FOLTA, K. M. A review of photoperiodic flowering research in
 633 strawberry (*Fragaria* spp.). **Plant Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-13, 2010.
- 634 STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. S.;
 635 MEDEIROS, C. A. B.; Crescimento de morangueiro: influência da cultivar e da posição da
 636 planta no canteiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 223-226, 2011.
- 637 STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MEDEIROS, C. A. B.;
 638 MARTINS, D. S.; SILVA, J. B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro

- 639 de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico.
640 **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.
- 641 TAYLOR, D. R. The Physiology of Flowering in Strawberry. **Acta Horticulture**, 567: 245-
642 251, 2002.
- 643 TEHRANIFAR, A.; POOSTCHI, M.; AROOEI, H.; NEMATTI, H. Effects of seven
644 substrates on quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture.
645 **ISHS Acta Horticulturae**, v. 761, p. 485-488, 2007.
- 646 TREDER, W.; TRYNGIEL-GAC, A.; KLAMKOWSKI, K. Development of greenhouse
647 soilless system for production of strawberry potted plantlets. **Horticultural Science**, v. 42,
648 n. 1, p. 29-36, 2015.
- 649 VERHEUL, M. J.; SONSTEBY, A.; GRIMSTAD, S. O. Interactions of photoperiod,
650 temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering of *Fragaria x*
651 *ananassa* Duch. Cv. Korona. **Scientia Horticulturae**, v. 107, p. 164-170, 2006.
- 652 WREGE, M. S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C; OLIVEIRA, R. P. de;
653 STEINMETZ, S.; HERTER, F. G.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.
654 **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande**
655 **do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Documento 187).
- 656 YAVARY, S.; ESHGI, S.; TAFAZOLI, E.; KARIMIAN, N. Mineral elements uptake and
657 growth of strawberry as influenced by organic substrates. **Journal of plant Nutrition**, v.
658 32, p. 1498-1512, 2009.

659 **TABELA 1.** Caracterização física e química dos substratos à base de casca de arroz carbonizada (CAC) e composto orgânico (CO)

660

	Física			Química	
	CAC	CAC+CO		CAC	CAC+CO
Densidade Úmida (g l ⁻¹)	214	386	C. Orgânico (g kg ⁻¹)	176,28	160,44
Matéria Seca (%)	50	56	N Total (g kg ⁻¹)	1,79	8,75
Densidade Seca (g l ⁻¹)	107	216	P Total (g kg ⁻¹)	1,25	3,39
Porosidade Total (%)	82	0,79	K Total (g kg ⁻¹)	2,01	3,27
Espaço de Aeração (%)	46	26	Ca Total (g kg ⁻¹)	1,87	102,36
ÁFD* (%)	24	31	Mg Total (g kg ⁻¹)	1,16	3,10
CRA** à 10 cm (%)	36	53	Cu Total (mg kg ⁻¹)	5,88	27,44
CRA à 50 cm (%)	12	22	Zn Total (mg kg ⁻¹)	22,24	37,49
CE (dS m ⁻¹)	0,15	0,32	Fe Total (mg kg ⁻¹)	187,62	3688,58
pH em água	5,82	6,69	Mn Total (mg kg ⁻¹)	236,86	306,93
----	----	----	C/N	98:1	18:1

661 * Água Facilmente Disponível; ** Capacidade de Retenção de Água

662

663

664

TABELA 2. Efeitos do substrato, da cultivar e da procedência da muda sobre a produção total de massa seca da parte aérea da planta (MSTPA), a partição da MS, a área foliar (AF), o índice de área foliar (IAF) e o índice de colheita (IC) de morangueiro sob sistema de cultivo sem solo com substrato e recirculação da solução nutritiva

Tratamento	MSTPA (g planta ⁻¹)	Partição (%)			AF (cm²)	IAF	IC
		coroa	folhas	frutas			
Substrato (S)							
CAC+CO	87,22 ^{ns}	19,5 ^{ns}	32,2 ^{ns}	48,3 ^{ns}	2800,7 ^{ns}	3,05 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CAC	90,56	18,7	31,8	49,5	2801,1	3,05	0,71
Cultivar (C)							
Camarosa	93,10 ^{ns}	18,4 ^{ns}	35,0 ^{**}	46,6 [*]	3239,2 ^{**}	3,63 ^{**}	0,68 ^{**}
San Andreas	84,68	19,8	29,0	51,2	2362,7	2,47	0,73
Muda (M)							
Enraizada	104,27 ^{**}	20,3 [*]	31,0 ^{ns}	48,6 ^{ns}	3229,8 ^{**}	3,62 ^{**}	0,70 ^{ns}
Chile	73,51	17,8	33,00	49,2	2372,0	2,48	0,71
Interações							
S x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x M	*	**	**	**	ns	ns	**
S x C x M	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,33	17,72	9,66	11,68	17,89	21,83	6,82

^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05).

TABELA 3. Efeitos do substrato, da cultivar e da procedência da muda sobre os componentes de rendimento e no rendimento comercial e não comercial de morangueiro em sistema de cultivo sem solo com substrato e recirculação da solução nutritiva

Tratamento	Nº (Frutas planta ⁻¹)	Massa Média (g fruta ⁻¹)	Massa Fresca de Frutas Comerciais (g planta ⁻¹)	Rendimento (kg m ⁻²)	
				Comercial	Não Comercial
Substrato (S)					
CAC+CO	38,1 ^{ns}	14,45 ^{**}	500,27 ^{ns}	6,65 ^{ns}	0,51 [*]
CAC	39,2	15,14	545,48	7,25	0,40
Cultivar (C)					
Camarosa	39,0 ^{ns}	13,63 ^{**}	484,55 ^{**}	6,44 ^{**}	0,61 ^{**}
San Andreas	38,3	15,95	561,20	7,46	0,30
Muda (M)					
Enraizada	47,6 ^{**}	13,44 ^{**}	605,49 ^{**}	8,05 ^{**}	0,58 ^{**}
Chile	29,7	16,14	440,26	5,85	0,33
Interações					
S x C	ns	ns	ns	ns	*
S x M	ns	ns	ns	ns	ns
C x M	**	**	**	**	ns
S x C x M	**	ns	*	*	ns
CV (%)	12,33	4,28	13,25	13,25	24,75

^{ns}: não significativo pelo teste F (p<0,05). ^{**}: significativo pelo teste F (p<0,01). ^{*} significativo pelo teste F (p<0,05).

TABELA 4. Interações entre cultivar e procedência da muda sobre o número de frutas, a massa fresca média de frutas e a produção de frutas comerciais de morangueiro sob sistema de cultivo sem solo com substrato e recirculação da solução nutritiva

Cultivar	Procedência da Muda	
Interação	Enraizada	Importada
	Número de frutas (frutas planta ⁻¹)	
Camarosa	42,4 bA	35,5 aB
San Andreas	52,8 aA	23,9 bB
	Massa Fresca Média (g frutas ⁻¹)	
Camarosa	11,8 bB	15,5 bA
San Andreas	15,1 aB	16,8 aA
	Produção Comercial (g planta ⁻¹)	
Camarosa	478,1 bA	491,0 aA
San Andreas	732,9 aA	389,5 bB

Letras minúsculas idênticas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

TABELA 5. Interações entre substrato, cultivar e procedência da muda sobre o número de frutas, a produção de frutas e o rendimento de frutas comerciais de morangueiro sob sistema de cultivo sem solo com substrato e recirculação da solução nutritiva

Interação	CAC+CO		CAC	
	Camarosa	San Andreas	Camarosa	San Andreas
Número de frutas (frutas planta ⁻¹)				
Enraizada	39,0 ab B	55,4 aA	45,8 aA	50,2 aA
Importada	37,1 ab A	21,0 bB	33,9 bA	26,9 bB
Produção comercial (g planta ⁻¹)				
Enraizada	432,1aB	744,8 aA	523,0 aB	721,0 aA
Importada	496,4 aA	327,8 bB	485,7 aA	451,2 bA
Rendimento comercial (kg m ⁻²)				
Enraizada	5,75 aB	9,90 aA	6,97 aB	9,59 aA
Importada	6,60 aA	4,36 bB	6,46 aA	6,00 bA

Letras minúsculas idênticas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

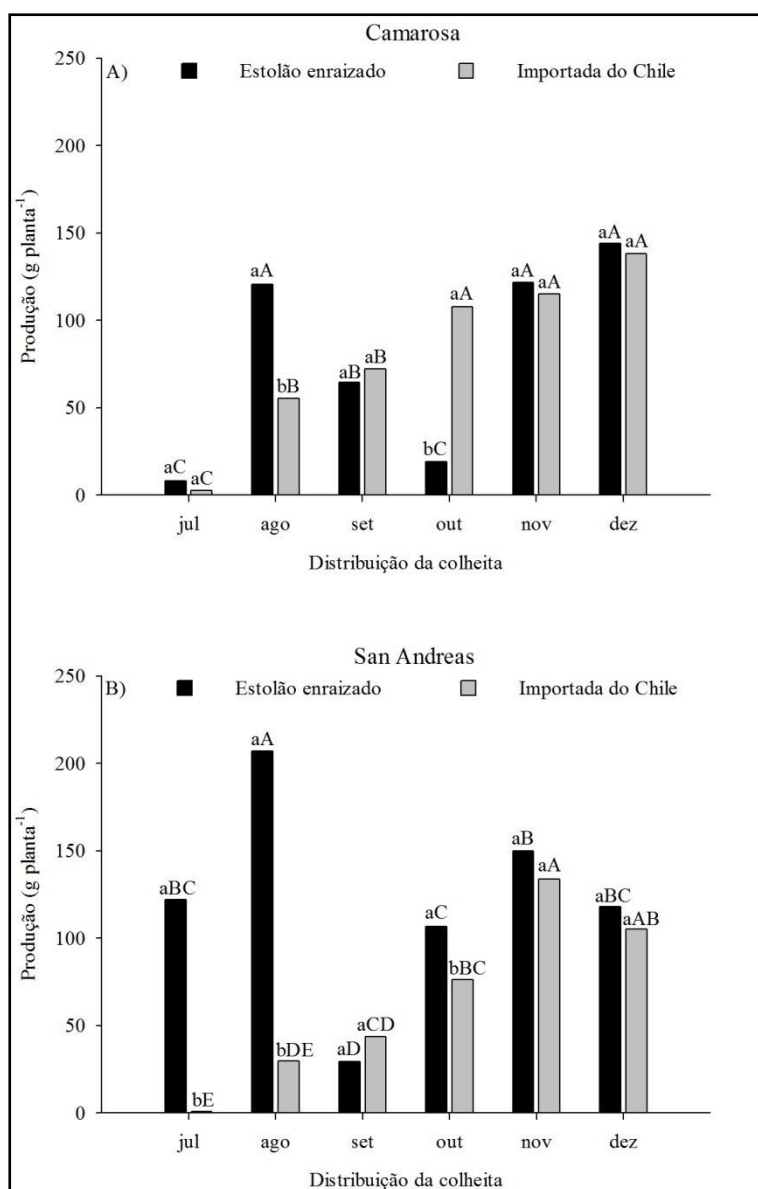


FIGURA 1. Distribuição da colheita de frutas das cultivares ‘Camarosa’ (A) e ‘San Andreas’ (B) em função da procedência da muda em sistema de cultivo sem solo com substrato e recirculação da solução nutritiva. Letras minúsculas idênticas entre a procedência da muda no mês e maiúsculas idênticas na procedência da muda entre os meses de colheita, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

6. Artigo 3

**Validação de medidas de condutividade elétrica e pH da solução drenada de
substrato cultivado com morangueiro**

(Segundo norma da Revista Ciência Rural)

6. Artigo 3. Validação de medidas de condutividade elétrica e pH da solução drenada de substrato cultivado com morangueiro

Validation of electrical conductivity and pH measurements of the drained solution from strawberry grown substrate

Gabriel Nachtigall Marques^I Thiago Freitas da Luz^I Laís Perin^I Fernanda Carini^I

Carlos Reisser Júnior^{II} Roberta Marins Nogueira Peil^I

- NOTA -

6.1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi validar a metodologia da análise da solução nutritiva drenada frente à solução extraída diretamente do substrato cultivado com morangueiro e verificar o efeito da adição de composto orgânico na proporção de 20% ao substrato de casca de arroz carbonizada sobre a condutividade elétrica (CE) e o pH. Os valores de CE e pH provenientes da solução extraída por extratores inseridos nos substratos e da solução lixiviada coletada na drenagem do sistema foram associados por meio da análise de correlação de Pearson a 1% de probabilidade. A adição do composto orgânico ao substrato elevou a CE e o pH da solução nutritiva. A análise de correlação acusou forte relação para as leituras de CE ($r^2 = 0,941$) e pH ($r^2 = 0,929$) entre a solução drenada e a extraída diretamente do substrato. Assim, a solução drenada pelo substrato é representativa das condições da solução no meio radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento da CE e do pH no cultivo do morangueiro em substrato.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, cultivo sem solo, manejo da fertirrigação, extratores

^IUniversidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar - Caixa postal 354, CEP: 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. gabrielnmarques@hotmail.com

^{II}Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado.

6.2. Abstract

The aim of this study was to validate the methodology for analysis of the drained nutrient solution in front to the directly extracted solution from strawberry grown substrate and to verify the effect of adding organic compost at the rate of 20% to the carbonized rice husk media on the electrical conductivity (EC) and pH. The EC and pH values of the solution extracted by extractors placed in the substrates and the leached solution collected in the drainage system were associated by Pearson correlation analysis at the probability of 1%. The addition of the organic compost to the substrate increased EC and pH of the nutrient solution. The correlation analysis indicated a strong relation between the drained solution and the directly extracted from substrate solution for both EC ($r^2 = 0.941$) and pH ($r^2 = 0.929$) measurements. Thus, the substrate drained solution is representative of the root medium solution conditions and can be used with high accuracy for monitoring the EC and pH in the strawberry substrate crop.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, soilless cultivation, fertirrigation management, extractors

6.3. Introdução

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) são indispensáveis parâmetros de monitoramento da solução nutritiva que devem ser continuamente avaliados no decorrer do cultivo do morangueiro em substrato. Através da correta interpretação destes dados, e considerando as exigências do morangueiro, será determinado o manejo mais adequado da solução.

Em sistemas hidropônicos, como por exemplo, o NFT (COOPER, 1979), o controle do pH e da CE é uma tarefa simples, pois os valores dos parâmetros da solução nutritiva contida no reservatório são muito aproximados àqueles valores da lâmina que circula pelo

1 sistema radicular das plantas. Entretanto, o substrato empregado no cultivo do morangueiro
2 exerce forte influência sobre a solução nutritiva, podendo alterar significativamente os
3 parâmetros químicos e, assim, encobrir a real condição da solução que está em contato com o
4 sistema radicular das plantas.

5 Para obtenção de dados mais exatos, existem aparelhos extratores para a retirada da
6 solução contida no substrato e posterior análise de pH e CE, porém, possuem elevado custo e
7 apresentam muitas desvantagens operacionais. Neste sentido, baseando-se em uma
8 metodologia descrita de maneira geral para substratos (‘Método do Lixiviado’ ou ‘Pour
9 Through’, descrito por FERMINO, 2014), está sendo preconizado que os produtores de
10 morango utilizem as leituras de pH e CE da solução lixiviada do substrato, coletada após a
11 primeira fertirrigação do dia. Porém, apesar desta metodologia encontrar-se descrita na
12 literatura, não existem informações sobre a sua validação para a cultura do morangueiro.

13 Outro aspecto fundamental é que a CE da solução extraída do substrato pode indicar
14 o acúmulo de íons não absorvidos pelas plantas, muito importante no reúso do substrato.

15 Assim, o objetivo do trabalho foi validar a metodologia da análise da solução
16 lixiviada, coletada na drenagem do sistema, através da associação com os valores de pH e CE
17 provenientes da solução extraída por extratores diretamente do substrato no cultivo do
18 morangueiro, bem como verificar o efeito da adição de composto orgânico ao substrato sobre
19 estas medidas.

21 **6.4. Material e Métodos**

22 O experimento foi conduzido no Campo Experimental e Didático do Departamento
23 de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas,
24 localizado no município de Capão do Leão, RS. As plantas das cultivares ‘San Andreas’ e

1 ‘Camarosa’ foram cultivadas no interior de uma casa de vegetação modelo ‘Teto em Arco’ de
2 estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno (150 μm de espessura).

3 O sistema de cultivo sem solo empregado é baseado no sistema amplamente
4 utilizado pelos produtores da Serra Gaúcha, descrito por BORTOLOZZO et al. (2007). As
5 plantas de morangueiro foram cultivadas em sacos de filme plástico branco tubular (slabs)
6 que quando preenchidos com 50 dm^3 de substrato apresentavam 1,00 m de comprimento, 0,30
7 m de largura e 0,15 m de altura. Usualmente, o sistema tem sido adotado sem a coleta e
8 recirculação da solução nutritiva drenada. No entanto, neste experimento, foram empregadas
9 bancadas de cultivo com 1 m de altura, constituídas de calhas de madeira de 6,0 m de
10 comprimento, 0,2 m de largura e 0,1 m de profundidade cada, previamente impermeabilizadas
11 com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada oriunda do interior dos slabs,
12 reconduzi-la ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no
13 sistema. Cada bancada de cultivo suportava 12 sacos, dispostos longitudinalmente sobre a
14 calha de madeira, formando duas linhas de seis sacos, separadas por uma distância de 0,2 m.

15 Como substrato, foram avaliadas, no segundo ano de cultivo, duas proporções de
16 casca de arroz carbonizada: 100% casca de arroz carbonizada (CAC) e 80% de casca de arroz
17 carbonizada + 20% de composto orgânico (CAC+CO). Utilizaram-se duas bancadas
18 independentes, com sistema individualizado de fornecimento e coleta do lixiviado da solução
19 nutritiva para cada substrato.

20 No dia 16 de março de 2015, foram transplantadas oito plantas em cada slab,
21 formando duas linhas de quatro plantas em arranjo desencontrado. O espaçamento na linha foi
22 de 0,25 m entre plantas. Considerando a população de 96 plantas por bancada, o comprimento
23 útil de 6 m da calha de cultivo e o caminho de 0,50 m entre bancadas de cultivo, a densidade
24 de plantio foi de 13,3 plantas m^{-2} .

A solução nutritiva adotada foi baseada na solução proposta por SONNEVELD e STRAVER (1994) e a utilizada pelos produtores de morango em substrato do Vale do Caí /RS, correspondendo a uma condutividade elétrica inicial aproximada de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$. Em função da capacidade de retenção de água, da fase de desenvolvimento das plantas e das condições meteorológicas reinantes no período, as frequências de fornecimento de solução nutritiva preestabelecidas foram: CAC (às 8:30, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00) e CAC+CO (8:30, 12:00 e 15:00), todas com 7 minutos de duração.

No centro de oito slabs (quatro de cada substrato), instalaram-se extratores (adaptados) de solução nutritiva da marca ‘Soil Control[®]’, a aproximadamente 10 cm das plantas e 15 cm de profundidade. Tais extratores são tensiômetros utilizados de modo inverso, ou seja, com a tensão pré definida. Este instrumento é composto de uma cápsula microporosa acoplada a uma câmara de vácuo, vedada por uma tampa de borracha.

As coletas e leituras de pH e CE foram realizadas a partir das 8 horas da manhã durante os dias 01, 04, 08, 11, 13, 15, 18 e 20 de maio de 2015, quando as plantas encontravam-se em florescimento/início da frutificação. O procedimento operacional da coleta dos dados obedeceu aos seguintes passos: 1º) antes do primeiro fornecimento diário de solução nutritiva (às 8 horas e 30 minutos), através de uma seringa de 60 cm^3 , foi aplicado vácuo de aproximadamente 75 KPa aos extratores adaptados; 2º) cerca de 20 minutos depois, com o auxílio de outra seringa acoplada a um microtubo flexível, a solução extraída do substrato foi retirada do interior do extrator e acondicionada em copos plásticos para posterior leitura; 3º) na sequência, a motobomba era acionada durante 7 minutos realizando o fornecimento de solução nutritiva a todos os ‘slabs’ do experimento. Após o seu desligamento, coletava-se com copos plásticos a solução lixiviada dos slabs e drenada pelas calhas de coleta. As leituras de pH e CE foram realizadas, respectivamente, por pHâmetro (modelo ‘pHep’) e condutivímetro (modelo ‘Dist 4’) manual digital, marca ‘Hanna’.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 32 repetições para cada substrato. A leitura dos dados provenientes das soluções obtidas pelos extratores e do lixiviado drenado foram associadas por meio da análise de correlação de Pearson a 1% de probabilidade. Para cada substrato e forma de coleta da solução nutritiva, os valores de pH e CE obtidos durante o período de coletas foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 1% de probabilidade.

6.5. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância indicaram diferenças com significância estatística entre os substratos avaliados. O acréscimo de 20% de composto orgânico à casca de arroz carbonizada causou aumento significativo da CE e do pH, independentemente da forma de coleta da solução nutritiva. A média das formas de coleta (solução do extrator e do drenado) mostra que a casca de arroz carbonizada possui CE e pH, respectivamente, 9 e 12% inferiores (CE= 1,65 e pH= 6,62) aos da mistura com composto orgânico (CE= 1,80 e pH= 7,56). Estes resultados devem ser considerados para a definição do tipo de substrato e do manejo do sistema de cultivo empregado, uma vez que para sistemas fechados, em que ocorre a coleta e a recirculação da solução nutritiva drenada, substratos que proporcionem maior elevação da CE e pH exigirão correção da solução nutritiva de forma mais constante.

Existe forte correlação, tanto para os valores de CE como de pH, entre a solução drenada e a extraída. Esta afirmação é comprovada mediante a interpretação dos elevados coeficientes de Pearson (r^2). Para a CE, (Figura 1a) o r^2 foi de 0,941, resultado que foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e revela elevada magnitude estatística. De modo semelhante, também foi observado esta forte correlação para o pH (Figura 1b), dada pelo r^2 de 0,929.

Devido à comprovada relevância estatística, estes resultados validam a metodologia de coleta do lixiviado drenado da solução nutritiva para as leituras e a tomada de decisão referente ao controle da CE e do pH da solução nutritiva. Além disso, os gráficos da Figura 1 demonstram acentuados coeficientes de determinação da linearidade da dispersão dos dados, ou seja, a relação entre as formas de medida ocorre, mesmo, sob elevada amplitude de variação de CE e pH.

6.6. Conclusões

A adição do composto orgânico na proporção de 20% ao substrato de casca de arroz carbonizada eleva a CE e o pH da solução nutritiva. A solução drenada pelo substrato é representativa das condições da solução no meio radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento da CE e do pH na cultura do morangueiro.

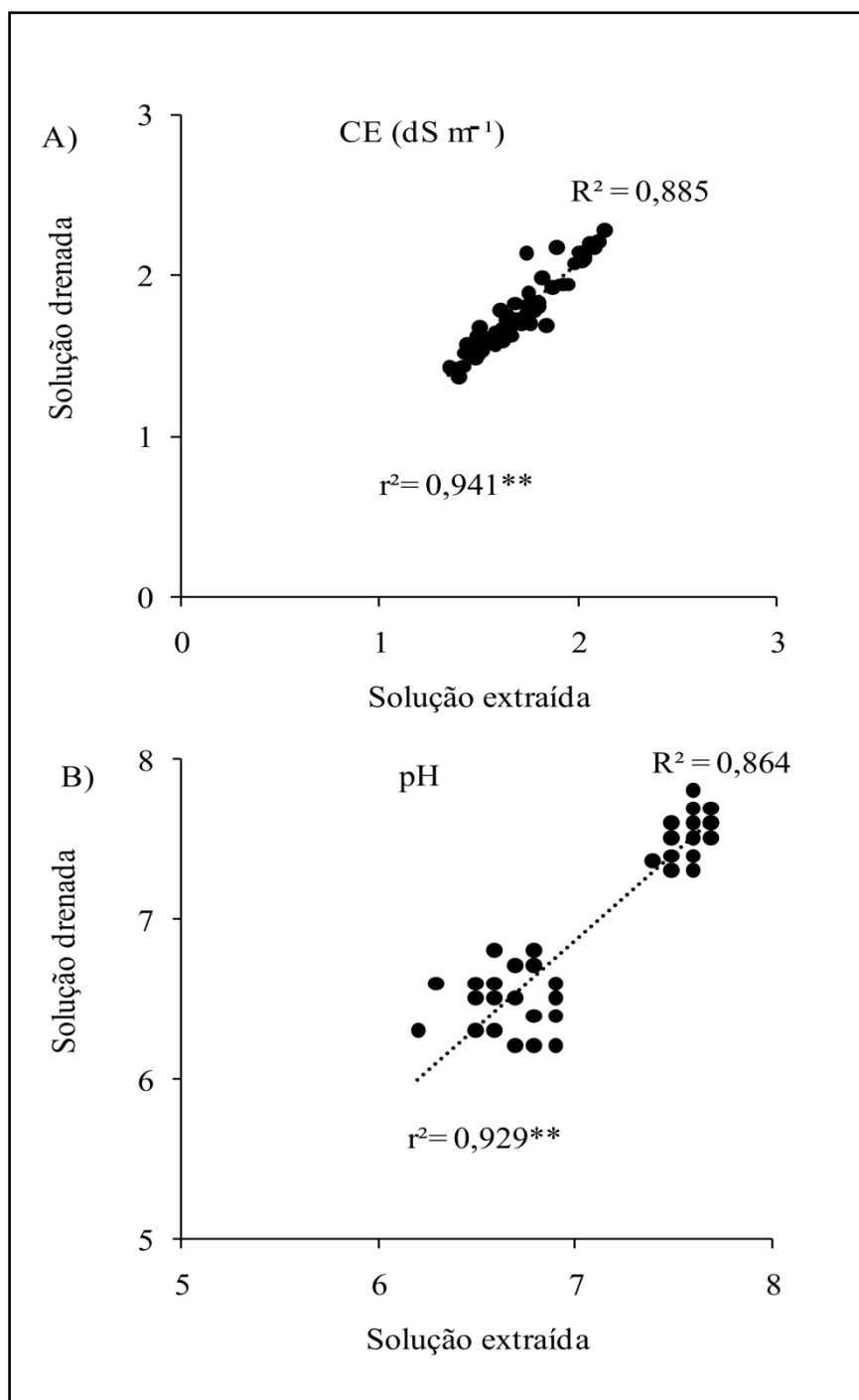
6.7. Referências

- BORTOLOZZO, A.R.; SANHUEZA, R.M.V.; BOTTON, M.; MELO, G.W.B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F.F.; FERLA, N.J.; PINENT, S.M.J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 23 p. (Boletim técnico, 62).
- COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. Grower Books (Edit), London, 1979. 181p.
- FERMINO, M.H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Agrolivros. Guaíba, 2014. 112p.
- SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8). 1994. 45p.

Tabela 1. Condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH) das soluções extraídas (extrator) e lixiviadas (drenado) dos substratos à base de casca de arroz carbonizada empregados no cultivo do morangueiro em ‘sistema fechado’

Substrato	CE (dS m ⁻¹)		pH	
	Extrator	Drenado	Extrator	Drenado
CAC+CO	1,78 **	1,83**	7,58**	7,54**
CAC	1,63	1,68	6,72	6,52
CV (%)	11,31	12,57	1,97	2,27

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F



1
2

3 **Figura 1.** Relação entre os valores de condutividade elétrica (A) e pH (B) de soluções
4 nutritivas drenada e extraída diretamente dos substratos à base de casca de arroz carbonizada,
5 empregados no cultivo do morangueiro em sistema ‘fechado’ . ** Significativo ao nível de
6 1% de probabilidade pela correlação de Pearson.

7. Considerações finais

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que o cultivo do morangueiro em substrato com sistema fechado proporciona adequado crescimento da cultura e elevada produção, garantindo frutas com qualidade compatível às exigências dos consumidores. Adicionalmente, destaca-se, a correta postura de trabalho, a reduzida utilização de agrotóxicos e o reduzido desperdício de água e nutrientes, peculiar do sistema de cultivo fechado.

A adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada não gera nenhum efeito positivo sobre a produção e a qualidade das frutas. Por outro lado, dificulta o manejo da solução nutritiva, visto que sob sistema fechado ocorre a recirculação da solução drenada pelo substrato. Essa maior dificuldade de manejo da solução nutritiva ocorre, principalmente, porque o composto orgânico eleva e tampona o pH da solução drenada para valores situados na faixa de 7 a 8, totalmente fora do que é recomendado para a cultura. Assim, é extremamente difícil manter o pH na faixa ideal, mesmo empregando frequentes correções com solução ácida, o que pode ser inviável na prática. Além disso, outra característica indesejável do substrato com composto orgânico em sistema fechado, diz respeito à elevação da condutividade elétrica da solução drenada, o que indica tendência de salinização deste substrato. Por esses motivos, a casca de arroz carbonizada deve ser utilizada isoladamente quando o sistema de cultivo for fechado.

O cultivo combinado da cultivar de dia curto 'Camarosa' com a cultivar de dia neutro 'San Andreas' mostrou-se uma excelente alternativa para melhor distribuir a colheita ao transcorrer do ano. Através da prática da combinação de cultivares o produtor pode obter boa produção durante a época convencional (de julho/agosto até dezembro) e garantir a produção fora de época (de janeiro até abril/maio), quando os preços da fruta são significativamente maiores no mercado.

A produção de mudas a partir de estolões emitidos de plantas produtivas e enraizados no próprio leito de cultivo sob condições locais, principalmente para a cultivar 'San Andreas', garante a antecipação da colheita e elevada produção de frutas. Esta prática é uma excelente alternativa para produtores familiares, pois é de baixo custo e exigente em mão-de-obra, permitindo a precocidade na produção, consequentemente, fornecendo frutas quando a oferta no mercado ainda é escassa. Com a utilização de mudas oriundas de estolões enraizados, o plantio é realizado na

época adequada (março), repercutindo em um ganho significativo em precocidade de produção quando comparado às mudas importadas, as quais, normalmente, são transplantadas fora da época indicada devido ao atraso na entrega destas mudas.

No que tange ao manejo da solução nutritiva para cultivos em substrato, somente será correto se existirem métodos adequados para o monitoramento dos seus parâmetros. Neste sentido, o trabalho demonstra que a solução drenada pelo substrato é representativa das condições da solução no meio radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento da condutividade elétrica e do pH na cultura do morangueiro cultivado em substrato. Neste caso, o método que emprega extratores de solução nutritiva pode ser substituído pelo método da análise da solução drenada do substrato sem qualquer perda de significado.

Referências

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, p. 86-97, 2012.

ADAK, N.; GUBBUK, H. Effect of planting systems and growing media on earliness, yield and quality of strawberry cultivation under soilless culture. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 43, n. 1, p. 204-209, 2015.

AHMAD, I.; AHMAD, T.; GULFAM, A.; SALEEM, M. Growth and flowering of gerbera as influenced by various horticultural substrates. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 1, p. 291-299, 2012.

AKHATOU, I.; RECAMALES, A. F. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 94, p. 866-875, 2013.

ALTIERI, R.; ESPOSITO, A.; BARUZZI, G.; NAIR, T. Corroboration for the successful application of humified olive mill waste compost in soilless cultivation of strawberry. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 118-124, 2014.

AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; DAVARYNEJAD, G. H.; SHOOR, M. The effects of substrate and cultivar in quality of strawberry. **Journal of Biological & Environmental Sciences**, Turkey, v. 17, n. 6, p. 181-188, 2012a.

AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; SHOOR, M.; DAVARYNEJAD, G. H. Effects of substrate and cultivar on growth characteristic of strawberry in soilless culture system. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 56, p. 11960-11966, 2012b.

ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e frutos de morangueiro cultivados em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.24-27, 2002.

ANDRIOLO, J. L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. In: **Simpósio de melhoramento genético e previsão de epifitias em batata**, 2006. **Anais**. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p.26-40.

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.; CARDOSO, F.L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Doses de Potássio e Cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 267-272, 2010.

ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v.69, n.5, p.60-65, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

AOAC. **Official Methods of Analysis**, AOAC Official Method 967.21, Chapter 45. 1995. p.16.

ARTÁVIA, S.; URIBE, L.; SABORÍO, F.; ARAUZ, L.F.; CASTRO, L. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). **Agronomia Costarricense**, Costa Rica, v. 34, n. 1, p. 17-29, 2010.

BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006.

BARROS, M. C.; GARCIA, S. M. Comportamiento productivo de variedades de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) según fecha de enraizado en el noroeste del Uruguay. **Agrociencia**, Uruguay, v. 19, n. 2, p. 17-25, 2015.

BARSAN, C.; BEL, P. S.; ROMBALDI, C.; EA, I.; ROSSIGNOL, M.; KUNTZ, M.; ZOUINE, M.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Characteristics of the tomato chromoplast revealed by proteomic analysis. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 9, p. 2413-2431, 2010.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BORTOLOZZO, A.R.; SANHUEZA, R.M.V.; BOTTON, M.; MELO, G.W.B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F.F.; FERLA, N.J.; PINENT, S.M.J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 23 p. (Boletim técnico, 62).

BRACCINI, M. DO C. L.; BRACCINI, A. DE L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ci. Agr.**, v. 20, n. 1, p.48-58, 1999.

BRADFORD, E.; HANCOCK, J. F.; WARNER, R. M. Interactions of temperature and photoperiod determine expression of repeat flowering in strawberry. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 135, n. 2, p. 102-107, 2010.

CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; WESP, C. L.; CESTONARO, L.; MARIANI, F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.

CAMACARO, M. P.; CAREW, J.; BATTEY, N. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa cv. Elsanta. **Bioagro**, v. 17, n. 1, p. 11-15, 2005.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.05-09, 2004.

CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONÇA, H. F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture Systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.

COCCO, C.; FERREIRA, L. V.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C. Strawberry yield submitted to different root pruning intensities of transplants. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1284-1288, 2012.

COGO, S. L. P.; CHAVES, F. C.; SHIRMER, M. A.; ZAMBIASI, R. C.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Low soil water content during growth contributes to

preservation of green colour and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brassica oleracea* L.) florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 158-163, 2011.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. Grower Books (Edit), London, 1979. 181p.

CORREIA, P. J.; PESTANA, M.; MARTINEZ, F.; RIBEIRO, E.; GAMA, F.; SAAVEDRA, T.; PALENCIA, P. Relationships between strawberry fruits quality attributes and crop load. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 398-403, 2011.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: III Simpósio **nacional do morango, II encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**. In: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. (ed.), **Anais**. Pelotas, 2006, 145p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 171).

CRECENTE-CAMPO, J.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M. A.; VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M. L. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria ananassa* Duch., Cv. Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 23-30, 2012.

DEMIRSOY, L.; DEMIRSOY, H.; BALCI, G. Different growing conditions nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 44, n. 1, p. 125-129, 2012.

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; BACCHIS, S.; STRASSBURGER, 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. S.; PEIL, R. M. N.; MONTEZANO, E. M. Crescimento de frutos do meloeiro sob diferentes relações fonte:dreno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 342-347, 2008.

DUARTE, T. S.; SANTOS, O. S. História da Hidroponia. In: SANTOS OS dos. (ed.). **Cultivo Hidropônico**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2012. p. 2-10.

EBRAHIMI, R.; SOURI, M.K.; EBRAHIMI, F.; AHAMADIZADEH, M. Growth and yield of strawberries under different potassium concentrations on hydroponic system in three substrates. **World Applied Sciences Journal**, v. 16, n. 10, p. 1380-1386, 2012.

FANG, X.; YOU, M.P.; BARBETTI, M.J. Reduced severity and impact of Fusarium wilt on strawberry by manipulation of soil pH, soil organic amendments and crop rotation. **European Journal of Plant Pathology**, v. 134, p. 619-629, 2012.

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

FERNANDES-JUNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v.61, p. 25-34, 2002.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2291-2296, 2013.

FURLANI, P. R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: **Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, 2004. p.102-115. (Documentos 124).

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, p.273-279, 2008.

GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUÉZ, G. G.; JÄNISCH, D. I.; CARDOSO, F. L.; VAZ, M. A. B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p.684-690, 2009.

GOMES, K.B.P.; OLIVEIRA, G.H.H.; CARVALHO, J.P.; CAVALCANTE, D.F.S.; VILLA-REAL, M.E. Diagnóstico da cadeia produtiva do morango dos agricultores familiares do Distrito Federal. **Revista Eixo**, v. 2, n. 2, p. 9-14, 2013.

GROSBELLET, C.; VIDAL-BEAUDET, L.; CAUBEL, V.; CHARPENTIER, S. Improvement of soil structure formation by degradation of coarse organic matter. **Geoderma**, v. 162, p. 27-38, 2011.

GÜNDÜZ, K.; ÖZDEMİR, E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. **Food Chemistry**, v. 155, p. 298-303, 2014.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de La production**. Paris: CTIFL, 1997. 299 p.

JAFARNIA, S.; HATAMZADEH, A.; TEHRANIFAR, A. Effect of different substrate and varieties on yield and quality of strawberry in soilless culture. **Advances in Environmental Biology**, Jordan, v. 4, n. 2, p. 325-328, 2010 a.

JAFARNIA, S.; KHOSROWSHAHI, S.; HATAMZADEH, A.; TEHRANIFAR, A. Effect of substrate and variety on some important quality and quantity characteristics of strawberry production in vertical hydroponics system. **Advances in Environmental Biology**, Jordan, v. 4, n. 3, p. 360-363, 2010 b.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK editora e comunicação, 2006. 132 p.

KOVACEVIC, D. B.; PUTNIK, P.; DRAGOVIC-UZELAC, V.; VAHCIC, N.; BABOJELIC, M. S.; LEVAJ, B. Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. **Food Chemistry**, v. 181, p. 94-100, 2015.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, p. 171-182, 2001.

KUISMA, E.; PALONEN, P.; YLI-HALLA, M. Reed canary grass straw as a substrate in soilless cultivation of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 217-223, 2014.
LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, p. 83-84, 1972.

LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: LA FRAGOLA VERSO IL 2000. **Convegno Nazionale**. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di, 1998. p.83-94.

LIETEN, P.; LONGUESSERRE, J.; BARUZZI, G.; LOPEZ-MEDINA, J.; NAVATEL, J. C.; KRUEGER, E.; MATALA, V.; PAROUSSI, G. Recent situation strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, Leuven, belgiun, v. 648, p. 193-196, 2004.

LIEVENS, B.; VAES, K.; COOSEMANS, J.; RYCKEBOER, J. Systemic resistance induced in cucumber against Pythium root rot by souce separated household waste and yard trimmings composts. **Compost Science & Utilization**, v. 9, n. 3, p. 221-229, 2001.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.

MARINOU, E.; CHRYSARGYRIS, A.; TZORTZAKIS, N. Use of sawdust, coco soil, and pumice in hydroponically grown strawberry. **Plant, soil and environment**, Czech Republic, v. 59, n. 10, p. 452-459, 2013.

MARQUES, G. N.; DA LUZ, T. F.; PERIN, L.; NEUTZLING, C.; REISSER JÚNIOR, C.; PEIL, R. M. N. Validação de medidas de condutividade elétrica e ph do drenado da solução nutritiva frente à solução no meio radicular em substrato cultivado com morangueiro. In: **XVII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO**, DA I SEMANA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 17º, 2015. Pelotas. *Resumos*, Pelotas.

MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; CARINI, F.; ROSA, D. S. B.; LAGO, I. Análise do crescimento de genótipos de minimelancia em hidroponia. **Interciência**, Caracas, v. 41, n. 1, p. 67-74, 2016.

MARTÍNÉZ, F.; CASTILLO, S.; PÉREZ, S.; PALENCIA, P.; CARMONA, E.; ORDOVÁS, J.; AVILÉS, M. Efecto del substrato sobre las propiedades biológicas en la planta de fresa. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 181-190, 2011.

MEDEIROS, C.A; STRASSBURGER, A.S; ANTUNES, L.E.C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2 (Suplemento – CD Rom), S4827-4831, 2008.

MEDEIROS, L. A. M.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRÈRE, R. A. G. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 199-204, 2001.

MEDINA, A. L.; HAAS, L. I. R.; CHAVES, F. C.; SALVADOR, M.; ZAMBIASI, R. C.; SILVA, W. P. da; NORA, L.; ROMBALDI, C. V. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and microbiol activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v.128, n.4, p.916-922, 2011.

MIRANDA, S. R.; SILVA, V. B.; SANTOS, F. S. R.; ROSSETTI, A. G.; SILVA, C. de F. B. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic system and coconut fibre substrate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 833-841, 2014.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização de mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

OTTO, R. F.; MORAKAMI, R. K.; REGHIN, M. Y.; CAIRES, E. F. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 217-221, 2009.

PAGOT, E. Diagnóstico da produção e comercialização de pequenas frutas. In: HOFFMANN, A. (Ed.). **SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS**, 2., 2004, Vacaria. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.9-18, 2004. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 44).

PARANJPE, A. V.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, E. M. L. P. J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proc. Fla. State. Hort. Soc**, v. 116, p. 98-105, 2003.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Growth and biomass allocation to the fruits in cucumber: effect of plant density and arrangement. **Acta Horticulture**, v. 588, p. 75-80, 2002.

PEREIRA, I. S.; ANTUNES, L. E. C.; SILVEIRA, C. A. P., MESSIAS, R. S.; PILLON, C. N. Avaliação de diferentes substratos a base de Plantimax® para o cultivo de morangueiro (*Fragaria ananassa* Duch) fora de solo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, S3794-S3798, 2008.

PIPATTANAWONG, R.; YAMANE, K.; FUJISHIGE, N.; BANG, S.; YAMAKI, Y. Effects of high temperature on pollen quality, ovule fertilization and development of embryo and achene in 'Tochiotome' strawberry. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, v. 78, n. 3, p. 300-306, 2009.

POKHREL, B.; LAURSEN, K. H.; PETERSEN, K. K. Yield, quality, e nutrient concentrations of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. 'Sonata') grown with different organic fertilizer strategies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 5578-5586, 2015.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro "Camino Real" em hidroponia. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012 a.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.281-288, 2010 b .

QUEIROGA, R.C.F.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECOM, P.R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e de folhas por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2008.

RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 287-291, 2011.

RAHIMI, A.; BIGLARIFARD, A.; MIRDEHGHAN, H.; BORGHEI, S. F. Influence of NaCl salinity on growth analysis of strawberry cv. Camarosa. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 7, n. 4, p. 145-156, 2011.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RISSINI, A. L. L.; CAMARGO, L. K. P.; CAMARGO, C. K. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2010.

ROMBALDI, C. V.; TIBOLA, C. S.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. A. Percepção de consumidores do Rio Grande do Sul em relação a quesitos de qualidade em frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 681-684, 2007.

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

ROUSSOS, P. A.; DENAXA, N-K.; DAMVAKARIS, T. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. **Scientia Horticulturae**, v. 119, p. 138-146, 2009.

RUAN, J.; YEOUNG, Y. R.; LARSON, K. D. Influence of cultivar, planting date, and planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea. **Horticulture, environment, and biotechnology**, Korea, v. 52, n. 6, p. 567-575, 2011.

SANTOS, A. M. Cultivares. In: SANTOS, A.M. & MEDEIROS, A.R.M (ed.). **Morango Produção.** Brasília. Embrapa informação tecnológica. P. 24-30, 2003.

SCHMITZER, V.; STAMPAR, F. Changes in anthocyanin and selected phenolics in Korcrisett rose flowers due to substrate ph and foliar application of sucrose. **Acta Hortiscience**, v. 870, p. 89-96, 2009.

SCHMITZER, V.; STAMPAR, F. Substrate pH level effects on anthocyanins and selected phenolics in *Rosa x Hibrida* L. 'KORcrisett'. **Acta Agriculturae slovenica**, v. 95, p. 5-11, 2010.

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and running in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.167–177, 2005.

SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v. 126, p. 995-1000, 2011.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 292-298, 2010.

SILVA, M. S.; DIAS, M. S. C.; PACHECO, D. D. Desempenho produtivo e qualidade de frutos de morangueiros produzidos no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 251-256, 2015.

SINGH, R.; SHARMA, R. R.; KUMAR, S.; GUPTA, R. K.; PATIL, R. T. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8507-8511, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A., Jr. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

SONNEVELD C; STRAVER N. 1994. **Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8).

SPECHT, S.; BLUME, R. A competitividade da cadeia do morango no Rio Grande do Sul. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, p. 35-59, 2011.

STEWART, P. J.; FOLTA, K. M. A review of photoperiodic flowering research in strawberry (*Fragaria* spp.). **Plant Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-13, 2010.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum**, v.33, n.2, p.283-289, 2011 a.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. S.; MEDEIROS, C. A. B.; Crescimento de morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 223-226, 2011 b.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MEDEIROS, C. A. B.; MARTINS, D. S.; SILVA, J. B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 4 Ed: Artmed.

TAYLOR, D. R. The Physiology of Flowering in Strawberry. **Acta Horticulture**, 567: 245-251, 2002.

TEHRANIFAR, A.; POOSTCHI, M.; AROOEI, H.; NEMATTI, H. Effects of seven substrates on quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture. **ISHS Acta Horticulturae**, v. 761, p. 485-488, 2007.

TREDER, W.; TRYNGIEL-GAC, A.; KLAMKOWSKI, K. Development of greenhouse soilless system for production of strawberry potted plantlets. **Horticultural Science**, v. 42, n. 1, p. 29-36, 2015.

TREUTTER, D. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding – visions and constraints. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, n. 3, p. 807-857, 2010.

TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; CAPOCASA, F.; BOMPADRE, S.; BEEKWILDER, J.; DE VOS, C. H. R.; CAPANOGLU, E.; BOVY, A.; BATTINO, M. Antioxidants, phenolic compounds and nutritional quality of different strawberry genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 696-704, 2008.

VANDENDRIESSCHE, T.; VERMEIR, S.; MARTINEZ, C. M.; HENDRICKX, Y.; LAMMERTYN, J.; NICOLAÏ, B. M.; HERTOOG, M. L. A. T. M. Effect of ripening and inter-cultivar differences on strawberry quality. **Food Science and Technology**, v. 52, p. 62-70, 2013.

VERHEUL, M. J.; SONSTEBY, A.; GRIMSTAD, S. O. Interactions of photoperiod, temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering of *Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Korona. **Scientia Horticulturae**, v. 107, p. 164-170, 2006.

VIGNOLO, J. K.; ARAÚJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011.

VINCI, G.; ROT, F.; MELE, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v. 53, p. 211-214, 1995.

VIZZOTTO, M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.; OKIE, W.R.; RAMMING, D.W. Total phenolic, carotenoids, and anthocyanin content and antioxidant activity of peach and plum genotypes. **Acta Horticulturae**, v. 713, p. 453-455, 2006.

WANG, S. Y.; CAMP, M. J. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, v. 85, p. 183-199, 2000.

WREGE, M. S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C; OLIVEIRA, R. P. de; STEINMETZ, S.; HERTER, F. G.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Documento 187).

YANO, M.; KATO, M.; IKOMA, Y.; KAWASAKI, A.; FUKAZAWA, Y.; SUGIURA, M.; MATSUMOTO, H.; OOHARA, Y.; NAGAO, A.; OGAWA, K. **Food Science and Technology research**, v. 11, n. 1, p. 13-18, 2005.

YAVARY, S.; ESHGI, S.; TAFAZOLI, E.; KARIMIAN, N. Mineral elements uptake and growth of strawberry as influenced by organic substrates. **Journal of plant Nutrition**, v. 32, p. 1498-1512, 2009.

ZHU, H.; CHEN, M.; WEN, Q.; LI, Y. Isolation and characterization of the carotenoid biosynthetic genes LCYB, LCYE and CHXB from strawberry and their relation to carotenoid accumulation. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p.134-144, 2015.

Apêndices

Apêndice A. Sacolas tubulares com substrato (slabs) apoiados sobre a calha de captação e condução do drenado. Pelotas, 2014. Fonte: Gabriel Nachtigall Marques



Apêndice B. Enraizamento de estolões provenientes de plantas produtivas no próprio leito de cultivo. Pelotas, 2015. Fonte: Gabriel Nachtigall Marques



Apêndice C. Armadilha adesivo-luminosa (luz negra) empregada para captura de coleópteros crisomelídeos desfolhadores. Pelotas, 2014. Fonte: Gabriel Nachtigall Marques



Apêndice D. Produtos fitossanitários empregados nos experimentos.

Data	Produto	Dose	Motivo
04/07/2014	Rovral [®] (Iprodiona)	1,5 g de pc*/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
20/09/2014	Kamoi [®] (<i>Clonostachys rosea</i>)	4 g de pc/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
17/10/2014	Kamoi [®] (<i>Clonostachys rosea</i>)	4 g de pc/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
30/10/2014	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
05/11/2014	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
07/11/2014	Kamoi [®] (<i>Clonostachys rosea</i>)	4 g de pc/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
23/11/2014	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Focos de Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
25/11/2014	Kraft 36 EC [®] (Abamectina)	0,3 ml de pc/l + 2,5 ml/l de óleo mineral	Focos de Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
01/12/2014	Kraft 36 EC [®] (Abamectina)	0,3 ml de pc/l + 2,5 ml/l de óleo mineral	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
07/12/2014	Kraft 36 EC [®] (Abamectina)	0,3 ml de pc/l + 2,5 ml/l de óleo mineral	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
28/01/2015	Actara 250 WG [®] (Tiametoxam)	0,1 g de pc/l	Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>) nas mudas de estolões.
28/02/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) e Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
08/03/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) e Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
15/03/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) e Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
26/03/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) e Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>)
30/03/2015	Actara 250 WG [®] (Tiametoxam)	0,1 g de pc/l	Pulgão-verde (<i>Chaetosiphon fragaefolli</i>) nas mudas de estolões.
08/04/2015	Kraft 36 EC [®] (Abamectina)	0,3 ml de pc/l + 2,5 ml/l de óleo mineral	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
15/04/2015	Kraft 36 EC [®] (Abamectina)	0,3 ml de pc/l + 2,5 ml/l de óleo mineral	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
22/04/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Preventiva
29/04/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Preventiva
15/05/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Preventiva
26/05/2015	Kamoi [®] (<i>Clonostachys rosea</i>)	4 g de pc/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
16/06/2015	Azamax [®] (Azadiractin)	0,5% de pc	Preventiva
14/07/2015	<i>Trichoderma sp.</i> **	2,5 g/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
28/07/2015	Ácaro predador Macromip [®] (<i>Phytoseulus macropilis</i>)	42 ácaros/m ²	Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
31/07/2015	<i>Trichoderma sp.</i> **	2,5 g/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
15/08/2015	Rovral [®] (Iprodiona)	1,5 g de pc/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
08/09/2015	<i>Trichoderma sp.</i> **	2,5 g/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)
27/09/2015	Rovral [®] (Iprodiona)	1,5 g de pc*/l	Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)

* Produto comercial; ** Produto em pó fabricado na biofábrica da Embrapa Clima Temperado (Pelotas) – Estação Experimental Cascata.