

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA -
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Anderson Rafael Webler

**PARTIÇÃO DE MASSA SECA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE
MORANGO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA
ORIGEM DAS MUDAS**

**Frederico Westphalen, RS
2019**

Anderson Rafael Webler

**PARTIÇÃO DE MASSA SECA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGO EM
FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA ORIGEM DAS MUDAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

Orientadora: Prof.^a Dra. Denise Schmidt

**Frederico Westphalen, RS, Brasil
2019**

Webler, Anderson Rafael
PARTIÇÃO DE MASSA SECA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE
MORANGO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA
ORIGEM DAS MUDAS / Anderson Rafael Webler.- 2019.
65 p.; 30 cm

Orientadora: Denise Schmidt
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2019

1. Fragaria x ananassa Duch 2. Cultivo fertirrigado
3. Partição de fotoassimilados 4. Produção de frutos I.
Schmidt, Denise II. Título.

Anderson Rafael Webler

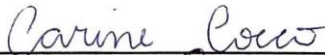
**PARTIÇÃO DE MASSA SECA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGO EM
FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA ORIGEM DAS MUDAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

Aprovado em 29 de março de 2019:



Denise Schmidt, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Carine Cocco, Dra. (UCS)



Gizelli Moiano de Paula, Dra. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS, Brasil
2019

*Aos meus pais, Rubenson e Neusa
e à minha esposa Andressa, pelo incentivo e
apoio em todos os momentos*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por me abençoar nesta caminhada.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade de cursar o Mestrado.

A Prof^a. Dra. Denise Schmidt, pela oportunidade, confiança e ensinamentos recebidos ao longo destes dois anos de orientação.

Ao professor Braulio e demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, pelo conhecimento recebido.

Aos meus pais, Rubenson e Neusa, pelo amor, exemplo e incentivo em todos os momentos de minha vida.

À Andressa Kono, minha esposa, pelo amor, carinho, incentivo, companheirismo e paciência me acompanhando e ajudando em todos os momentos.

À direção e amigos do Colégio Politécnico da UFSM pela oportunidade e incentivo ao crescimento profissional.

Aos meus amigos e colegas de laboratório: Marcos V. M. Pinheiro, Leonardo A. Thiesen, Fábio Knapp, Guilherme Araújo, Evandro, Marcela, Gabrieli, Axel, João, Iuri, Matheus e Tainara pela ajuda, companheirismo e amizade, fundamentais para a execução da pesquisa.

Enfim, a todos aqueles não citados, que contribuíram diretamente e indiretamente para que eu vencesse mais esta importante etapa de minha vida.

A todos vocês meu sincero **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

PARTIÇÃO DE MASSA SECA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA ORIGEM DAS MUDAS

AUTOR: Anderson Rafael Webler

ORIENTADORA: Denise Schmidt

O sucesso do cultivo de morango depende de vários fatores, como da qualidade das mudas e sua adaptação ao local de cultivo, assim como do manejo e sistema de fertirrigação utilizados. Assim, o objetivo foi estudar a influência do sistema de fertirrigação e da origem das mudas no crescimento, na produção e qualidade de morango da cultivar Albion em dois cultivos subsequentes. Para análise de crescimento e partição de massa seca foram conduzidos dois experimentos em delineamento blocos casualizados (DBC), em esquema trifatorial 2x2x15, sendo avaliados no primeiro duas origens das mudas (nacionais e importadas), dois sistemas de fertirrigação (sistema aberto e fechado) e 15 avaliações das plantas durante o cultivo e no segundo experimento, dois sistemas de fertirrigação, dois períodos de cultivo e 15 avaliações. Foi avaliado o acúmulo de massa seca das variáveis: raiz, caule, folhas, folhas senescentes, flores, frutos comerciais e frutos não-comerciais, além de volume de raiz, comprimento de raiz, número de folhas, número de flores, número de frutos comerciais e não-comerciais. No primeiro experimento houve diferença significativa para massa seca, comprimento e volume de raiz, além de folhas senescentes, com maiores médias nas plantas oriundas de mudas importadas. Massa seca e número de frutos comerciais e não-comerciais foram maiores nas plantas de mudas nacionais, enquanto os demais fatores foram significativos apenas entre as avaliações. No segundo experimento houve diferença entre anos de cultivo, com destaque no primeiro nas variáveis massa seca, volume e comprimento de raiz, número de folhas, área foliar, massa seca e número de folhas senescentes e de flores. De modo geral, observou-se incremento constante das variáveis avaliadas até a última avaliação, aos 196 dias após o transplante. Para análise de produção e qualidade também foram conduzidos dois experimentos, em DBC, em esquema fatorial 2x2, sendo o primeiro com duas origens das mudas (nacionais e importadas), e dois sistemas de fertirrigação (aberto e fechado) e o segundo comparando os dois sistemas de fertirrigação em dois anos de cultivo. Foram avaliadas as variáveis produtivas (produção, número de frutos por planta e massa média de frutos) e qualitativas (teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), e relação de AT/SS). No primeiro experimento, as mudas nacionais e o sistema de fertirrigação aberto apresentaram maior produtividade e número de frutos por planta. No segundo, o sistema de fertirrigação aberto apresentou maior produção, sem diferença no segundo cultivo para o número de frutos. Das variáveis qualitativas, apenas AT apresentou diferença entre os sistemas de fertirrigação, com maior média no sistema fechado, no primeiro experimento, enquanto no segundo houve diferenças entre os cultivos para AT e SS, com maiores médias no primeiro. Assim, recomenda-se o cultivo de mudas de origem nacional e maiores pesquisas sobre a viabilidade do sistema de fertirrigação fechado, já que apresentou resultado produtivo inferior ao aberto.

Palavras Chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Cultivo fertirrigado. Partição de fotoassimilados. Produção de frutos.

ABSTRACT

PARTITION OF DRY MASS, PRODUCTION AND QUALITY OF STRAWBERRY IN THE FUNCTION OF THE FERTIRRIGATION SYSTEM AND THE ORIGIN OF THE SEEDLINGS

AUTHOR: Anderson Rafael Webler

ADVISOR: Denise Schmidt

The success of strawberry cultivation depends on several factors, such as the quality of the seedlings and their adaptation to the growing site, as well as the management and fertigation system used. Thus, the objective was to study the influence of the fertigation system and the origin of the seedlings on the growth, production and strawberry quality of the Albion cultivar in two subsequent crops. To growth and dry mass study, two experiments were carried out in a randomized complete block design (RBD), in a 2x2x15 trifactorial scheme. The first two origins of the seedlings (national and imported), two fertigation systems (open and closed system) and 15 plant evaluations during the cultivation and in the second experiment, two fertigation systems, two cultivation periods and 15 evaluations. It was evaluated the dry mass accumulation of root, stem, leaves, senescent leaves, flowers, commercial fruits and non-commercial fruits, besides root volume, root length, number of leaves, number of flowers, number of fruits commercial and non-commercial. In the first experiment there was a significant difference for dry mass, root length and volume, as well as senescent leaves, with higher plant mean values from imported seedlings. Dry mass and number of commercial and non-commercial fruits were higher under national seedlings, while other factors were significant only among the evaluations. In the second experiment there was a difference between the years of cultivation, with the first one being the dry mass, root volume and length, leaf number, leaf area, dry mass and number of senescent leaves and flowers. In general, we observed a constant increase of the variables evaluated until the last evaluation, at 196 days after transplantation. For the production and quality analysis, two experiments were carried out in RBD in a 2x2 factorial scheme, the first one with two origins of the seedlings (national and imported), and two fertigation systems (open and closed) and the second comparing the two fertigation systems in two crops. The productive variables (yield, number of fruits per plant and average mass of fruits) and qualitative variables (total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), and TA/TSS ratio) were evaluated. In the first experiment, the national seedlings and the open fertigation system presented higher productivity and number of fruits per plant. In the second, the open fertigation system presented higher yield, without difference in the second crop for the number of fruits. From the qualitative variables, only TA presented a difference between the fertigation systems, with the highest average in the closed system, in the first experiment, while in the second there were differences between the cultivars for TA and TSS, with higher averages in the first one. Thus, it is recommended the cultivation of seedlings of national origin and further research on the viability of the closed fertigation system, since it presented a lower than open production result.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Fertigated cultivation. Partitioning of photosynthates, fruit yield.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	HISTÓRICO E PANORAMA DA CULTURA DO MORANGO	10
2.2	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS	11
2.3	FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO	12
2.4	SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	13
2.5	SISTEMAS DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO COM SUBSTRATO	14
2.6	PRODUÇÃO E ORIGEM DAS MUDAS	15
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
3	ARTIGO 1: CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE MASSA SECA DE MORANGUEIRO EM FUNÇÃO DA ORIGEM DAS MUDAS, SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E ANO DE CULTIVO.....	19
3.1	RESUMO.....	19
3.2	ABSTRACT.....	20
3.3	INTRODUÇÃO	21
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.4.1	Local e características dos experimentos.....	22
3.4.2	Delineamentos experimentais.....	24
3.4.3	Variáveis analisadas	25
3.5	RESULTADOS.....	25
3.5.1	Experimento 1.....	26
3.5.2	Experimento 2.....	30
3.5.3	Partição de massa seca.....	34
3.6	DISCUSSÃO	37
3.7	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
4	ARTIGO 2: PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA ORIGEM DAS MUDAS	42
4.1	RESUMO.....	42
4.2	ABSTRACT.....	43
4.3	INTRODUÇÃO	44
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	45
4.4.1	Local dos experimentos.....	45
4.4.2	Características do experimento e manejo das plantas	46
4.4.3	Delineamento experimental.....	47
4.4.4	Variáveis analisadas	47
4.5	RESULTADOS.....	48
4.5.1	Experimento 1.....	49
4.5.2	Experimento 2.....	53
4.6	DISCUSSÃO	55
4.7	CONCLUSÕES	58
5	DISCUSSÃO GERAL	62
6	CONCLUSÃO GERAL	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* D.) tem grande destaque na geração de renda, principalmente em pequenas propriedades rurais, permitindo altas produtividades e sustendo de famílias mesmo em pequenas áreas, atingindo importância social considerável, pelo valor gerado de forma direta e indireta na sua cadeia de cultivo (ANTUNES e REISSER JÚNIOR, 2007).

Os sistemas de cultivo de morango podem ser classificados em convencional, hidropônico e semi-hidropônico. O sistema convencional de cultivo é feito em canteiros com plantio no solo, com ou sem cobertura plástica e sistemas de irrigação e fertirrigação, sendo o sistema com menor uso de tecnologia. No sistema hidropônico, o cultivo é feito em ambiente protegido, as plantas são acondicionadas em calhas e com solução nutritiva circulante, sem o uso de substrato. No sistema semi-hidropônico o cultivo também é feito em ambiente protegido, sobre bancadas, diferindo do sistema hidropônico pelo uso de substrato onde as raízes das plantas se desenvolvem, recebendo os nutrientes necessários via fertirrigação. Nas últimas décadas vem se tornando cada vez mais comum o cultivo neste sistema. O cultivo em substrato é a modalidade mais difundida e adotada no Brasil, tendo ainda grande potencial para aumento da produção de frutos e melhoria da sua qualidade (GONÇALVES et al., 2016). Este sistema apresenta diversas vantagens ao produtor, como a diminuição da incidência de doenças e a melhoria na ergonomia, permitindo o cultivo orgânico mais facilmente e permitindo melhor aproveitamento da mão-de-obra (FERNANDES JÚNIOR e LEAL, 2009).

Em relação ao sistema semi-hidropônico, pode-se classifica-lo em aberto ou fechado. Nos sistemas abertos, mais comumente usados no cultivo do morangueiro, a solução nutritiva aplicada não retorna às plantas, sendo perdida por drenagem do excedente. Nos sistemas fechados ou recirculantes a solução nutritiva volta para um depósito e é reaproveitada, recirculando novamente no ambiente radicular (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2002). O cultivo em sistemas fechados de fertirrigação é pouco difundido entre os produtores de morango, pela necessidade de conhecimento mais aprofundado do manejo da fertirrigação e demais características deste sistema.

A utilização de mudas de qualidade é fator essencial para o sucesso do cultivo. Diversos fatores relacionados às mudas podem afetar o desenvolvimento e a produtividade do morangueiro. Entre os principais pode-se citar a sanidade e o vigor, este último, relacionado à fatores como diâmetro de coroa e processo de vernalização (COCCO et al., 2011). A origem

da muda pode influenciar na qualidade e fatores relacionados a produção, sendo fator importante de pesquisa para a cultura.

Diante da demanda por informações que apresentem resultados sobre os aspectos de manejo e cultivo que possibilite aos produtores de morango o aumento da produtividade e lucratividade, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar as características de crescimento, produção e qualidade de plantas de morango cultivar Albion, cultivadas em sistemas de fertirrigação aberto e fechado, com mudas nacionais e importadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO E PANORAMA DA CULTURA DO MORANGO

Morangos silvestres já foram consumidos desde a pré-história, tendo sido encontrados vestígios em sítios arqueológicos do Neolítico, período compreendido entre 10 mil e 6 mil a.C. (VIGNOLO et al., 2016). Estes autores citam relatos do cultivo por romanos no século I, o uso medicinal na Europa no século XIII e cultivos mais extensos do morango alpino (*F. vesca*) a partir do século XIV.

O morango cultivado atualmente (*Fragaria x ananassa*) originou-se por hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch. que ocorreu de forma espontânea na França, quando as espécies foram cultivadas lado a lado, originando frutos de maior tamanho e polpa vermelha, diferente dos morangos que vinham sendo cultivados até então (HANCOCK, 2006; FINN et al., 2013).

O cultivo do morangueiro é realizado em todos os continentes do mundo. A cultura está em constante expansão, o que pode ser observado pela produção mundial, que triplicou nas últimas duas décadas. Segundo dados da FAO (2018) em 2017 a produção mundial da fruta foi de 9,2 milhões de toneladas, e a área cultivada foi de 396 mil ha, o que mostra média de 23,3 ton/ha. Estados Unidos é o maior produtor mundial, destacando-se por sua produtividade superior aos demais países e por manter a taxa de crescimento da sua produção nas últimas décadas (MADAIL, 2016). O mesmo autor destaca a Espanha como maior exportador mundial de morango, mesmo com produção bem menor em comparação aos Estados Unidos, que fica em segundo lugar no ranking de maiores exportadores.

No Brasil, a produção está concentrada nos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que juntos produziram mais de 75 % do total de 146,5 ton do país, segundo o Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2018). Há informações de que o cultivo do morangueiro no Brasil iniciou em torno do ano de 1950, no município de Estiva, em Minas Gerais, apesar da maior expansão do cultivo da fruta ter ocorrido a partir da década de 80, com a introdução de novas cultivares e tecnologias de produção (MADAIL, 2016).

Por ser uma atividade que demanda elevada mão-de-obra, o cultivo do morangueiro tem importância na geração de empregos e renda, principalmente a pequenos produtores rurais, já que em pequenas áreas é possível obter alto rendimento bruto. Segundo o IBGE (2018), há próximo de 13 mil estabelecimentos agrícolas que se dedicam ao cultivo do morango no Brasil.

O cultivo do morango possui importância social, em função do elevado número de produtores envolvidos e empregos gerados em diferentes escalas produtivas, sendo que o cultivo em escala comercial é recente e devido ao seu caráter delicado demanda mão-de-obra especializada (MADAIL, 2016).

A importância nutricional do morango também merece ser destacada. A fruta é fonte de vários nutrientes essenciais à saúde humana, como minerais, vitamina C, aminoácidos, além de compostos fenólicos, como as antocianinas, que possuem atividade antioxidante, prevenindo o envelhecimento e a formação de tumores no ser humano (SIMMONDS & PREEDY, 2016).

O principal mercado de morango no Brasil é a fruta fresca, apesar da sua conservação não ser viável por muitos dias. Além disso, a demanda por subprodutos industrializados também é alta e consome parte da produção nacional, sendo o processado na forma de geleias, sorvetes, sucos, xaropes, e na forma de polpa congelada (MADAIL, 2016).

2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

O morangueiro é uma planta angiosperma dicotiledônea, sendo pertencente à família Rosaceae, subfamília Rosoideae (JONES, 1995, apud VIGNOLO et al., 2016). As plantas possuem sistema radicular fasciculado, originado da coroa e que se renova constantemente, podendo chegar a atingir mais de 50 cm de comprimento (VIGNOLO et al., 2016). As raízes mais velhas são perenes, servindo para absorção e armazenamento de reservas para a planta, enquanto as mais novas surgem da coroa, logo acima das mais velhas. O caule do morango é um rizoma estolhoso, com entrenós curtos, e em cujas gemas surgem os demais órgãos da planta, como folhas, inflorescências e estolhos (RONQUE, 1998).

As folhas do morangueiro são compostas, com três folíolos dentados e com textura e pilosidade variáveis, apresentando grande número de estômatos (RONQUE, 1998). As flores são em geral hermafroditas, com cálice pentâmero e acima de 20 estames e entre 200 e 400 pistilos, sendo agrupadas em inflorescências do tipo cimeira (VIGNOLO et al., 2016). Estes autores citam que a polinização é feita geralmente por insetos, como abelhas, moscas e vespas, mas também pode ocorrer de forma anemófila, pois o pólen é viável por 48 horas e as melhores condições para a polinização ocorrem com temperatura em torno 15 °C e umidade relativa próxima a 80%. Os frutos verdadeiros são os aquênios, muito confundidos com sementes, sendo oriundos da fecundação dos óvulos, que estimulam o engrossamento do receptáculo, o qual constitui o pseudofruto ou infrutescência carnosa (VIGNOLO et al.,

2016). Assim, geralmente chamamos de fruto o conjunto de pseudofrutos e aquênios de uma infrutescência.

2.3 FISILOGIA DO MORANGUEIRO

O desenvolvimento do morangueiro depende da formação e evolução das suas gemas terminais e axilares, estando o desenvolvimento das gemas axilares relacionado à dominância apical, sendo as gemas basais as primeiras a se formarem. A transformação das gemas em uma planta de morangueiro pode ocorrer para formação de folhas, coroas ou estolões, na fase vegetativo, ou em inflorescências, na fase reprodutiva (PALHA et al., 2005). Nos cultivos comerciais, o desenvolvimento vegetativo inicia após o transplante da muda para o local definitivo, com a atividade do meristema apical, seguida do processo de alongação celular e diferenciação, enquanto a fase reprodutiva, onde ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para floral, depende de determinadas condições (VIGNOLO et al., 2016).

O crescimento e desenvolvimento vegetativo do morangueiro ocorre em ampla faixa de temperatura, sendo as ideias entre 20 e 32 ° C (GONÇALVES et al., 2016). O crescimento vegetativo é importante para melhores condições posteriores para floração e frutificação. Diferente do desenvolvimento vegetativo, o reprodutivo está relacionado diretamente a condições de temperatura e fotoperíodo, que são captadas pelas folhas e desencadeiam o processo de indução floral. Além deste, o florescimento compreende os processos de iniciação da flor, caracterizada por mudanças físicas e químicas na gema, diferenciação da flor, com desenvolvimento dos órgãos florais e da inflorescência dentro do botão, e a antese, fase em que os órgãos florais são expostos, permitindo a polinização e consequente formação dos frutos (GONÇALVES et al., 2016).

Para o processo de indução floral, algumas cultivares de morangueiro são suscetíveis ao fotoperíodo, de modo que a indução floral ocorre preferencialmente quando o fotoperíodo é menor de 12 horas, nas cultivares chamadas de “dia curto”, ou maior de 12 horas, nas de “dia longo”, enquanto outras, chamadas de “dia neutro”, não respondem as estas condições (OLIVEIRA e ANTUNES, 2016). Além do fotoperíodo, a temperatura está relacionada a indução floral do morangueiro, sendo as temperaturas noturnas mais baixas e a maior variação diária destas fundamentais para boa floração (PALHA et al., 2005).

2.4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Durante muitos anos o cultivo do morangueiro era realizado em solo, com ou sem uso de mulching e de túnel baixo de plástico. Esta forma de cultivo, com menos tecnologia e proporcionalmente menor custo para implantação e maior facilidade de manejo, entretanto a cultura está mais exposta às doenças de solo e condições climáticas adversas (CALVETE et al., 2016).

Nas últimas duas décadas muitos produtores estão migrando para o sistema de cultivo semi-hidropônico de morango. Neste sistema, as plantas são cultivadas sobre bancadas, em calhas ou “slabs” (travesseiros) preenchidos com substrato e uso de fertirrigação, no interior de ambiente protegido. Este sistema tem maior custo inicial para implantação, mas permite maior otimização da mão-de-obra, através de melhor ergonomia e menor efeito do clima nas práticas culturais. Além disso, o controle das condições climáticas e da nutrição das plantas permite, conseqüentemente, maior produtividade e qualidade dos frutos. O cultivo do morangueiro em sacolas tubulares preenchidas com substrato, chamadas de “slabs”, sobre bancadas de em torno de 1,0 m de altura do solo, já está bastante difundido no Rio Grande do Sul (CALVETE et al., 2016). As bancadas são geralmente feitas de madeira, com ripas dispostas sobre palanques, largura de 0,8 m e espaçamento de 1 m entre bancadas para circulação, de forma a permitir boa distribuição da energia solar e facilidade para realização do manejo e tratos culturais das plantas (BORTOLOZZO et al., 2007). As sacolas tubulares possuem diversos tamanhos, podendo variar entre 0,3 x 0,35 m e 0,3 x 1,5m, sendo mais utilizadas as com 0,3 x 1,0m e, em consequência, o número de plantas pode variar entre quatro e oito por “slab” (CALVETE et al., 2016).

O substrato utilizado para servir de base para o enraizamento e ancoragem das plantas pode variar de acordo com a região, a disponibilidade e viabilidade. Para uso em sistema semi-hidropônico o substrato ideal deve possuir densidade de 300 a 400 kg m³, porosidade total próxima a 85%, pH entre 5,2 e 6 e ser livre de patógenos ou contaminantes, além de ter baixo custo, estabilidade e uniformidade (GONÇALVES et al., 2016). O substrato mais utilizado, principalmente na região sul do Brasil, é a casca de arroz carbonizada (CAC), tanto pura como em misturas, por apresentar boas características físicas, como boa drenagem, fácil manuseio e baixo custo, que são fatores interessantes aos produtores de morango (MEDEIROS et al., 2008).

O cultivo fora de solo apresenta expansão principalmente em países industrializados, onde há limitações para o cultivo no solo, como salinidade, falta de água ou pragas e doenças

de solo que limitam a produção (CALVETE et al., 2016). Este sistema de cultivo apresenta diversas vantagens, como o controle da água e nutrientes, menores danos ao meio ambiente, maior produtividade e qualidade dos alimentos, dispensa a troca de área de cultivo por problemas sanitários, assim como o uso excessivo de defensivos químicos, permite maior aproveitamento da mão-de-obra e ergonomia para os trabalhadores (PAPASSEIT, 2006). Como desvantagens temos os altos custos para implantação de sistemas mais modernos e a contaminação gerada pelas drenagens, o que pode ser minimizado pelo uso de sistemas em ciclo fechado, pois ao longo do tempo, com a evolução da tecnologia, os custos diminuem (PAPASSEIT, 2006; CALVETE et al., 2007).

O sistema de cultivo sem solo também permite otimização do uso da água e de fertilizantes, quando utilizado reaproveitamento da solução nutritiva. Outra vantagem é a possibilidade de até mesmo triplicar o uso da área, por não haver necessidade de rotação de culturas como no sistema convencional (OLIVEIRA et al., 2017). Em sistemas convencionais, com cultivo em solo, a cultura tem sido usada como anual, em função das dificuldades de controle de doenças e da nutrição, enquanto no sistema semi-hidropônico as plantas são mantidas por dois anos ou mais (PICIO et al., 2013).

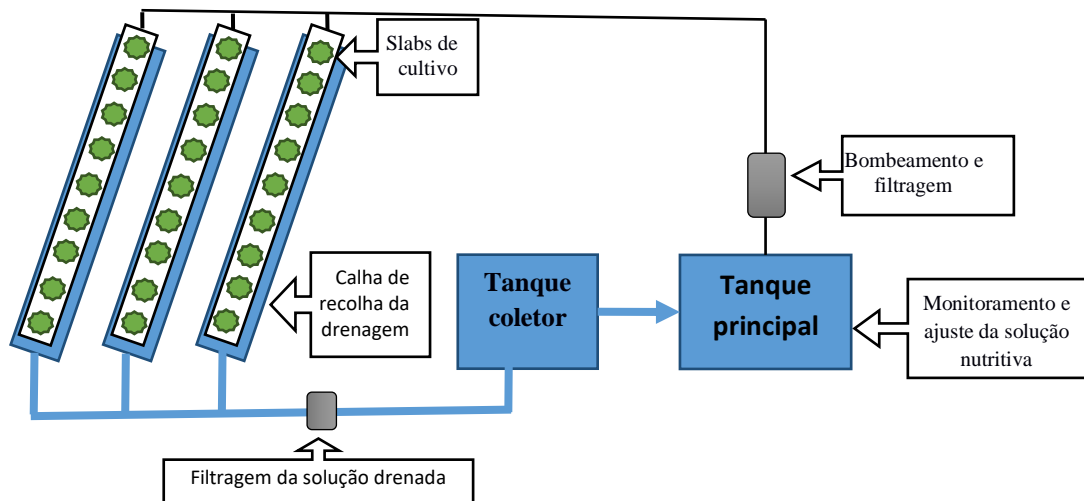
2.5 SISTEMAS DE FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO COM SUBSTRATO

Como em outras culturas, no morango a fertirrigação é utilizada em larga escala, permitindo aumentar a produtividade pelo fornecimento de água e nutrientes de acordo com as necessidades das plantas ao longo do seu ciclo de cultivo. No sistema semi-hidropônico, com cultivo em substratos, os nutrientes devem ser fornecidos às plantas na forma de solução nutritiva, aplicada via fertirrigação, mantendo determinada proporção entre os nutrientes da sua composição, de modo a atender as necessidades das plantas (ANDRIOLO et al., 2002). Existem várias recomendações de composição da solução nutritiva para morango, que devem ser ajustadas de acordo com as características do sistema de cultivo.

O sistema de fertirrigação mais utilizado pelos produtores, chamado de sistema aberto, é composto de fitas gotejadoras instaladas dentro dos slabs, que por possuírem perfurações em sua parte inferior, perdem o excesso da solução nutritiva, que cai no solo da estufa. O sistema de fertirrigação fechado diferencia-se apenas em relação ao fato de ocorrer captação e retorno da solução nutritiva para o reservatório, onde a mesma é monitorada (GONÇALVES et al., 2016). O sistema fechado geralmente é conduzido utilizando-se substrato inerte, apenas para sustentação das plantas e solução nutritiva semelhante à usada em hidroponia, com constante

monitoramento. Este sistema permite economia de água e nutrientes, além de ser também uma medida de preservação ambiental (CALVETE et al., 2016). A Figura 1 apresenta os principais componentes de um sistema de irrigação fechado.

Figura 1 – Esquema de funcionamento de sistema fechado de fertirrigação em cultivo de morango semi-hidropônico.



2.6 PRODUÇÃO E ORIGEM DAS MUDAS

As mudas de morangueiro são produzidas através de estolões oriundos de uma planta matriz, enraizados no solo ainda conectados à planta-mãe. Estas mudas, de raiz nua, são a forma tradicional de propagação da cultura, mesmo havendo outras formas de produção de mudas como as produzidas em bandejas (PICIO et al., 2013).

A produção de mudas matrizes é feita *in vitro*, por meio de cultivo de meristemas de plantas mantidas em jardim clonal e posterior multiplicação, enraizamento e aclimação para transplante a campo com densidade de 2,5 a 4 mil matrizes por hectare (DUTRA et al., 2016).

No cultivo do morango, geralmente as plantas são substituídas por novas mudas a cada no máximo dois anos, pois a qualidade das mudas novas é de fundamental importância para um bom desenvolvimento do cultivo. No Brasil ainda são poucos viveiros produtores de muda certificadas, de modo que alguns produtores, geralmente em pequena escala, optem por produzir a própria muda. GONÇALVES et al. (2016) alertam que muitas vezes estas mudas possuem muito baixa qualidade, motivo pelo qual a maioria dos produtores tem optado por

mudas importadas, provindas do Chile e Argentina. Segundo COCCO et al. (2011) em torno de 80% das mudas plantadas são importadas destes países, sendo produzidas na região da Patagônia.

As mudas importadas têm qualidade, por passarem por período natural de vernalização, em frio, e assim possuem maior uniformidade de brotação e desenvolvimento, com conseqüente maior produção. Porém, estas mudas são entregues aos produtores após o período ideal para transplante nas regiões produtoras da região Sul do Brasil (PICIO et al., 2013), deixando de obter o potencial máximo de produtividade, que seria possível com plantio precoce das mudas. COCCO et al. (2016) citam a necessidade de técnicas que permitam obter produção precoce nesta região, no período compreendido entre junho e setembro, com o objetivo de aproveitar a variação sazonal dos preços pagos ao produtor, que são maiores neste período. Além da época de plantio, citam que a precocidade de produção também está relacionada à qualidade geral das mudas, como o diâmetro da coroa e idade fisiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 24-27, 2002.
- ANTUNES, O. T., et al. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.4, p.426-430. 2006.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'esportazione in Europa. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v. 69, n. 5, p. 60-65, 2007.
- BORTOLOZZO, A. R. et al. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. EMBRAPA. Bento Gonçalves 2007.
- CALVETE, E. O. et al. Sistemas de produção fora do solo. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., et al (Ed.). **Morangueiro**. Brasília - DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016. p.219-258.
- CALVETE, E. O. et al. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.
- COCCO, C. et al. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agric.**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011.
- COCCO, C. et al. Produção de mudas. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., et al (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016. cap. 5, p.79-109.
- DUTRA, L. F. et al. Produção de matrizes. In: EMBRAPA (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF, 2016. cap. 4, p.67-78.
- FAO. **FAOSTAT: Crops / Strawberry**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>>. Acesso em: 22/12/2018.
- FERNANDES-JÚNIOR, F.; 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, n. 1, p. 25-34, 2002.
- FINN, C. E. et al. The Chilean Strawberry (*Fragaria chiloensis*): Over 1000 Years of Domestication. **HortScience**, v. 48, n. 4, p. 418-421, 2013
- GONÇALVES, M. A. et al. Comportamento produtivo de Cultivares de Morangueiro estabelecidos a partir de mudas com torrão. **Revista Electr. Cient. Uergs**, v. 2, n. 3, p. 277-283, 2016.
- GONÇALVES, M. A. et al. **Produção de morango fora do solo**. Documentos 410. Pelotas - RS: Embrapa Clima Temperado 2016.

HANCOCK, J. F. **Plant evolution and the origin of crop species**. 2. Cambridge, MA, USA: CABI Publishing, 2006.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 20/12/2018.

MADAIL, J. C. M. Panorama econômico. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016.

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES, L. E. C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 4827-4831, 2008.

OLIVEIRA, A. C. B., ANTUNES, L. E. C.. Melhoramento genético e principais cultivares. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016. cap. 5, p.133-148.

OLIVEIRA, I. P.; BELARMINO, L. C.; BELARMINO, A. J. Viabilidade da produção de morango no sistema semi-hidropônico recirculante. **Custos e @gronegocio on line**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 2017.

PALHA, M. D. G., et al. **Manual do Morangueiro**: INIAP/EAN. 137 p. 2005.

PAPASSEIT, P. **Oportunidades del cultivo sin suelo para las fresas de Huelva**. Revista Horticultura. 193: 30-35 p. 2006.

PICIO, M. D. et al. Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 375-379, 2013.

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. EMATER/PR, 1998.

SIMMONDS, M. S. J.; PREEDY, V. R., Eds. **Nutritional Composition of Fruit Cultivars**: Elsevier Inc., p.79, 8ed. 2016.

VIGNOLO, G. K. et al. Origem e botânica. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016.

3 ARTIGO 1: CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE MASSA SECA DE MORANGUEIRO EM FUNÇÃO DA ORIGEM DAS MUDAS, SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E ANO DE CULTIVO

3.1 RESUMO

O cultivo do morango possui diversas particularidades, entre elas a necessidade de se obter mudas de qualidade, adaptadas ao local de cultivo, e de manejo adequado da fertirrigação. Da mesma forma, é importante conhecer as características de crescimento das plantas. Assim, objetivou-se estudar a influência da origem das mudas e do sistema de fertirrigação no acúmulo e partição de massa seca de morangueiro, cultivar Albion, em dois anos de cultivo. Foram conduzidos dois experimentos em delineamento blocos casualizados, em esquema trifatorial, sendo avaliados no primeiro duas origens das mudas (nacionais e importadas), dois sistemas de fertirrigação (sistema aberto e fechado) e 15 avaliações das plantas durante o cultivo. No segundo experimento, dois sistemas de fertirrigação, dois períodos de cultivo e 15 avaliações. Foi avaliado o acúmulo de massa seca das variáveis raiz, caule, folhas, folhas senescentes, flores, frutos comerciais e frutos não-comerciais, além de volume de raiz, comprimento de raiz, número de folhas, número de flores, número de frutos comerciais e não-comerciais. No primeiro experimento houve diferença significativa para massa seca, comprimento e volume de raiz, além de folhas senescentes, com maiores médias nas plantas oriundas de mudas importadas. Massa seca e número de frutos comerciais e não-comerciais foram maiores nas plantas de mudas nacionais, enquanto os demais fatores foram significativos apenas entre as avaliações. No segundo experimento houve diferença entre os cultivos, com destaque no primeiro nas variáveis massa seca, volume e comprimento de raiz, número de folhas, área foliar, e massa seca e número de folhas senescentes e de flores. De modo geral, observou-se crescimento constante das variáveis avaliadas até a última avaliação, aos 196 dias após o transplante. Houve destaque para mudas importadas nas variáveis relacionadas a raiz e nas nacionais, relacionadas à produção de frutos. O crescimento e partição de massa seca foi afetado pelo ano do cultivo.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., cultivo fertirrigado, partição de fotoassimilados.

3.2 ABSTRACT

The strawberry cultivation has several peculiarities, among them the need to obtain quality seedlings, adapted to the place of cultivation and proper management of the fertirrigation. Likewise, it is important to know the growth characteristics of plants. The objective of this study was to evaluate the influence of the origin of the seedlings and the fertigation system on the accumulation and partition of strawberry dry mass, Albion cultivar, in two subsequent crops. Two experiments were carried out in a randomized complete block design, in a trifactory scheme. In the first, two origins of the seedlings (national and imported), two fertirrigation systems (open and closed system) and 15 plant evaluations during cultivation were evaluated. In the second experiment, two fertigation systems, two cropping periods and 15 evaluations. It was evaluated the dry mass accumulation of root, stem, leaves, senescent leaves, flowers, commercial fruits and non-commercial fruits, besides root volume, root length, number of leaves, number of flowers, number of commercial and non-commercial fruits. In the first experiment there was a significant difference for dry mass, root length and volume, as well as senescent leaves, with higher plant mean values in plants from imported seedlings. Dry mass and number of commercial and non-commercial fruits were higher in national seedlings, while other factors were significant only among the evaluations. In the second experiment, there was a difference between the cultivars, with the first one having higher averages for the dry mass, root volume and length, leaf number, leaf area and dry mass and number of senescent leaves and flowers. In general, we observed a constant growth of the variables evaluated until the last evaluation, at 196 days after transplantation. There were highlights for imported seedlings in the variables related to roots, and in the national ones, related to fruit production. Growth and dry matter partition was affected by the year of cultivation.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch., Fertigated cultivation, photoassimilates partition.

3.3 INTRODUÇÃO

Nos muitos locais em que é cultivado, o morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) possui características variadas, já que está distribuído em todos os continentes do mundo. Sua produtividade tem aumentado constantemente nas últimas décadas, segundo dados da FAO (2018). O cultivo no Brasil possui mais destaque nos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, sendo seguido pelo estado de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, totalizando produção nacional anual de mais de 146 t (IBGE, 2018). A cultura do morango é importante para a geração de renda aos produtores rurais, principalmente em pequenas propriedades, pois possui alta rentabilidade por área (PASSOS et al., 2015) e os cultivos em grande escala ainda são poucos no país.

Para ter produtividade otimizada, o morango possui várias exigências, e entre as mais importantes estão as condições climáticas e adequado fornecimento de água e nutrição. A maioria das cultivares de morango é adaptada para cultivo em locais com temperaturas do ar amenas, com noites mais frias, abaixo de 15 °C e temperaturas diurnas que não ultrapassem os 30 °C (ALMEIDA, 2016; GONÇALVES et al., 2016b)

A aclimação de mudas de morangueiro ao local de cultivo é importante, assim como o clima do local onde estas são produzidas. Fatores como o acúmulo de horas de frio e pluviosidade são considerados ao se escolher um viveiro de produção de mudas, já que estes fatores possuem relação direta com a qualidade fisiológica das mudas, fator pelo qual a maioria dos viveiros são localizados em regiões de maior altitude (COCCO et al., 2016). Devido a dificuldade em atender estes requisitos nas condições climáticas nacionais, grande parte das mudas são importada de locais como Chile e Argentina, que possuem condições climáticas mais adequadas (MARTINS et al., 2009).

Mesmo sendo perene, o morangueiro é cultivado como anual, por uma série de fatores, como a qualidade da produção (ANTUNES et al., 2014), além da maior incidência de patógenos e conseqüente redução da produção no segundo cultivo, motivo pelo qual THIESEN et al. (2018) e CERUTTI et al. (2018) destacam a necessidade de renovação anual das plantas. A aquisição de mudas novas representa um custo importante, que pode representar até 25% do custo total de produção. Assim, as mudas nacionais, desde que comprovado seu potencial produtivo semelhante, poderiam representar uma redução de custos ao substituírem as importadas, mais caras. Além disso, as mudas nacionais possuem a vantagem de serem disponibilizadas no momento ideal para o plantio, enquanto as importadas muitas vezes são entregues após este período (PICIO et al., 2013).

O cultivo de morangueiro no Brasil é realizado em sua maioria no sistema semi-hidropônico, com a utilização de substratos e uso de fertirrigação, tradicionalmente no sistema aberto, onde o excesso aplicado é drenado e perdido no solo da estufa. REISSER JUNIOR & ANTUNES (2016) relatam que no Sul do país alguns produtores já têm testado o sistema fechado de fertirrigação, onde são utilizadas calhas para recolha e recirculação da solução nutritiva, reduzindo custos e trazendo sustentabilidade ao cultivo. No sistema aberto a solução nutritiva perdida representa custo adicional ao produtor, além de ser um poluente do solo onde infiltra (GONÇALVES et al., 2016b).

Uma das formas de avaliar o crescimento adequado de plantas em determinado sistema de produção é o acompanhamento do acúmulo e distribuição de massa seca, através da análise de crescimento, ferramenta que auxilia os pesquisadores a acompanhar a adaptação das plantas à determinado sistema de cultivo e identificar diferenças que podem afetar as características produtivas (STRASSBURGER et al., 2010).

Ao analisar o acúmulo de massa seca das plantas ao longo do seu ciclo, está avaliando-se o resultado da atividade fotossintética da planta, pois cerca de 90% da matéria seca acumulada resulta desta (BENINCASA, 2003). O crescimento das plantas é afetado pela adequada disponibilidade de água, luz, CO₂ e nutrientes minerais, de modo que para atingir altas produtividades as plantas precisam de condições ótimas destes fatores (TAIZ et al., 2017). Assim, a partição da massa seca nas plantas indica a capacidade das plantas em assimilar, sintetizar e alocar a matéria nos seus órgãos (STRASSBURGER, 2010), tanto de crescimento como para a produção.

O crescimento do morangueiro foi pouco estudado até então, de forma que o conhecimento das suas características pode ser útil para pesquisas futuras com a cultura. Desta forma, esta pesquisa objetivou avaliar o crescimento e partição de massa seca de plantas de morangueiro cultivadas com mudas de diferentes origens, em sistema aberto e fechado de fertirrigação, durante dois cultivos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Local e características dos experimentos

Os experimentos foram realizados em estufa da área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen – RS. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen, com precipitação bem distribuída

ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). A estufa utilizada possui estrutura em aço galvanizado com cobertura em arco, medindo 10 m de largura por 20 m de comprimento e altura de pé direito de 3,5 m, coberta com filme plástico de polietileno de 150 μ . Em seu interior, as plantas foram cultivadas sobre bancadas de madeira de 0,8 m de altura.

Foram cultivadas plantas de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.), cultivar Albion, em sistema semi-hidropônico. Mudas de raiz nua, após poda de folhas e de raízes a 5 cm de comprimento, foram plantadas em sacolas de plástico tubular branco de 150 μ (“slabs”) com 1,25m de comprimento, contendo oito plantas, com disposição em fileiras duplas desencontradas. As sacolas tubulares foram preenchidas com mistura de casca de arroz carbonizada e substrato comercial “H-Decker” à base de casca de pinus e vermiculita, na proporção 2:1. Foi instalado sistema de irrigação, composto por motobomba, caixa d’água, tubulações e fitas gotejadoras com emissores espaçados em 0,15m entre si, para cada um dos sistemas de fertirrigação avaliados. A fertirrigação foi aplicada de modo automático com utilização de temporizador para sua ativação. A solução nutritiva foi preparada diretamente nas caixas de água, com formulação indicada por MELO & BORTOLOZZO (2006) e manejada de modo a manter a condutividade elétrica da solução nutritiva próxima a 1,5 dS m⁻¹ e com pH próximo a 6,0 duas vezes por semana. A solução nutritiva do reservatório do sistema fechado de fertirrigação foi totalmente substituída a cada dois meses. As temperaturas mínimas e máximas do ar foram monitoradas durante os cultivos, através de termômetro digital no interior das estufas, colocado junto às plantas a 0,8 m de altura do solo e aferição diária. A temperatura média foi estimada pela equação:

$$T.med = \frac{T.max + T.min}{2} \quad (1)$$

Onde: T. med = temperatura média; T. max = temperatura máxima; T. min = temperatura mínima.

As plantas receberam tratamento fitossanitário de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (BORTOLOZZO et al., 2007). Para permitir maior desenvolvimento das plantas no estágio inicial de crescimento, as flores das plantas foram retiradas até seis semanas após o transplante. Da mesma forma, estolhos foram retirados ao longo de todo o ciclo de cultivo, para evitar interferência destes na distribuição de fotoassimilados nas plantas.

3.4.2 Delineamentos experimentais

O primeiro experimento (Exp.1) foi conduzido em delineamento blocos casualizados (DBC), esquema trifatorial, 2x2x15. Os dois sistemas de fertirrigação testados foram o aberto e o fechado, já as duas origens das mudas foram de produtor nacional (provenientes de Agudo – RS) e mudas importadas (provenientes da Patagônia Argentina) e 15 avaliações destrutivas das plantas ao longo do ciclo de cultivo. O experimento iniciou com o plantio em 13 de junho de 2017 e foi conduzido até 27 de dezembro de 2017, quando as colheitas foram encerradas.

O segundo experimento (Exp.2) também foi analisado em DBC em esquema trifatorial, com dois sistemas de fertirrigação, dois cultivos e 15 avaliações. No Exp.2, em função dos dados obtidos no Exp.1, foram utilizadas apenas mudas nacionais, repetindo-se o experimento com este fator em um segundo ano de cultivo, que foi iniciado em 18 de junho de 2018 e conduzido até 31 de dezembro de 2018.

No sistema de irrigação fechado foram instaladas calhas de lona plástica para coleta da solução nutritiva drenada, como demonstrado na Figura 1. Em ambos os experimentos foram utilizados quatro blocos e a unidade experimental composta de duas sacolas tubulares, totalizando 16 plantas.

Figura 1– Cultivo de morango em fertirrigação com sistema fechado, utilizando calhas plásticas, ao fundo da imagem, e em sistema aberto, nas plantas à frente da imagem.



3.4.3 Variáveis analisadas

Foram realizadas avaliações das plantas em intervalos de 14 dias após o transplante (DAT), iniciando a partir deste (DAT 0) e encerrando aos 196 DAT, totalizando 15 avaliações ao longo de cada ciclo de cultivo das plantas. Estas avaliações consistiram em retirada das plantas dos “slabs” de cultivo, lavagem das raízes e posterior fracionamento das variáveis avaliadas. Em cada avaliação foi retirada uma planta de cada unidade experimental.

Foram avaliadas as variáveis: comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), massa seca de raiz (MSR), massa seca de caule (coroa + pedúnculos) (MSC), número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), área foliar (AF), massa seca de folhas senescentes (MSFS), número de folhas senescentes (NFS), número de flores (NFL), massa seca de flores (MSFL), número de frutos comerciais (NFC), massa seca de frutos comerciais (MSFC), número de frutos não-comerciais (NFNC) e massa seca de frutos não-comerciais (MSFNC).

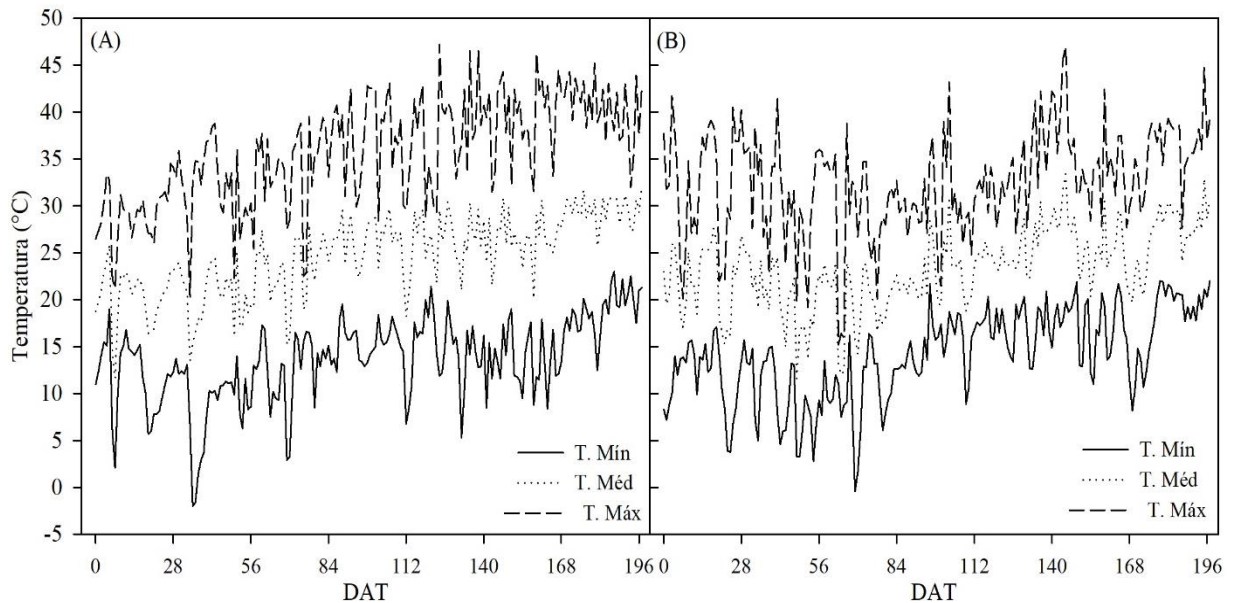
As plantas analisadas foram marcadas no início do experimento, de forma que qualquer fração coletada ao longo do experimento, como frutos maduros e folhas senescentes, fossem incorporadas ao valor obtido no momento da coleta de cada planta. Para obtenção da massa seca, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão após secagem em estufa a 45 °C com circulação de ar até massa constante. Na fração de frutos não-comerciais foram considerados os frutos com peso fresco abaixo de 6 g, deformados e os imaturos presentes nas plantas no momento da análise. A área foliar foi obtida através da análise das imagens das folhas escaneadas individualmente com escala e posterior processamento através do software ImageJ.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os dados qualitativos e submetidos à regressão quando quantitativos. Foi utilizado o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS

As temperaturas médias diárias do ar observadas no interior da estufa variaram entre 11,6 e 35,2 °C no período de 13 de junho de 2017 a 27 de dezembro de 2018 (Figura 2A) e entre 11,6 e 33,4 °C no período de 18 de junho de 2018 a 31 de dezembro de 2019 (Figura 2B). As temperaturas extremas mínimas foram de -2,0 e -0,4 °C e máximas de 47,2 e 47 °C, respectivamente, no primeiro e segundo cultivos (Figura 2A e 2B).

Figura 2 – Temperaturas mínimas (T. Mín), médias (T. Méd) e máximas (T. Máx) do ar no interior do ambiente protegido durante o primeiro (A) e segundo ano de cultivo (B) de morangueiro, cultivar Albion.

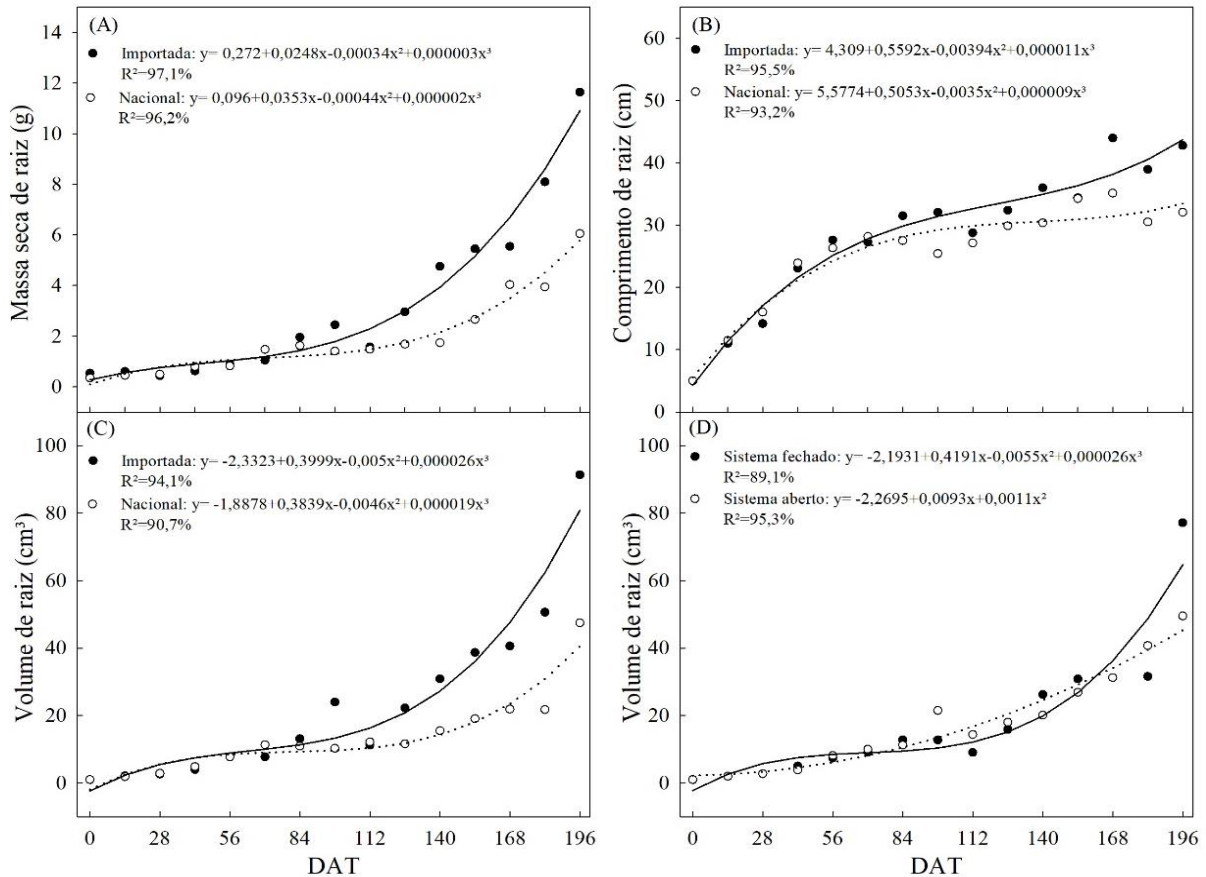


3.5.1 Experimento 1

No primeiro cultivo, houve interação significativa entre o fator origem das mudas e DAT para as variáveis MSR, CR, VR e MSFC, resultando em equações cúbicas, enquanto VR foi significativo também para a interação entre sistema de fertirrigação e DAT, com equação cúbica e quadrática.

As variáveis MSR, CR e VR apresentaram maiores médias nas plantas oriundas de mudas importadas (Figura 3), com destaque para os resultados obtidos a partir dos 98 DAT, já que as médias das avaliações iniciais foram muito próximas. O VR também apresentou maior média no sistema fechado de fertirrigação (Figura 3D), aos 196 DAT. Analisando o CR, observa-se que houve maior incremento desta variável nas primeiras semanas de cultivo, até os 56 DAT, tendo em vista que as raízes já haviam preenchido o espaço disponível nos slabs para crescer em comprimento (Figura 3B). Porém, ao observar a MSR, percebe-se que a partir 126 DAT o acúmulo foi maior, pelo maior incremento do VR e demanda das plantas por absorção de mais água e nutrientes. A partir deste período ocorre também maior demanda hídrica em função das temperaturas do ar mais elevadas (Figura 2A).

Figura 3 – Massa seca de raiz (A), comprimento de raiz (B) e volume de raiz (C) em função da origem das mudas e volume de raiz em função do sistema de fertirrigação (D) ao longo do período de cultivo de plantas de morangueiro, cultivar Albion.

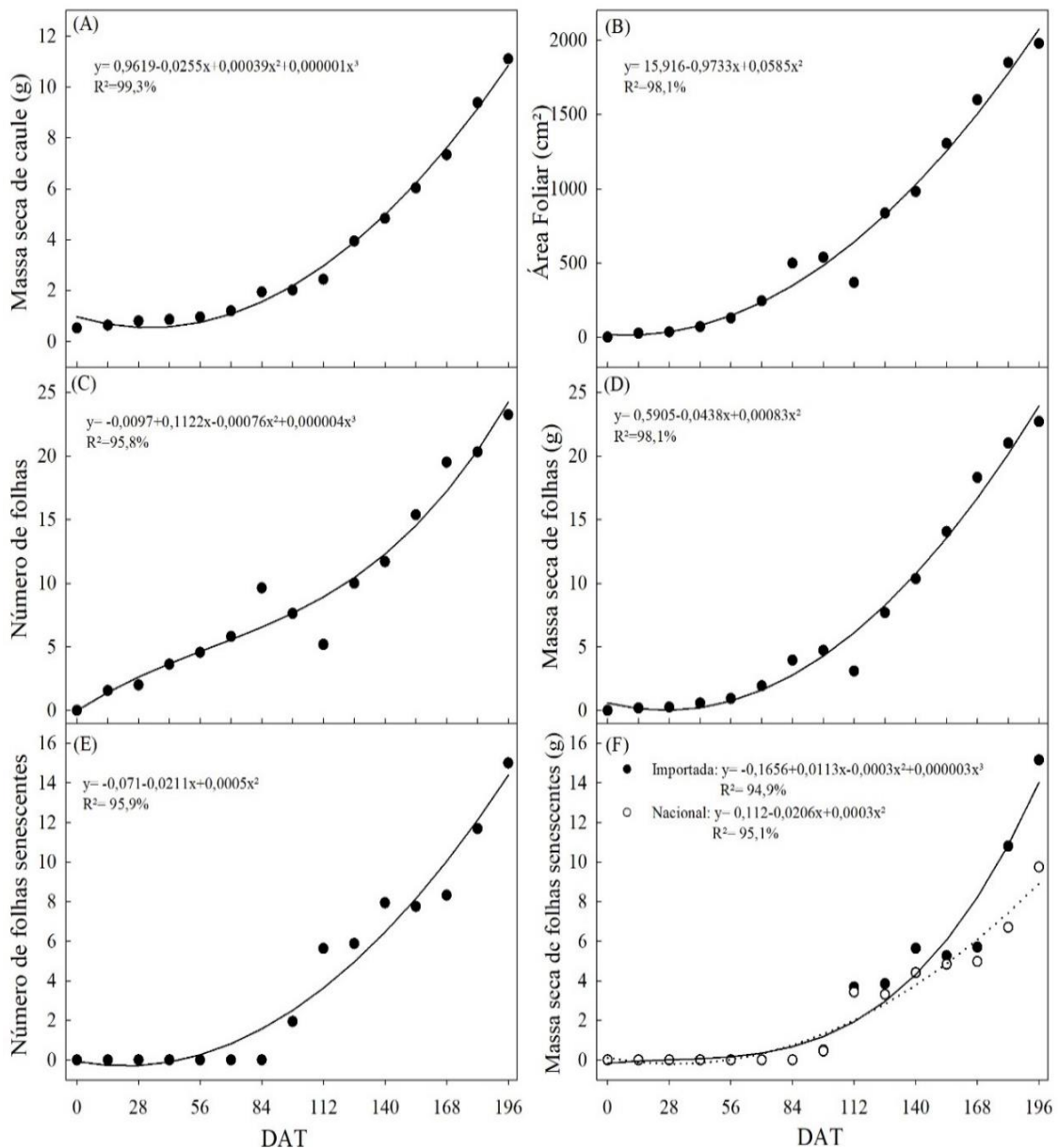


As variáveis MSC, MSF, NF, AF, MSFS, MSFL e NFL apresentaram resultado significativo para a regressão (equações cúbicas, quadráticas e lineares) em função dos DAT, sem diferença entre os tratamentos. As variáveis MSFC, NFC, MSFNC e NFNC apresentaram diferença significativa para o fator DAT e para a origem das mudas, sem interação entre estes.

A variável MSC, que não apresentou interação significativa entre os fatores, apenas entre as datas de avaliação, iniciando com valor médio de 0,5 g no momento do transplante, atingindo média de 11,1 g ao final das avaliações, aos 196 DAT, tendo apresentado maior acúmulo a partir dos 126 DAT (Figura 4A). O mesmo aconteceu com AF, NF e MSF (Figuras 4B, 4C e 4D). Aos 196 DAT a área foliar atingiu média de 1977 cm² planta⁻¹, com número médio de 23,2 folhas por planta e MSF de 22,7 g planta⁻¹. Em relação ao NFS, as primeiras foram coletadas a partir dos 98 DAT, sendo retiradas em média 15 folhas por planta até o final do experimento (Figura 4E). A MSFS foi significativamente maior nas plantas oriundas

de mudas importadas, sendo observada média de $15,2 \text{ g planta}^{-1}$, comparada a média de $9,7 \text{ g planta}^{-1}$ nas mudas nacionais (Figura 4F)

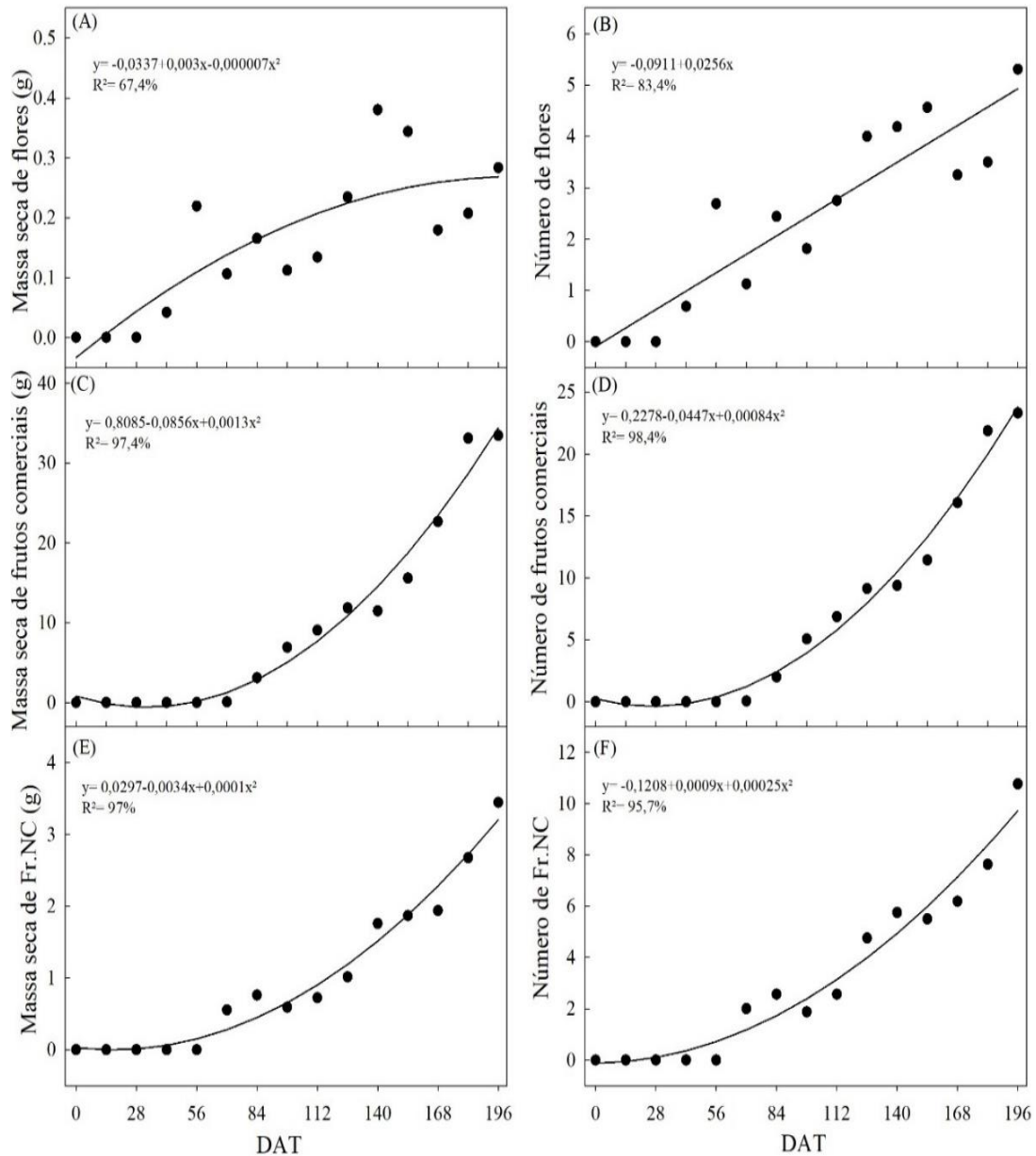
Figura 4 – Massa seca de caule (A), área foliar (B), número de folhas (C), massa seca de folhas (D), número de folhas senescentes (E) e massa seca de folhas senescentes em função da origem das mudas (F) ao longo do período de cultivo de plantas de morangueiro, cultivar Albion.



As variáveis MSFL e NFL foram significativas apenas entre os DAT (Figuras 5A e 5B). Já as variáveis MSFC, NFC, MSFNC e NFNC apresentaram efeito significativa entre as origens das mudas (Tabela 1) e os DAT (Figuras 5C, 5D, 5E e 5F), sem interação entre estes

fatores. A MSFC acumulada ao longo do cultivo chegou a média de 33,5 g planta⁻¹ aos 196 DAT (Figura 5C), com 23,3 frutos comerciais por planta (Figura 5D).

Figura 5 – Massa seca de flores (A), número de flores (B), massa seca de frutos comerciais (C), número de frutos comerciais (D), massa seca de frutos não-comerciais (E) e número de frutos não-comerciais (F) ao longo do período de cultivo de plantas de morangueiro, cultivar Albion.



As mudas de origem nacional apresentaram maiores médias para MSFC, NFC, MSFNC e NFNC, quando comparadas às importadas (Tabela 1), ao se analisar as médias de todo o período avaliado. Assim, observa-se maior potencial produtivo das mudas nacionais,

mesmo que para várias outras variáveis não tenha sido encontrada diferença, inclusive o acúmulo de MSR das mudas importadas foi maior, o que não reverteu em variáveis de produção.

Tabela 1 – Massa seca de frutos comerciais, número de frutos comerciais, massa seca de frutos não-comerciais e número de frutos não-comerciais médios em plantas de morangueiro cultivar Albion, a partir de mudas nacionais e importadas, analisadas ao longo do período de cultivo.

Variáveis	Origem das mudas	
	Mudas nacionais	Mudas importadas
Massa seca de frutos comerciais (g)	11,09 a	7,92 b
Número de frutos comerciais	8,11 a	5,47 b
Massa seca de frutos não-comerciais (g)	1,12 a	0,86 b
Número de frutos não-comerciais	3,48 a	2,93 b

* Médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5.2 Experimento 2

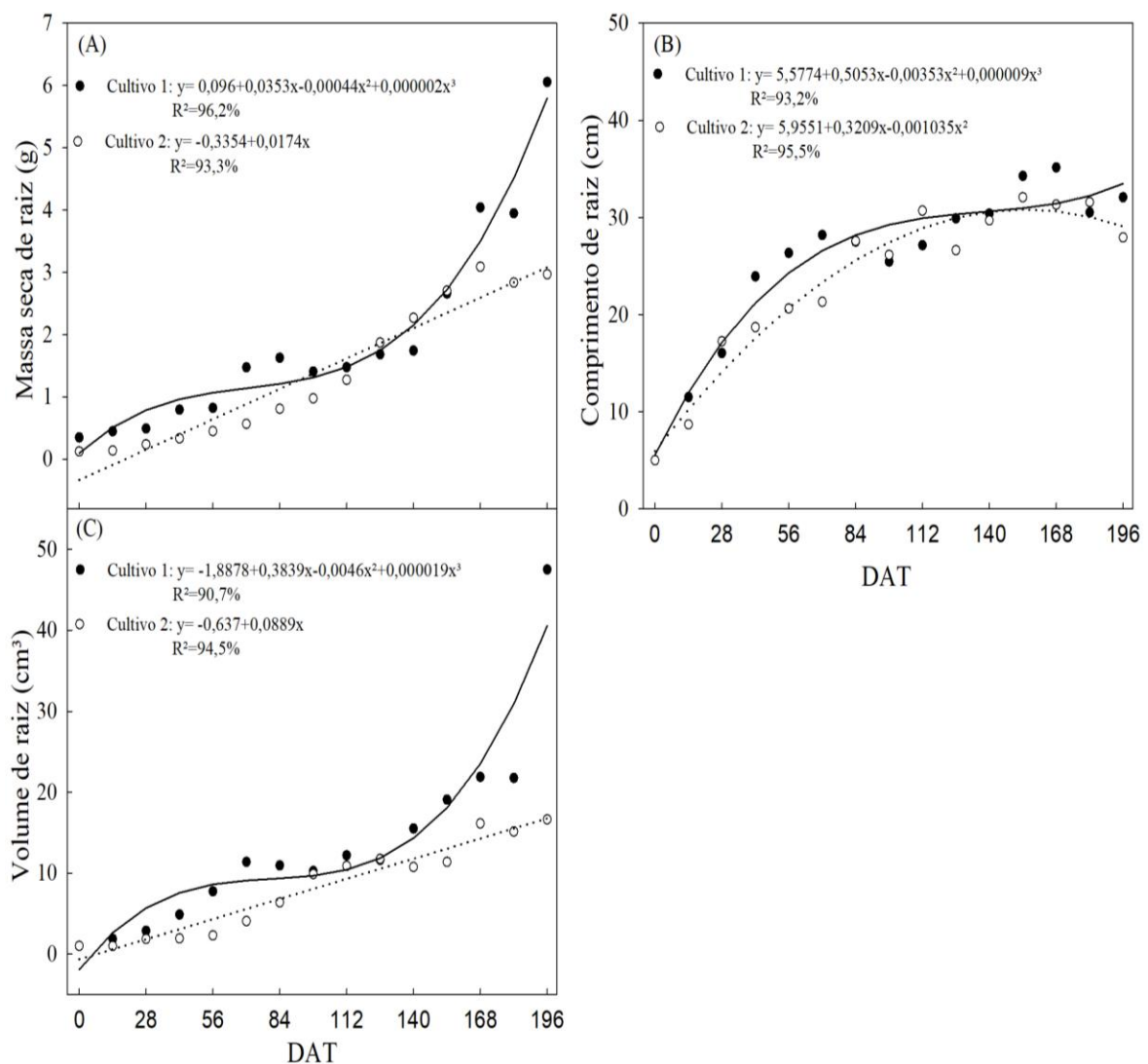
Analisando em conjunto os fatores sistema de fertirrigação, ano de cultivo e DAT, foi observada diferença estatística significativa com interação entre ano de cultivo e DAT para as variáveis MSR, CR, VR, NF, AF, NFS e NFL, enquanto para os fatores MSC, MSF, MSFC, NFC, MSFNC e NFNC houve variação significativa apenas para DAT. Apenas as variáveis MSFS e MSFL houve interação entre os três fatores avaliados para o segundo experimento.

As variáveis MSR, CR e VR apresentaram acúmulo ligeiramente superior no primeiro ano de cultivo, destacando-se a diferença da MSR a partir dos 168 DAT (Figura 6A), enquanto o VR foi superior na maior parte das avaliações (Figura 6C). Já o CR, apresentou pequenas diferenças e tendeu a estabilização entre 30 a 35 cm em ambos os cultivos, a partir dos 112 DAT (Figura 6B).

Com exceção do CR, as demais variáveis de crescimento e acúmulo de massa seca não apresentaram tendência a estabilizar, mostrando que mesmo ao final de 196 DAT as plantas continuavam em pleno acúmulo de fotoassimilados nos seus órgãos de crescimento, assim como também de produção. Como a cultivar Albion, utilizada no experimento, não responde ao fotoperíodo, o acúmulo de massa seca passa nos órgãos da planta, principalmente dos frutos, é contínuo.

A MSC apresentou tendência de crescimento exponencial na média dos anos avaliados, chegando ao acúmulo de 9,9 g planta⁻¹ ao final dos 196 DAT (Figura 7A). Resultado parecido foi encontrado também com MSF, que obteve média de 19,2 g planta⁻¹ aos 196 DAT (Figura 7C). NF e AF apresentaram diferença significativa entre os anos de cultivos (Figuras 7C e 7B), com valores maiores entre os 112 e os 140 DAT no segundo ano de cultivo, e maiores no primeiro ano de cultivo a partir dos 168 DAT.

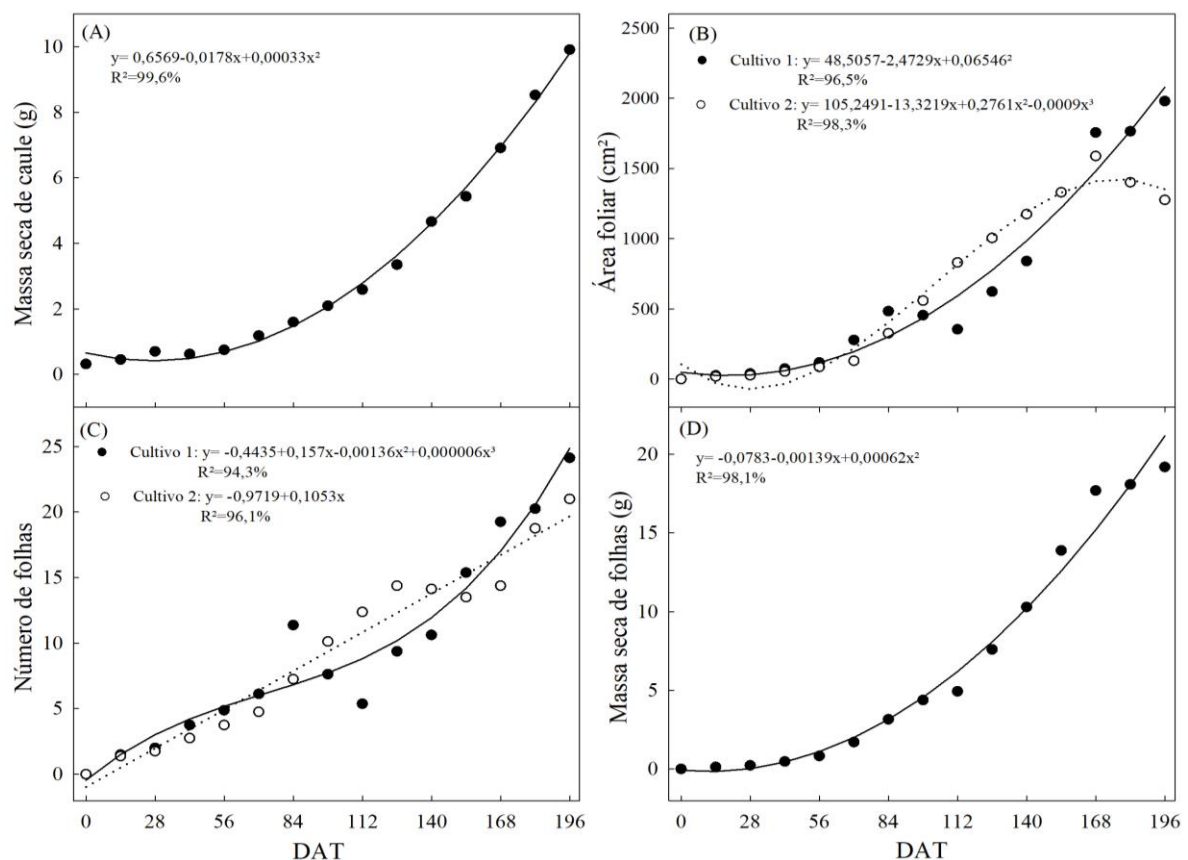
Figura 6 – Massa seca de raiz (A), comprimento de raiz (B) e volume de raiz (C) ao longo do crescimento de plantas de morangueiro cultivar Albion em dois cultivos.



A variável MSFS apresentou interação entre os anos de cultivo, os sistemas de fertirrigação e as datas de avaliação (Figura 8A), com maiores valores no primeiro ano de cultivo entre os 112 e os 154 DAT, enquanto ao final dos 196 DAT as maiores médias foram

encontradas no segundo ano de cultivo e sistema aberto de fertirrigação ($12,8 \text{ g planta}^{-1}$) e no primeiro cultivo e sistema fechado ($11,4 \text{ g planta}^{-1}$). Ao analisar o NFS observa-se que no primeiro cultivo os valores médios foram superiores em todos os períodos de avaliação (Figura 8B), tendo o início do acúmulo do NFS e MSFS iniciado apenas a partir dos 140 DAT no segundo cultivo.

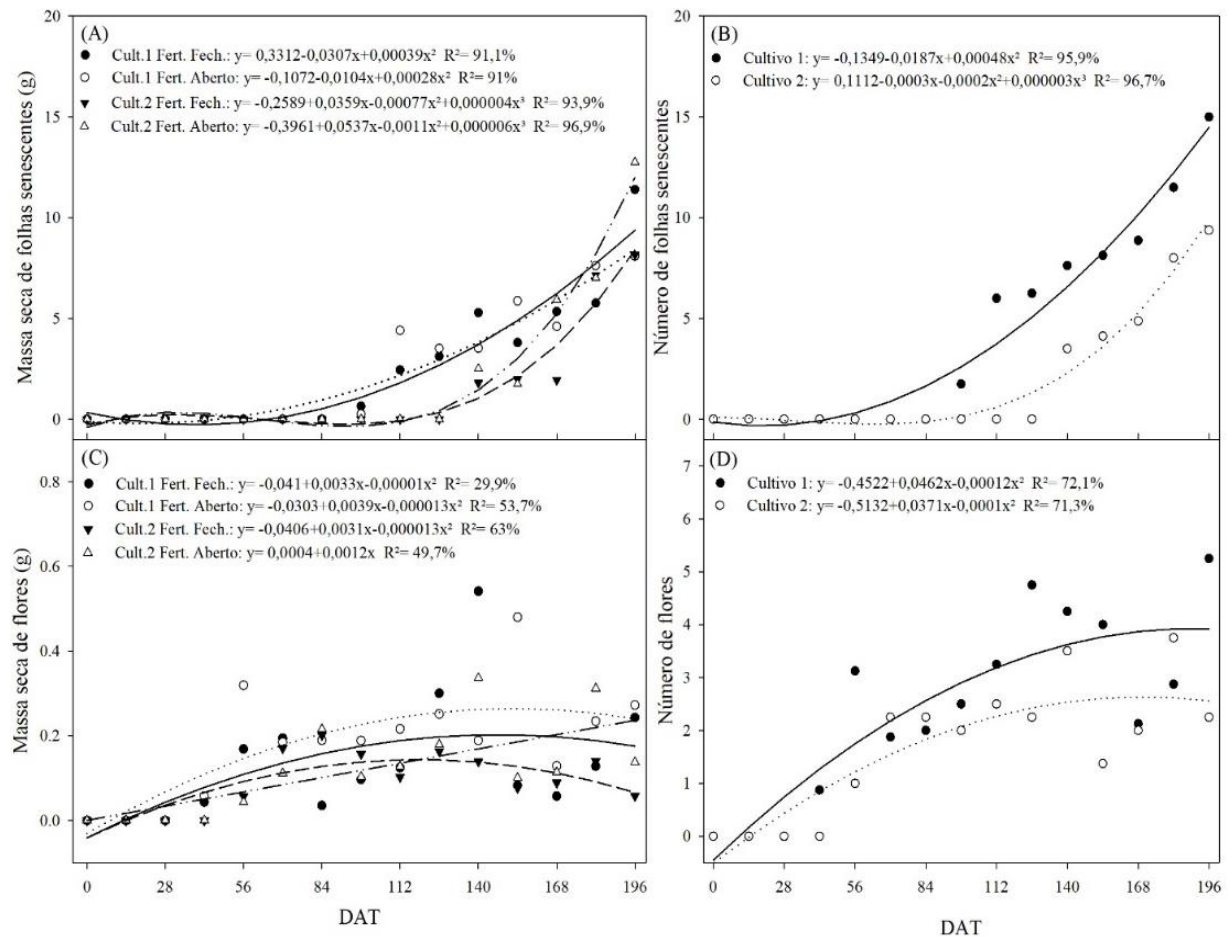
Figura 7 – Massa seca de caule (A), área foliar (B), número de folhas (C), e massa seca de folhas (D) ao longo do período de cultivo de plantas de morangueiro, cultivar Albion em dois anos de produção.



Houve interação significativa entre os anos de cultivo, os sistemas de fertirrigação e as datas de avaliação para MSFL (Figura 8C) mas, como é uma variável que não acumula ao longo do tempo, não houve tendência claramente definida, o que pode ser visto ao analisar os baixos coeficientes de determinação das equações de regressão obtidas. Os picos de floração obtidos ocorrem em função de fatores como a temperatura do ar e radiação solar aos quais as plantas ficaram expostas em cada cultivo, além dos fatores avaliados. Ao observar o NFL, que apresentou diferença entre os cultivos, é possível observar tendência de aumento no número

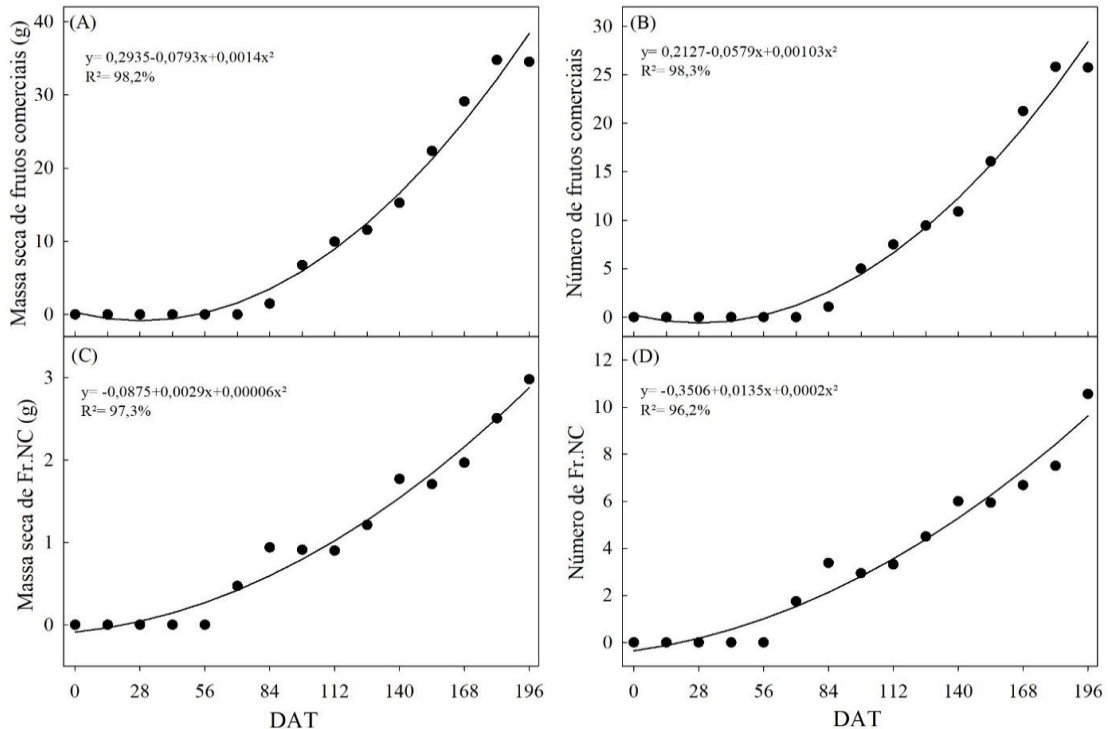
de flores até os 140 DAT, mesmo que com alguns valores mais dispersos e maiores médias no primeiro cultivo (Figura 8D).

Figura 8 – Massa seca de folhas senescentes (A), número de folhas senescentes (B), massa seca de flores (C) e número de flores (D) em função do sistema de fertirrigação, do ano de cultivo e datas de avaliação ao longo do período de cultivo de morangueiro, cultivar Albion.



As variáveis MSFC, NFC, MSFNC e NFNC não apresentaram diferenças entre os sistemas de fertirrigação e entre os dois anos de cultivo, conforme os dados apresentados na Figura 9. O acúmulo de MSFC e NFC iniciou a partir do amadurecimento dos primeiros frutos, que ocorreu após os 84 DAT, chegou a médias de $34,7 \text{ g planta}^{-1}$ e $25,8$ frutos por planta, respectivamente, aos 182 DAT (Figura 9A e 9B). Já o acúmulo de MSFNC e NFNC iniciou aos 70 DAT (Figuras 9C e 9D), chegando a 3 g planta^{-1} e $10,6$ frutos, respectivamente, ao final das avaliações (196 DAT). Nestas proporções, a MSFNC representa em torno de 8% da massa seca total de frutos, mas o NFNC representou 34% do número total de frutos no final das avaliações.

Figura 9 – Massa seca de frutos comerciais (A), número de frutos comerciais (B), massa seca de frutos não-comerciais (C) e número de frutos não-comerciais (D) ao longo do período de cultivo de plantas de morangueiro, cultivar Albion em dois anos de produção.



3.5.3 Partição de massa seca

No primeiro ano de cultivo os órgãos da planta apresentam acúmulo de massa seca continuamente ao longo do seu ciclo, totalizando $89,16 \text{ g planta}^{-1}$ aos 196 DAT (Figura 10). Porém, a proporção da massa seca nas plantas apresenta mudanças de acordo com a fase de desenvolvimento destas (Figura 11). No momento do plantio as plantas possuem apenas raiz e caule, em uma proporção de massa seca de 45,7% e 54,3%, respectivamente, sendo que as mudas foram transplantadas sem folhas. A partir dos 45 DAT observou-se o aparecimento das flores o que caracteriza o início da fase reprodutiva. As frações de raiz e caule, aos 70 DAT compõe 24,5% e 23,3%, enquanto a fração de folhas representa 37,7% da partição de massa seca e pequena fração de flores e frutos. A partir dos 126 DAT a partição de massa seca apresentou pouca alteração na sua proporção até os 196 DAT. Neste período, partindo da maior proporção nas plantas, a MSFC variou entre 31,4% e 41,8%, a MSF entre 25,4% e 30,3%, a MSC entre 11,8% e 13,2%, MSFS entre 8,9% e 13,3%, MSR entre 7,6% e 9,2%, MSFNC entre 0,9% e 3,2% e a MSFL entre 0,3% e 1%. Observa-se que a distribuição de fotoassimilados acontece em maior proporção para os frutos e, depois destes, para as folhas.

Figura 10 –Acúmulo de massa seca nos órgãos de plantas de morangueiro, cultivar Albion, ao longo do primeiro ciclo de cultivo.

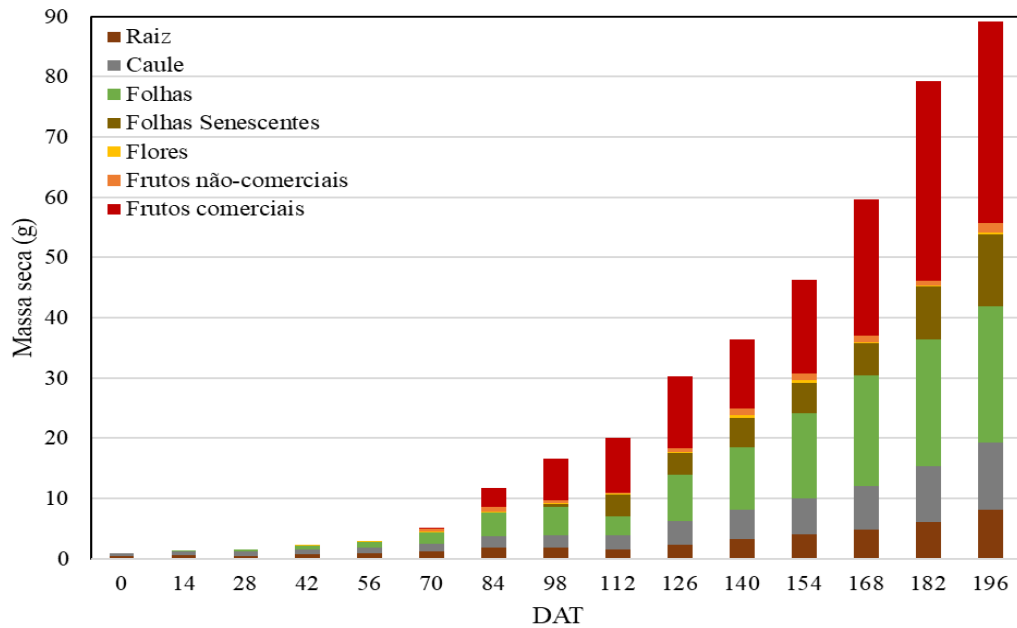
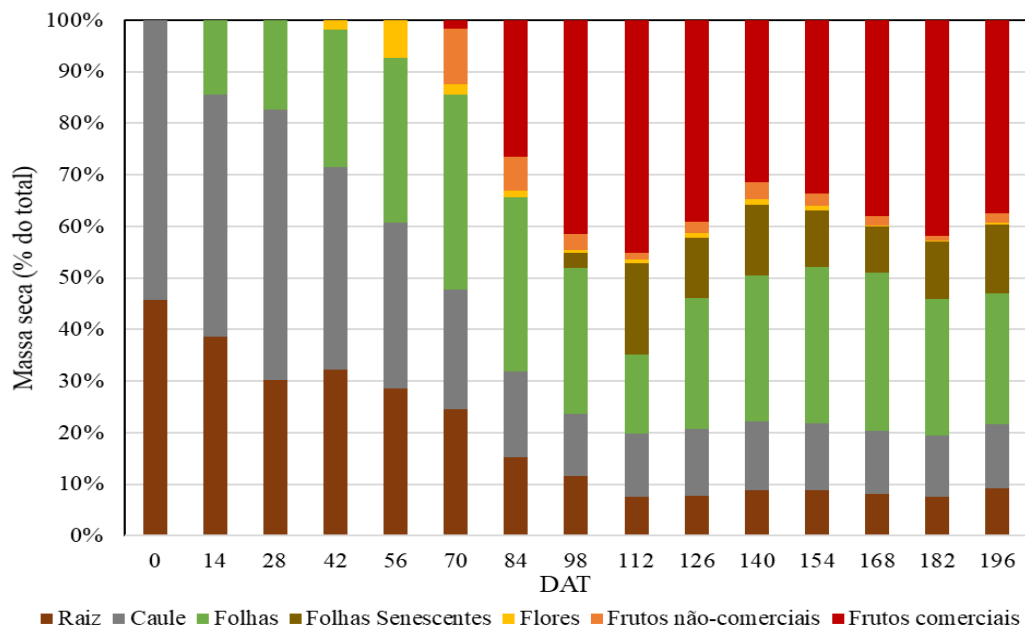


Figura 11 –Proporção de partição de massa seca entre os órgãos de plantas de morangueiro, cultivar Albion, ao longo do primeiro ciclo de cultivo.



O segundo ano de cultivo foi semelhante ao primeiro sendo que foi observado crescimento constante, com acúmulo de $74,2 \text{ g planta}^{-1}$ de massa seca aos 196 DAT (Figura 12), assim como a tendência de estabilização da proporção entre as variáveis a partir dos 112

DAT (Figura 13). Aos 196 DAT foi observada proporção de 44,5% de MSFC, 22,5% de MSF, 12,8% de MSC, 14,1% de MSFS, 4% de MSR, 2,1 % de MSFNC e 0,2% de MSFL (Figura 13).

Figura 12 –Valores médios acumulados de massa seca nos órgãos de plantas de morangueiro, cultivar Albion, ao longo do segundo ciclo de cultivo.

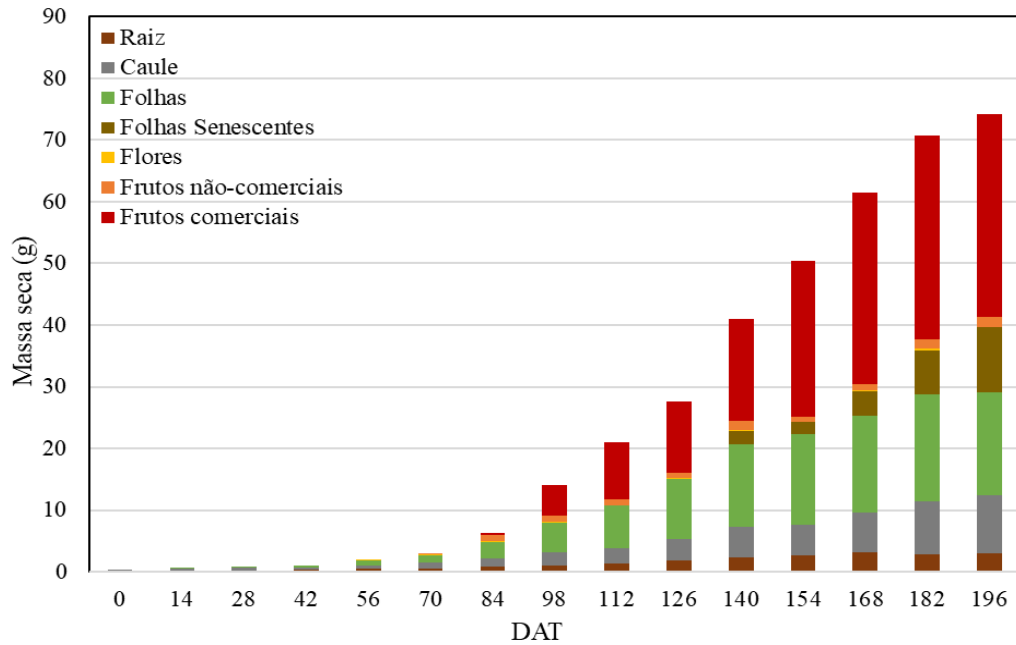
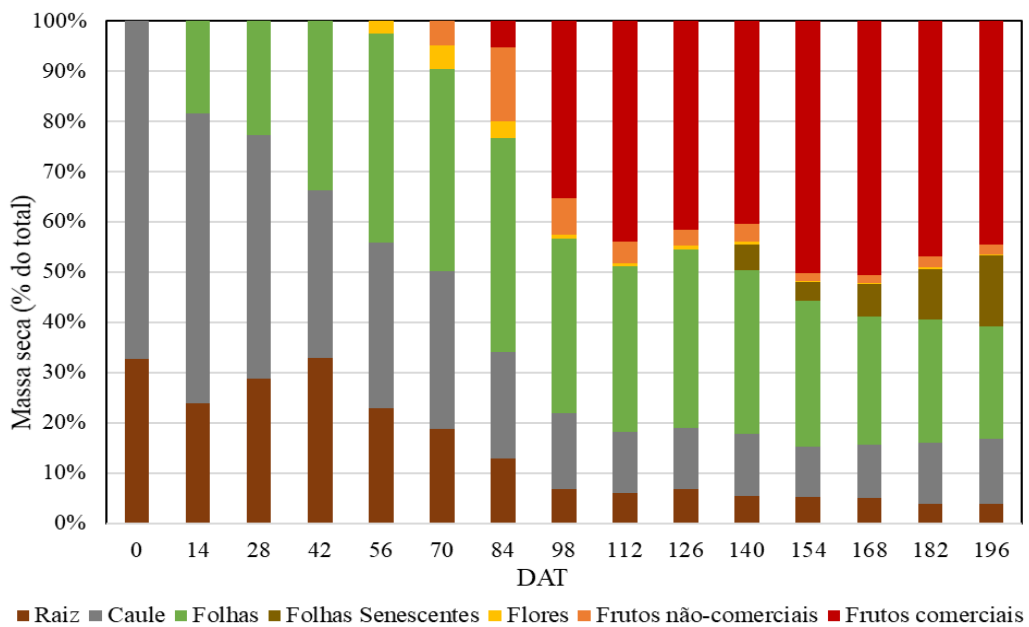


Figura 13 –Proporção de partição de massa seca entre os órgãos de plantas de morangueiro, cultivar Albion, ao longo do segundo ciclo de cultivo.



3.6 DISCUSSÃO

As temperaturas ao longo dos experimentos apresentaram ampla variação. A amplitude térmica diária é fundamental no cultivo do morangueiro, pois estimula a floração e aumenta a produção da cultura. Porém, estas temperaturas não devem exceder temperaturas máximas de 35 °C, a partir das quais as plantas paralisam o crescimento e iniciam danos, principalmente à floração, trazendo prejuízos ao cultivo (GONÇALVES et al., 2016b; SØNSTEBY et al., 2016; CERUTTI et al., 2018).

O comprimento de raiz tendeu a uma estabilização entre 30 e 35 cm nos dois anos de cultivo. Isto pode estar relacionado ao espaço disponível nos slabs de cultivo, já que o comprimento das raízes do morangueiro pode chegar a até 60 cm quando há condições favoráveis a esse crescimento, principalmente de espaço disponível (RONQUE, 1998; MARTINS et al., 2009). GONÇALVES et al. (2016b) afirmam que as raízes do morangueiro geralmente se concentram nos primeiros 30 cm de profundidade, em função da constante renovação das mesmas, uma vez que as plantas dependem para absorção eficiente de nutrientes. O crescimento das raízes secundárias inicia logo após o transplante, em função da demanda por água e nutrientes neste estágio, mas o maior crescimento e desenvolvimento de raízes ocorre após a frutificação (RONQUE, 1998; GONÇALVES et al., 2016b). COCCO et al. (2015) mostram que a massa seca de raiz da planta está relacionada proporcionalmente ao acúmulo de parte aérea, número de folhas e conseqüentemente maior produção precoce.

O crescimento vegetativo do morangueiro está relacionado às condições climáticas mais favoráveis, como temperatura e elevada radiação, o que ocorre na primavera e verão, estimulando assim o aumento do número de folhas (FRANQUEZ, 2008). THIESEN et al. (2018) indicam que o filocrono do morangueiro está relacionado à origem das mudas e a cultivar, sendo que as plantas oriundas de mudas nacionais de alta altitude requerem menor número de graus-dia para emissão de folhas. Neste trabalho não foram observadas diferenças para a variável número de folhas entre as origens das mudas, mas apenas entre os anos de cultivo, o que pode ser explicado justamente pelas diferenças climáticas, principalmente temperatura do ar, que são encontradas de um ano para outro. O morangueiro apresenta crescimento em uma ampla faixa de temperatura, desde abaixo de 10 °C a até 35 °C, mas as condições ideais para indução da floração são mínimas diárias próximas a 15 °C, enquanto para o crescimento vegetativo e maturação mais rápida dos frutos as temperaturas ótimas situam-se próximas a 30 °C (GONÇALVES et al., 2016b). Tanto pelas temperaturas mais

elevadas, como pelo próprio desenvolvimento das plantas, observou-se acúmulo mais significativo de massa seca de folhas e de caule a partir dos 126 DAT.

O surgimento de folhas senescentes na presente pesquisa ocorreu a partir dos 98 DAT no primeiro cultivo e a partir dos 140 DAT no segundo, mostrando que as folhas podem manter a capacidade fotossintética por um longo período, e desta forma acumular fotoassimilados neste e em outros órgãos da planta. RONQUE (1998) citam que as folhas do morangueiro podem ter vida útil de um a três meses, período inferior ao observado nos presentes experimentos.

Avaliando diferentes cultivares e densidades de plantio, STRASSBURGER et al. (2010) obteve valores superiores de massa seca de folhas, caule e frutos, no mesmo período, aos dos presentes experimentos. ANDRIOLO et al. (2002) encontraram valores superiores de massa seca de caule, mas inferiores de massa seca de folhas e de frutos, em relação aos experimentos atuais, no mesmo período após o transplante. Isto mostra a evolução do cultivo ao longo do tempo, e mesmo da cultivar, para características que favoreçam a produção, que é o fator de interesse. A cultivar Albion, umas das principais cultivadas atualmente, possui boa adaptação para cultivo em locais com verão mais quente, além de não responder ao fotoperíodo, o que permite produção distribuída ao longo do ano, sem entressafras, quando é realizado manejo adequado da nutrição e sanidade.

Apesar da necessidade de acúmulo de horas de frio, o excesso também é prejudicial ao morangueiro, já que favorece o desenvolvimento de folhas e estolões (GONÇALVES et al., 2016b). Além disso, algumas cultivares são melhor adaptadas e possuem menor requerimento de frio, podendo sequer apresentar dormência e obter boas produções precoces em regiões temperadas (FRANQUEZ, 2008). Assim, o maior acúmulo de massa seca de frutos nas plantas oriundas de mudas nacionais pode ser resultado desta adaptação da cultivar Albion ao clima do Sul do Brasil, tanto no viveiro como durante o cultivo.

Ao avaliarmos o acúmulo de massa seca de frutos comerciais e não-comerciais na presente pesquisa, observou-se relação inversa ao acúmulo de massa seca, volume e comprimento de raízes, entre mudas importadas e nacionais. As importadas apresentaram as maiores médias nas variáveis relacionadas às raízes, mas as nacionais apresentaram maior acúmulo de massa seca e número de frutos. COCCO et al. (2015) encontraram relação diretamente proporcional entre massa seca de raízes das mudas e produção precoce de frutos, diferente do que foi encontrado no primeiro experimento.

As diferenças no crescimento e desenvolvimento de plantas entre os de cultivo, encontradas em algumas das variáveis analisadas, são consideradas normais em função das

variações climáticas, como temperatura e radiação, que são as que mais afetam o crescimento do morangueiro (ANTUNES e PERES, 2013). Assim, outros pesquisadores também observaram diferenças entre cultivos de morangueiro, mesmo em cultivo protegido, em função de variações sazonais das variáveis climáticas (MAINARDI e GARCÍA DE SOUZA, 2015; MARTÍNEZ et al., 2017)

A partição de massa seca de frutos foi maior nas últimas avaliações, demonstrando que este é o principal dreno dos fotoassimilados da planta. STRASSBURGER et al. (2010), analisando plantas de quatro cultivares de morango, observou proporção próxima na cultivar Albion, onde obteve 52,7% de massa seca de frutos em relação ao total da planta, enquanto o segundo maior dreno de fotoassimilados foram as folhas.

3.7 CONCLUSÕES

Mudas importadas resultaram em maior acúmulo de massa seca, comprimento e volume de raízes, assim como de massa seca de folhas senescentes. Porém, mudas nacionais obtiveram maiores médias de número e massa seca de frutos comerciais e não-comerciais.

Os sistemas de fertirrigação aberto e fechado apresentaram resultado semelhante nas variáveis analisadas.

Houve diferença entre os anos de cultivo para massa seca, comprimento e volume de raízes, número de folhas, folhas senescentes e flores e área foliar, mas não entre número e massa seca de frutos comerciais e não-comerciais.

A partição de massa seca indicou que os principais drenos de fotoassimilados são os frutos, seguidos pelas folhas das plantas de morangueiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. R. D. Clima. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 24-27, 2002.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 156-161, 2013.
- ANTUNES, M. C. et al. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 168-173, 2014.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FCAV, 2003.
- BORTOLOZZO, A. R. et al. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. EMBRAPA. Bento Gonçalves 2007.
- CERUTTI, P. H. et al. Desafios do cultivo de morangueiro no Brasil. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 2, 2018.
- COCCO, C. et al. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 961-969, 2015.
- COCCO, C. et al. Produção de mudas. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016. cap. 5, p.79-109.
- FAO. **FAOSTAT: Crops / Strawberry**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>>. Acesso em: 22/12/2018.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANQUEZ, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 122 Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.
- GONÇALVES, M. A. et al. Crescimento e desenvolvimento. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, 2016. cap. 3, p.47-66.
- GONÇALVES, M. A. et al. **Produção de morango fora do solo**. Documentos 410. Pelotas - RS: Embrapa Clima Temperado 2016.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 20/12/2018.

MAINARDI, C. B.; GARCÍA DE SOUZA, M. Comportamiento productivo de variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) según fecha de enraizado en el noroeste de Uruguay. **Agrociencia Uruguay**, v. 19, n. 2, p. 17-25, 2015.

MARTÍNEZ, F. et al. Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. **Scientia Horticulturae**, v. 217, p. 17-27, 2017.

MARTINS, D. D. S. et al. Fisiologia da produção de morangueiro. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q., et al (Ed.). **Morangueiro Irrigado: aspectos técnicos e ambientais de cultivo**. Pelotas - RS: Universidade Federal de Pelotas, 2009. p.16-29.

MELO, G. W. B. D.; BORTOLOZZO, A. R. Manejo da nutrição. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**, 2006. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidropnico/nutricao.htm>>. Acesso em: 14/04/2017.

PASSOS, F. A.; TRANI, P. E.; CARVALHO, C. R. L. Desempenho agrônomo de genótipos de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 267-271, 2015. ISSN 0102-0536.

PICIO, M. D. et al. Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 375-379, 2013.

REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C. **Morangos: o cultivo no Brasil**. Campo&Negócio-Hortifruti. Uberlândia-MG. 128: 44-47 p. 2016.

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. EMATER/PR, 1998.

SØNSTEBY, A.; SOLHAUG, K. A.; HEIDE, O. M. Functional growth analysis of 'Sonata' strawberry plants grown under controlled temperature and daylength conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 26-33, 2016.

STRASSBURGER, A. S. **Crescimento, partição de massa seca e produtividade do morangueiro em sistema de cultivo orgânico**. 2010. 124 Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2010.

STRASSBURGER, A. S. et al. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de "dia neutro" em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888.

THIESEN, L. A. et al. Phyllochron and productive performance of strawberry cultivars: impact of different regions of origin in a conventional cultivation system. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 167, 2018.

4 ARTIGO 2: PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO E DA ORIGEM DAS MUDAS

4.1 RESUMO

O sucesso do cultivo do morangueiro depende de vários fatores, como da qualidade das mudas e sistema de fertirrigação utilizados. Assim, o objetivo foi estudar a influência da origem das mudas e do sistema de fertirrigação na produção e qualidade do morangueiro da cultivar Albion. O primeiro experimento (Exp.1) foi conduzido em delineamento blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x2, sendo duas origens das mudas (nacionais e importadas), e dois sistemas de fertirrigação (aberto e fechado). Para o segundo (Exp.2), também em DBC, foi utilizado esquema fatorial 2x2 comparando os dois sistemas de fertirrigação e dois anos de cultivo. Foram avaliadas as variáveis produtivas (produção, número de frutos por planta e massa média de frutos) e qualitativas (teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), e relação de AT/SS). No Exp.1, as mudas nacionais e o sistema de fertirrigação aberto apresentaram maior produtividade e número de frutos por planta. No Exp.2, o sistema de fertirrigação aberto apresentou maior produção, sem diferença no segundo cultivo para o número de frutos. Dentre as variáveis qualitativas, apenas AT apresentou diferença entre os sistemas de fertirrigação, com maior média no sistema fechado. Houve diferenças entre os cultivos para AT e SS, com maiores médias no primeiro. A produção e número de frutos apresentaram picos aos 180 e 210 DAT, enquanto a massa média de frutos reduziu nestes períodos.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, cultivo fertirrigado, produtividade, açúcares solúveis, acidez titulável.

4.2 ABSTRACT

The success of strawberry cultivation depends on several factors, such as the quality of the seedlings and the fertigation system used. Thus, the objective was to study the influence of the origin of the seedlings and the fertigation system on the production and quality of the strawberry Albion cultivar. The first experiment (Exp.1) was conducted in a complete randomized block experimental design (RBD), in a 2x2 factorial scheme, two origins of the seedlings (national and imported), and two fertirrigation systems (open and closed). For the second (Exp.2), also in RBD, a 2x2 factorial scheme was used comparing the two fertigation systems and two years of cultivation. The productive variables (yield, number of fruits per plant and average mass of fruits) and qualitative variables (soluble solids (SS), titratable acidity (TA), and TA / SS ratio) were evaluated. In Exp.1, the national seedlings and the open fertirrigation system presented higher productivity and number of fruits per plant. In Exp.2, the open fertirrigation system presented higher productivity, with no difference in the second crop for the number of fruits. From the qualitative variables, only AT showed a difference between the fertigation systems, with the highest mean in the closed system. There were differences between the crops for TA and SS, with higher averages in the first. Fruit yield and number showed peaks at 180 and 210 DAT, while mean fruit mass decreased in these periods..

Key words: *Fragaria x ananassa*, fertigated cultivation, yield, soluble solids, titratable acidity.

4.3 INTRODUÇÃO

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) apresenta constante expansão e está presente em todos os continentes do mundo, com produtividade triplicada nas últimas duas décadas (FAO, 2018). No Brasil, seu cultivo está concentrado em poucos estados com condições climáticas favoráveis, como Minas Gerais e Rio Grande do Sul, sendo que o país produz mais de 146 toneladas da fruta anualmente (IBGE, 2018). A produção desta fruta tem grande importância na geração de renda, principalmente dos pequenos produtores rurais, permitindo obter elevadas produtividades e receita financeira, mesmo quando cultivados em pequenas áreas (PASSOS et al., 2015).

Para seu cultivo, a obtenção de mudas de qualidade é fator essencial para o sucesso do empreendimento. Diversos fatores relacionados às mudas podem afetar o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Dentre os principais pode-se citar a sanidade, a boa adaptação e o vigor. Este último muitas vezes está relacionado ao acúmulo de horas de frio que a muda recebe no viveiro. Desta forma, o local onde a muda é produzida afeta diretamente a produção.

A espécie é cultivada como cultura anual, sendo que geralmente as plantas são substituídas por novas a cada ano ou no máximo a cada dois anos. Atualmente, parte das mudas são oriundas de viveiristas nacionais e, uma parte considerável é importada. No Brasil ainda são poucos viveiros produtores de muda certificadas, de modo que alguns produtores, geralmente em pequena escala, optem por produzir a própria muda. GONÇALVES et al. (2016a) alertam que muitas vezes as mudas de origem nacional possuem baixa qualidade, motivo pelo qual a maioria dos produtores tem optado por mudas importadas, providas do Chile e Argentina. Em torno de 80% das mudas plantadas são importadas destes países, sendo produzidas na região da Patagônia, devido a estas terem elevada qualidade fisiológica, por passarem por período natural de vernalização, e assim possuem maior uniformidade de brotação (COCCO et al., 2011b). Porém, estas mudas são entregues aos produtores após o período ideal para transplante nas regiões produtoras (PICIO et al., 2013), deixando de apresentar potencial máximo de produção.

O cultivo do morango, vem sendo modernizado, sendo que a produção passou de 200g por planta para até 2kg, aumentando também a qualidade e reduzindo custos aos produtores (REISSER JUNIOR e ANTUNES, 2016). Tradicionalmente o cultivo do morango era feito em canteiros diretamente no solo, com ou sem o uso de mulching e túnel baixo, porém, na última década tem evoluído o cultivo em ambiente protegido e sobre bancadas, o qual

apresenta diversas vantagens como melhor ergonomia de trabalho, sanidade das plantas e controle sobre a nutrição (ANDRIOLO et al., 2009; GODOI et al., 2009).

O cultivo do morango em substrato é a modalidade mais difundida e adotada no Brasil atualmente, tendo ainda potencial para aumento da produção de frutos e melhoria da sua qualidade (REISSER JUNIOR e ANTUNES, 2016). Este sistema, também conhecido como semi-hidropônico, pode ser classificado como aberto ou fechado. Nos sistemas abertos, a solução nutritiva aplicada é drenada e não retorna às plantas, sendo eliminada no solo do ambiente protegido. Nos sistemas fechados ou recirculantes a solução nutritiva drenada volta para um depósito e é reaproveitada, recirculando no ambiente radicular (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2002). Além disso, o substrato inerte pode ser reutilizado por vários ciclos produtivos e, em conjunto com a utilização de sistema de fertirrigação fechado, há redução nos custos de produção (GODOI et al., 2009).

O cultivo em sistemas fechados de fertirrigação é pouco difundido entre os produtores de morango, pelo maior investimento e necessidade de conhecimento mais aprofundado do manejo da fertirrigação. Porém, com o auxílio de pesquisas pode-se difundir esta técnica e permitir melhores condições produtivas para a cultura. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os parâmetros de produção e qualidade de morango de plantas com mudas de duas origens em dois anos de cultivo sob sistemas aberto e fechado de fertirrigação.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados em ambiente protegido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen – RS. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen, com precipitação bem distribuída ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). A estufa utilizada possui estrutura em aço galvanizado com cobertura em arco, medindo 10 m de largura por 20 m de comprimento e altura de pé direito de 3,5 m, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade com 150 μ .

4.4.2 Características do experimento e manejo das plantas

Foram cultivadas plantas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) da cultivar Albion, em sistema semi-hidropônico. As mudas foram plantadas em sacolas de plástico tubular branco de 150 μ (slabs) com 1,25 m de comprimento, contendo sete plantas, com disposição em fileiras duplas desencontradas. As sacolas tubulares foram preenchidas com mistura de casca de arroz carbonizada e substrato comercial “H-Decker” à base de casca de pinus e vermiculita, na proporção 2:1 e colocadas sobre bancadas de madeira de 0,8 m de altura.

Foi instalado um sistema de irrigação, composto por motobomba, caixa d’água, tubulações e fitas gotejadoras com emissores espaçados a 0,15 m entre si, para cada um dos sistemas de fertirrigação avaliados. A fertirrigação foi aplicada de modo automático por seis minutos, com utilização de temporizador para sua ativação, variando de duas a cinco aplicações ao dia ao longo do ciclo, de acordo com a temperatura média e crescimento das plantas. A solução nutritiva foi preparada diretamente nas caixas de água, com formulação indicada por MELO e BORTOLOZZO (2006) e manejada de modo a manter a condutividade elétrica próxima a 1,5 dS m^{-1} e pH próximo a 6,0. As temperaturas mínimas e máximas foram registradas e monitoradas durante os cultivos, com uso de termômetro digital no interior das estufas, colocado junto às plantas a 0,8 m de altura do solo. A temperatura média foi estimada pela equação:

$$T. med = \frac{T.max + T.min}{2} \quad (1)$$

Onde: T. med = temperatura média; T. max = temperatura máxima; T. min = temperatura mínima.

As plantas receberam tratamento fitossanitário de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (BORTOLOZZO et al., 2007). Para permitir maior desenvolvimento das plantas no estágio inicial de crescimento, a floração das plantas foi retirada até seis semanas após o transplante. Da mesma forma, folhas senescentes e estolhos foram retirados ao longo de todo o ciclo de cultivo, para evitar interferência destes na distribuição de fotoassimilados nas plantas.

4.4.3 Delineamento experimental

Foram realizados dois experimentos em delineamento blocos casualizados (DBC) utilizando-se quatro blocos, sendo a unidade experimental composta por duas sacolas tubulares contendo 14 plantas no total.

O primeiro experimento (Exp.1) foi conduzido em esquema fatorial 2 x 2, sendo avaliados os sistemas de fertirrigação aberto e fechado (Figura 1) e as origens das mudas de produtor nacional (provenientes de Agudo – RS) e importadas (provenientes da Patagônia Argentina). O Exp. 1 foi iniciado em 13 de junho de 2017 e conduzido até 22 de janeiro de 2018.

Figura 1 – Sistema de fertirrigação aberto, com perda da solução nutritiva, no slab à direita, e sistema de fertirrigação fechado, com calha para recolhimento da solução nutritiva sob os slabs, à esquerda.



O segundo experimento (Exp.2) também foi conduzido em esquema fatorial 2 x 2, com os dois sistemas de fertirrigação utilizados no Exp. 1 e dois períodos de cultivo, sendo o primeiro cultivo iniciado em 13 de junho de 2017 e conduzido até 22 de janeiro de 2018 e o segundo cultivo conduzido de 18 de junho de 2018 a 21 de janeiro de 2019.

4.4.4 Variáveis analisadas

Em ambos os experimentos foram analisadas as variáveis de produção, desde o início até o final da fase reprodutiva, realizando-se a avaliação temporal ao longo do ciclo e a média

acumulada no final do experimento de: produção de frutos comerciais (PFC), número de frutos comerciais por planta (NFP), produção de frutos não-comerciais (PFNC), número de frutos não-comerciais por planta (NFNC) e massa média de frutos comerciais (MMF). As avaliações foram iniciadas a partir do amadurecimento dos primeiros frutos, quando estes atingiram mais de 80% de coloração vermelha sobre a epiderme. As colheitas foram realizadas três vezes por semana. A massa fresca de frutos foi obtida em cada colheita, através de pesagem com balança digital. Foram considerados frutos comerciais aqueles com mais de 6,0 g e os demais, assim como os deformados ou com podridões, como não-comerciais.

As variáveis de qualidade avaliadas em ambos os experimentos foram o teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação de SS/AT. Estas avaliações foram realizadas a cada 14 dias, durante as colheitas, utilizando-se dois frutos por repetição. O teor de SS foi analisado através de refratômetro portátil, utilizando-se duas gotas do suco dos frutos esmagados de cada amostra, para leitura no aparelho, e os resultados expressos em ° Brix. A AT foi avaliada utilizando 2 g de suco do fruto esmagado, 20 ml de água destilada e duas gotas de fenolftaleína como indicador, e posterior titulação com Hidróxido de Sódio (NaOH) 0,1 N. O resultado foi calculado em equivalência de ácido cítrico através da equação:

$$AT = \frac{(n \times N \times Eq)}{10 \times p} \quad (2)$$

Onde: AT = acidez titulável, em g/100g de ácido cítrico; N = normalidade da solução de hidróxido de sódio; n = volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL; p = massa da amostra em grama; V = volume da amostra em mL; Eq = equivalente-grama do ácido cítrico.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os dados qualitativos. Os dados das variáveis produção, NFP e MMF do Exp.1 foram divididos em períodos de 30 dias, de acordo com os dias após o transplante (DAT) e submetidos à regressão para análise da distribuição temporal destas variáveis. Foi utilizado o *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS

Durante o período de cultivo foram observadas temperaturas médias diárias no interior do ambiente protegido entre 11,6 e 35,2 °C no período de 13 de junho de 2017 a 22 de janeiro de 2018 (Figura 2A) e entre 11,6 e 33,4 °C no período de 18 de junho de 2018 a 21 de janeiro

de 2019 (Figura 2B). As temperaturas extremas mínimas foram de $-2,0$ e $-0,4$ °C e máximas de $47,2$ e 47 °C, respectivamente, no primeiro e segundo cultivos (Figura 2A e 2B).

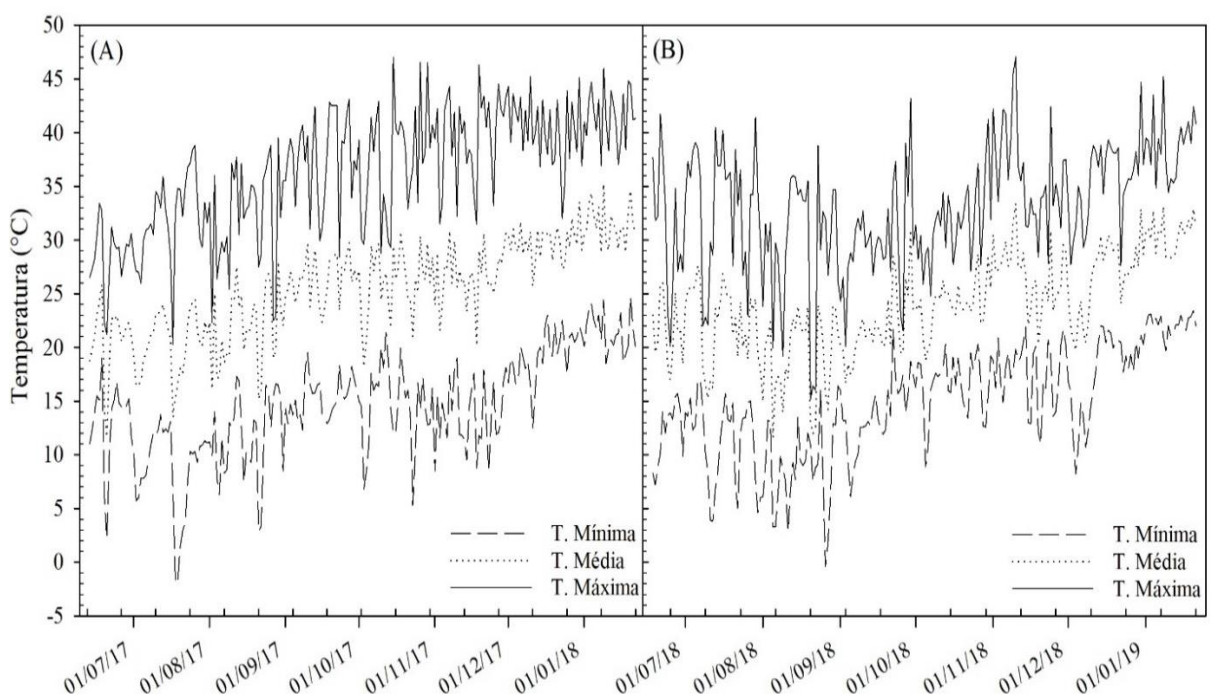
4.5.1 Experimento 1

Analisando a distribuição da PFC (Figura 3) foram encontradas diferenças com interação entre origem das mudas e DAT e entre sistema de fertirrigação e DAT. Para a variável NFP também foi encontrada interação entre sistema de fertirrigação e DAT, assim como entre as origens das mudas, enquanto para a MMF houve interação entre origem das mudas e DAT, e diferença entre os dois sistemas de fertirrigação.

Com relação as variáveis de produção acumuladas até o final do experimento, observa-se que houve diferença significativa para produção de frutos comerciais e NFP, tanto entre os sistemas de fertirrigação quanto entre as origens das mudas, sem interação entre estes. Para as variáveis Prod. NC e NFNC não houve diferença significativa.

Em relação as variáveis de qualidade, houve diferença estatística significativa entre os sistemas de fertirrigação para AT, não havendo diferença significativa para SS, com média geral de $6,5$ °Brix, assim como para a relação SS/AT, com média geral de $5,8$ °Brix.

Figura 2 – Temperaturas mínimas, médias e máximas no interior do ambiente protegido com cultivo de morango, cultivar Albion, durante o período de 13 de junho de 2017 a 22 de janeiro de 2018 (A) e de 18 de junho de 2018 a 21 de janeiro de 2019 (B).



A PFC apresentou variação ao longo do ciclo de produção, com maiores médias aos 150 e 180 DAT (Figura 3A e 3B). As mudas nacionais obtiveram maiores resultados de produção aos 150 DAT (Figura 3A) enquanto o sistema de fertirrigação aberto apresentou maior produção aos 150 e 210 DAT, enquanto aos 180 DAT o sistema fechado de fertirrigação apresentou maior média.

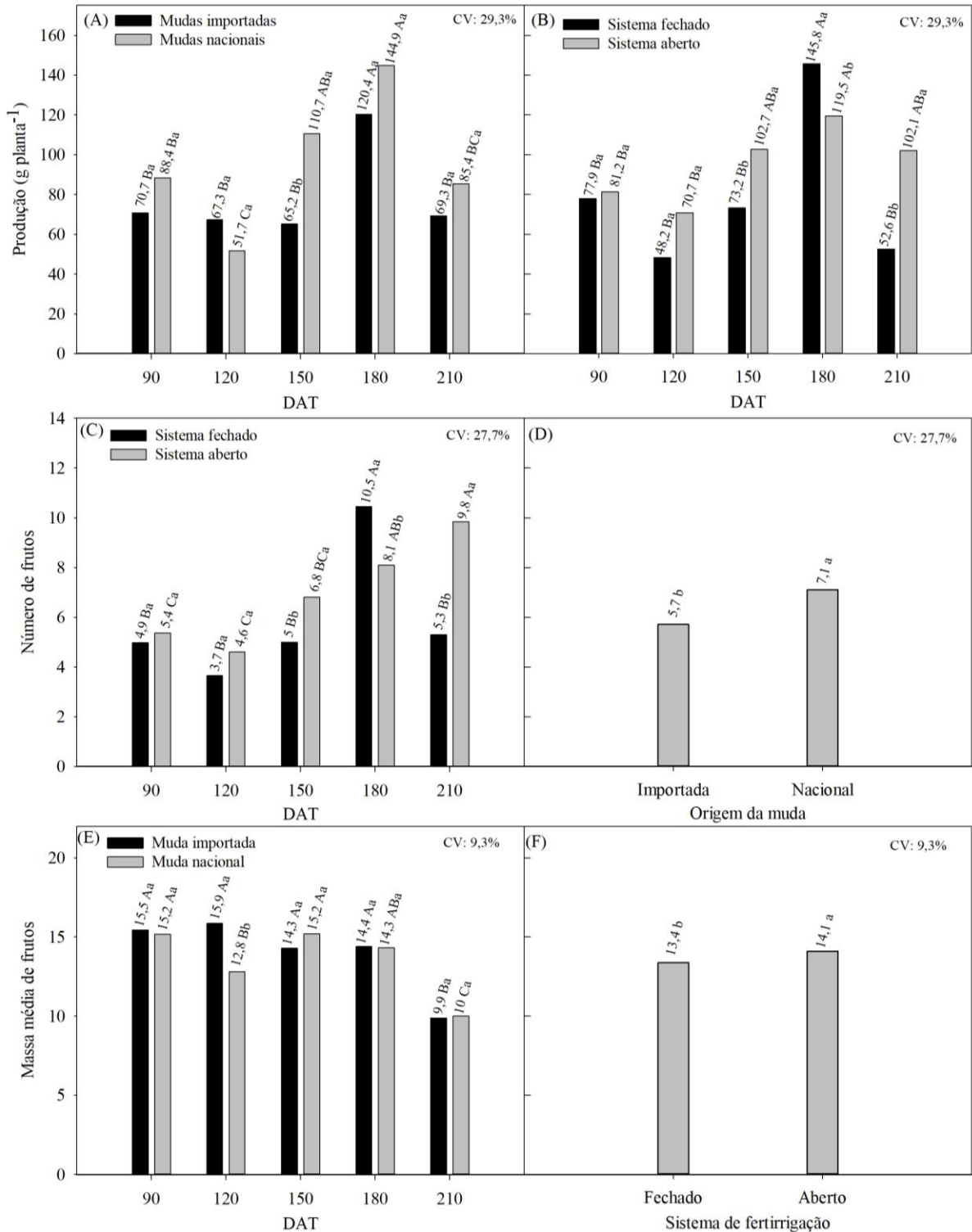
O NFP, assim como a produção, variou ao longo do ciclo produtivo, destacando-se aos 180 e 210 DAT. O sistema fechado de fertirrigação apresentou maior média de NFP aos 180 DAT, enquanto o sistema aberto se destacou aos 150 e 210 DAT (Figura 3C). Ao compararmos a origem das mudas, foi observada maior média de NFP nos períodos nas plantas oriundas de mudas de origem nacional, com média de 7,1 frutos por planta em cada período de 30 dias, diante de 5,7 nas plantas oriundas de mudas importadas (Figura 3D).

A MMF apresentou pouca variação entre os tratamentos, com diferença apenas aos 120 DAT, onde as mudas importadas apresentaram maior média, com 15,9 g por fruto. Ao longo do ciclo produtivo observou-se uma redução da massa média dos frutos, com mais destaque no último período, aos 210 DAT, onde foram encontrados os menores valores (Figura 3E). Na comparação entre os sistemas de fertirrigação, a MMF destacou-se no sistema aberto (Figura 3F).

A PFC obtida no final do experimento foi maior no sistema de fertirrigação aberto, com 476,2 g planta⁻¹ sendo superior significativamente ao sistema fechado (397,7 g planta⁻¹) (Figura 4A). Da mesma forma, o NFP também foi superior no sistema aberto quando comparado ao sistema fechado (34,7 e 29,4, respectivamente) (Figura 4C). Ao serem comparadas as origens das mudas, as nacionais foram superiores, alcançando produção média por planta de 481,1 g planta⁻¹ e 35,5 frutos por planta, enquanto as importadas obtiveram médias de 392,8 g planta⁻¹ e 28,5 frutos por planta (Figura 4B e 4D).

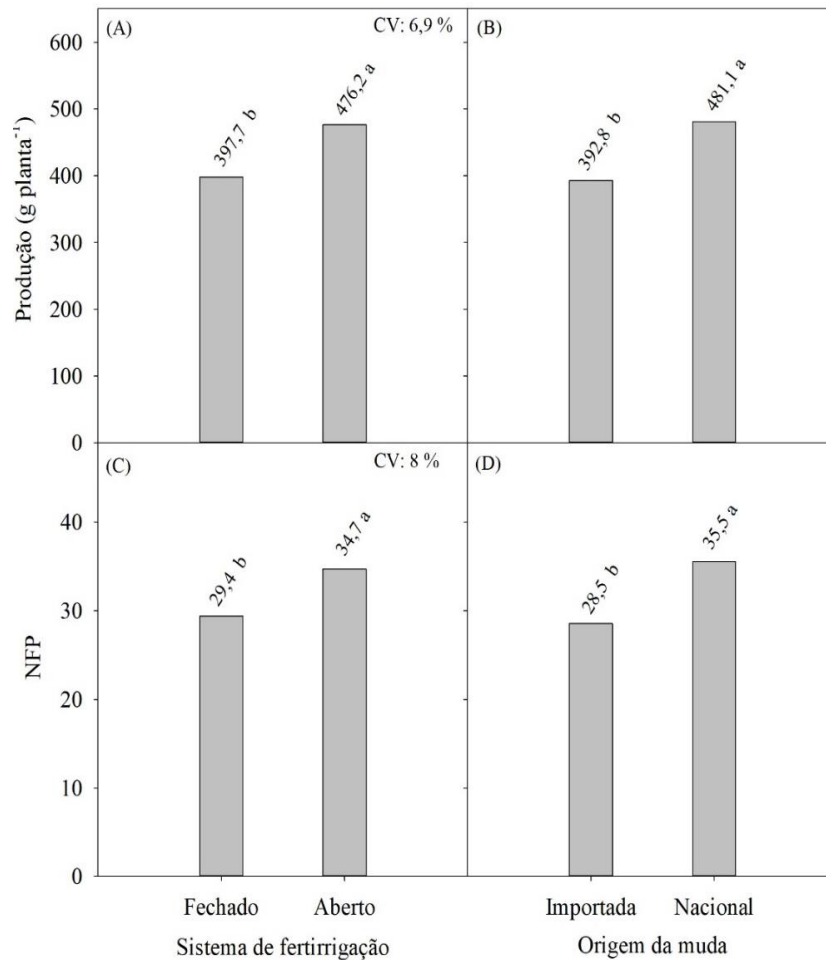
Na Figura 5 são apresentados os resultados da qualidade de morangos, sendo que a acidez titulável (AT) foi superior no sistema de fertirrigação fechado (1,14% de ácido cítrico) em relação ao sistema aberto (1,1% de ácido cítrico).

Figura 3 – Distribuição das médias das variáveis produção por planta em função da origem das mudas (A) e do sistema de fertirrigação (B), número de frutos por planta (NFP) em função do sistema de fertirrigação (C) e da origem das mudas (D), e massa média dos frutos (MM) em função do sistema de fertirrigação (E) e da origem das mudas (F), ao longo do ciclo produtivo de plantas de morango cultivar Albion.



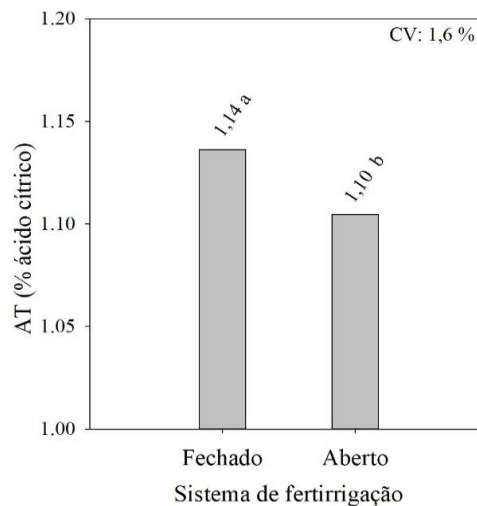
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre DAT e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4 –Produção e número final de frutos por planta (NFP) de morango, cultivar Albion, em função dos sistemas de fertirrigação (A e C) e origem das mudas (B e D).



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

Figura 5 –Acidez titulável (AT) em frutos de morango, cultivar Albion, em função do sistema de fertirrigação.



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

4.5.2 Experimento 2

Houve diferença significativa, com interação, para a variável PFC entre os anos de cultivo e DAT e entre os sistemas de fertirrigação e DAT. O mesmo aconteceu para a variável NFP. A MMF apresentou diferença com interação entre os anos de cultivo e DAT, assim como entre os sistemas de fertirrigação (Figura 6).

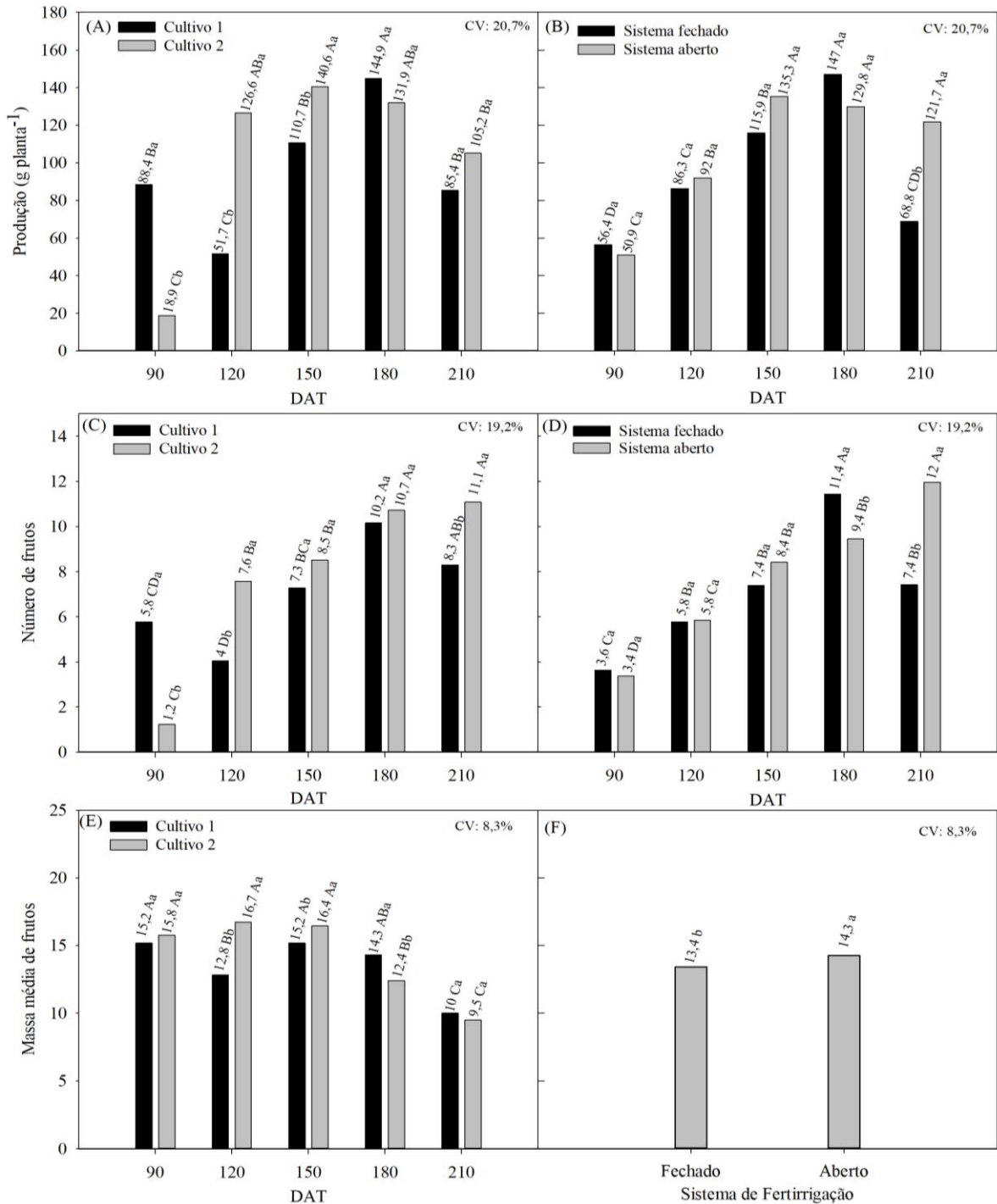
Os dados do experimento 2 mostram diferenças na distribuição dos resultados de PFC, NFP e MMF entre os cultivos 1 e 2 (Figura 6A, 6C e 6E). Estas diferenças estão relacionadas a fatores como temperatura do ar, radiação solar, assim como da variação na qualidade das mudas de um ano para o outro. O período com maior PFC no cultivo 2 foi de 120 a 180 DAT, enquanto no experimento 1 houve destaque apenas aos 180 DAT (Figura 6A). O NFP foi maior no período final das avaliações, quando as plantas já estavam mais desenvolvidas, dos 180 aos 210 DAT, em ambos os cultivos (Figura 6C). Porém, o NFP maior resultou em menores médias de MMF, que foram observadas aos 180 e 210 DAT (Figura 6E).

Os sistemas de fertirrigação apresentaram diferenças apenas nos últimos períodos de avaliação, com maior média de PFC e NFP no sistema aberto aos 120 DAT (Figura 6B e 6D) mas aos 180 DAT maior média de NFP no sistema fechado de fertirrigação (Figura 6D). A MMF foi superior no sistema de fertirrigação aberto, com média de 14,3 g fruto⁻¹ (Figura 6F).

Ao analisar os resultados produtivos finais, observou-se maior PFC no sistema de fertirrigação aberto (529,8 g planta⁻¹) em comparação ao sistema fechado (474,5 g planta⁻¹, Figura 7A). Para NFP, observou-se resultado semelhante para o primeiro cultivo no sistema de fertirrigação aberto e para o segundo cultivo, em ambos os sistemas de fertirrigação, com média variando entre 38,8 e 39,4 frutos por planta. Já no primeiro cultivo, no sistema fechado de fertirrigação, o NFP foi menor, com média de 32 frutos por planta (Figura 7B).

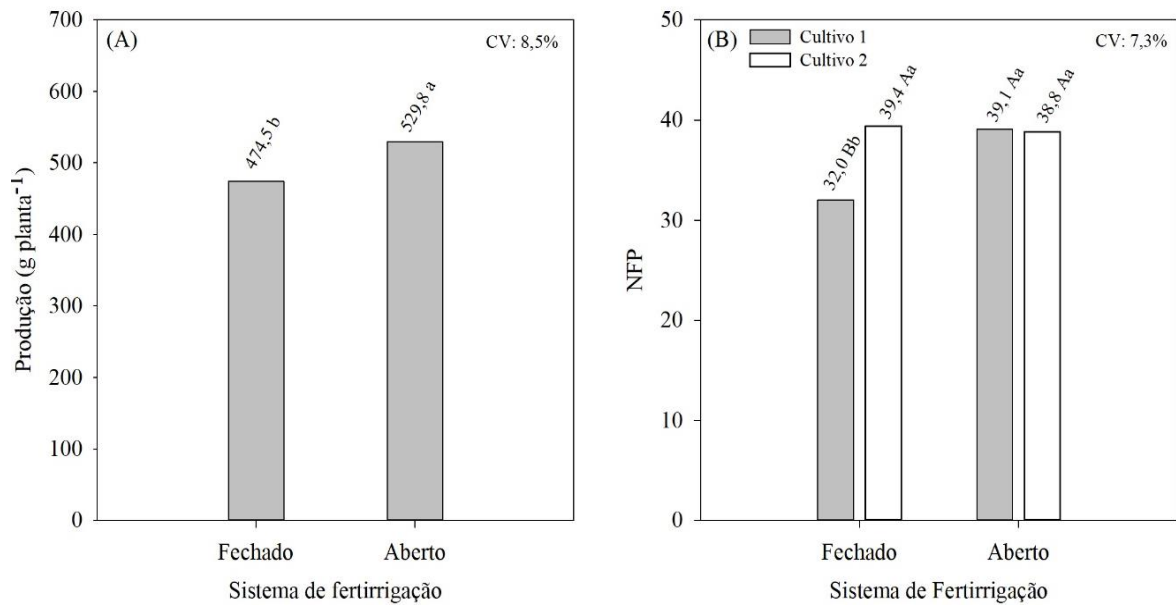
Para as variáveis de qualidade não houve diferença entre os sistemas de fertirrigação, mas apenas entre os anos de cultivo, para AT e SS. Foram observados valores médios de AT e SS de 1,1% de ácido cítrico e SS de 6,5 °Brix, respectivamente, no primeiro cultivo. Já no segundo cultivo, as médias foram significativamente superiores, com valores de 1,3% de ácido cítrico para AT e SS de 7,5 °Brix (Figura 8).

Figura 6 – Distribuição das médias das variáveis PFC em função do ano de cultivo (A) e do sistema de fertirrigação (B), NFP em função do ano de cultivo (C) e do sistema de fertirrigação (D), e MMF em função do ano de cultivo (E) e do sistema de fertirrigação (F), ao longo do ciclo produtivo de plantas de morango cultivar Albion.



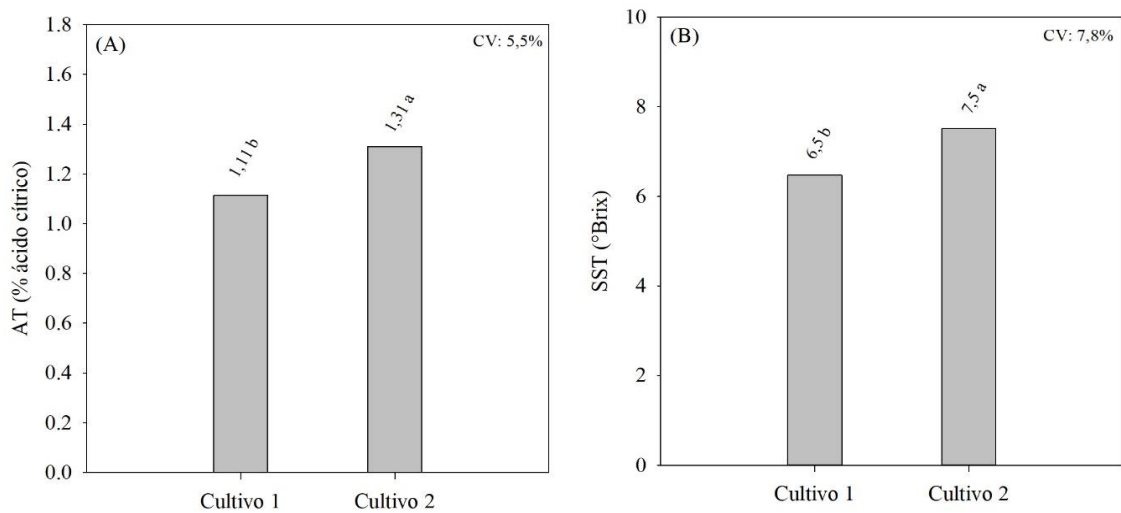
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre DAT e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7 – Produção de frutos comerciais (A) e número de frutos por planta (B), na cultivar Albion, em função do sistema de fertirrigação e dos cultivos.



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

Figura 8 – Acidez titulável (AT) (A) e teor de sólidos solúveis (SS) (B) de morangos produzidos em dois anos de cultivo.



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

4.6 DISCUSSÃO

Ao longo dos experimentos, as temperaturas a que as plantas foram submetidas situaram-se acima das ideais para a cultura em alguns períodos (Figura 2A e 2B). Alguns autores afirmam que temperaturas acima de 30 °C são prejudiciais à cultura, causando

abortamento floral e consequente perda na produção (WANG e CAMP, 2000; LEDESMA e SUGIYAMA, 2005).

Os dados obtidos demonstraram que as mudas nacionais tiveram maiores valores de PFC e NFP. THIESEN et al. (2018), ao comparar estas variáveis em mudas da cultivar Albion provenientes de baixa e alta altitude nacionais e as oriundas da Patagônia Argentina, não observaram diferenças entre as mudas importadas e as nacionais de alta altitude. Assim, acredita-se que o efeito do local de produção das mudas esteja relacionado ao acúmulo de horas de frio durante o período de vernalização, pois a cultura necessita de 250 a 2000 horas de frio abaixo de 7 °C para quebrar a dormência, o que varia principalmente de acordo com a cultivar (COCCO et al., 2016; VARANDA, 2018). Mudas oriundas de diferentes regiões podem resultar em diferentes produtividades e número de frutos, dependendo da época em que estas chegam ao produtor para o plantio, devido às diferenças nas condições do ambiente de cultivo das plantas matrizes (ROSA et al., 2013).

Comparando épocas de plantio, CALVETE et al. (2008) observaram maior número de frutos comerciais e de massa fresca por planta naquelas transplantadas mais precocemente. Assim, as mudas de origem nacional, que normalmente são entregues aos produtores brasileiros até dois meses antes da chegada das importadas, têm potencial de produzir mais ao longo do ciclo produtivo. A produção precoce permite ao produtor obter maior valor de mercado, já que a cultura apresenta sazonalidade na produção, com períodos de entressafra (PEREIRA et al., 2013), geralmente no outono, onde o plantio precoce com mudas nacionais poderia suprir mais adequadamente a demanda. Além disso, a maior produção obtida com mudas de origem nacional, mesmo quando plantadas na mesma data, mostra que estas podem ser opção aos produtores, já que possuem menor custo de aquisição.

As mudas nacionais que não são produzidas em região de altitude e não acumulam horas-frio, podem ser vernalizadas em câmara fria, para garantir elevado desempenho produtivo. Comparando mudas oriundas do Chile e mudas nacionais vernalizadas por diferentes períodos, OLIVEIRA e SCIVITTARO (2009) observaram resultados superiores quando as mudas nacionais permaneceram em câmara fria a 4 °C por em torno de 24 dias.

A fração de frutos não-comerciais ocorre geralmente por condições climáticas adversas, que causam problemas fitossanitários, ou mesmo por desbalanços nutricionais, quando estes não atingem o peso mínimo de 6,0 gramas (WATTHIER et al., 2011). Nos presentes experimentos esta fração não foi significativa, não sendo afetada pelos fatores avaliados.

Ao analisar as variáveis qualitativas, como AT e SS, não foram observadas diferenças entre as duas origens das mudas. Outros autores também não encontraram diferenças nestas variáveis, sendo encontradas médias de AT entre 0,71 a 1,3% de ácido cítrico e de SS de 7,1 a 8,9 °Brix (CARVALHO, 2013; THIESEN et al., 2018; VARANDA, 2018), valores próximos aos deste experimento (Figuras 5 e 8). As variáveis qualitativas estão relacionadas a outros fatores, como condições climáticas e nutrição das plantas. Além disso, também podem ser afetadas pelas cultivares (PASSOS et al., 2015), que também diferem entre si quanto ao teor de açúcares e compostos voláteis, responsáveis pelo sabor e aroma dos frutos (FORNEY et al., 2000). Rahman et al. (2014) encontraram diferenças no teor de SS, com maiores valores quando o transplante foi realizado precocemente, devido ao maior tempo para desenvolvimento das plantas e acúmulo de açúcares e período prolongado de frutificação.

O teor de SS e AT possui relação direta com a maturação dos frutos, sendo a relação SS/AT maior proporcionalmente ao nível de maturação dos frutos (ORNELAS-PAZ et al., 2013). O teor de SS também possui relação quanto a concentração e composição da solução nutritiva (PORTELA et al., 2012). Assim, o uso da mesma solução nutritiva e cultivar, mesmo que em diferentes sistemas de fertirrigação e origem das mudas, não afetam a qualidade dos frutos colhidos.

As variáveis de produção analisadas apresentaram médias inferiores no sistema de fertirrigação fechado durante o primeiro cultivo, mas no segundo esta diferença não foi observada em relação ao NFP, de modo que a relação deste fator pode ser influenciada por outras condições. Analisando os custos de produção em sistema semi-hidropônico recirculante, Oliveira et al. (2017) citam a média de produção de 732 g planta⁻¹ em densidade de plantas de 35 mil plantas ha⁻¹, média de produção por planta superior às obtidas nos presentes experimentos, mas produtividade próxima, já que foi utilizada uma densidade de plantas maior na pesquisa atual (60 mil plantas ha⁻¹).

A viabilidade da produção no sistema fechado, tem como principais vantagens a redução no uso de fertilizantes e a possibilidade de maior controle da fertilidade (OLIVEIRA et al., 2017). Apesar da produção e NFP menor no primeiro cultivo, no segundo o NFP não apresentou diferenças entre os sistemas de fertirrigação, permitindo inferir que a redução de custos variáveis no sistema recirculante pode ser compensatória. A principal diferença entre os sistemas fechado e aberto é a necessidade de calhas sob os slabs de cultivo, para coleta da solução nutritiva drenada (REISSER JUNIOR e ANTUNES, 2016), mas estas podem ser construídas com material de baixo custo, como lonas, o que tornaria este sistema com potencial para ser utilizado. Os sistemas de fertirrigação fechados têm bom potencial

produtivo, tendo como vantagens o fato de não haver descarte da solução nutritiva e consequente redução dos custos e até mesmo de poluição do solo abaixo das bancadas (GODOI et al., 2009).

Aos 150 e 180 DAT foram observados os picos de maior produção na atual pesquisa, correspondente ao período entre outubro e novembro (Figuras 3 e 6). Em função das condições climáticas no sul do Brasil e da época tradicional de plantio, maiores produções geralmente são encontradas entre os meses de outubro e novembro, como também mencionado por Carvalho et al. (2013) e Oliveira e Scivittaro (2009).

Cultivares de dias neutros, como a Albion, apresentam capacidade de produzir independentemente do fotoperíodo e mesmo em temperaturas mais elevadas. Apesar disso, temperaturas muito elevadas, como por exemplo acima de 30 °C, podem resultar em abortamento floral e conseqüentemente redução da produtividade da cultura (LEDESMA & SUGIYAMA, 2005), o que pode ter influenciado a menor produção nos últimos meses de cultivo do presente trabalho.

4.7 CONCLUSÕES

Plantas oriundas de viveiro nacional apresentam maiores médias das variáveis produtivas.

O sistema de fertirrigação aberto, apresentou maior produção, mas a diferença em relação ao sistema fechado não se manteve para o número de frutos por planta no segundo cultivo.

As variáveis qualitativas acidez titulável e sólidos solúveis apresentaram diferenças apenas entre anos de cultivo, mostrando pouca relação com os fatores avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRIOLO, J. L. et al. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas de morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.
- BORTOLOZZO, A. R. et al. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. EMBRAPA. Bento Gonçalves 2007.
- CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 396-401, 2008.
- CARVALHO, S. F. D. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS**. 2013. 103 dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2013.
- CARVALHO, S. F. D. et al. Comportamento e qualidade de cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) na região de Pelotas-RS. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 14, n. 2, p. 176-180, 2013.
- COCCO, C. et al. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agric.**, v. 68, n. 4, p. 489-493, 2011.
- COCCO, C. et al. Produção de mudas. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., et al (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, cap. 5, p.79-109, 2016.
- FAO. **FAOSTAT: Crops / Strawberry**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>>. Acesso em: 22/12/2018.
- FERNANDES-JÚNIOR, F.; 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, n. 1, p. 25-34, 2002.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FORNEY, C. F.; KALT, W.; JORDAN, M. A. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage. **HortScience**, v. 35, n. 6, p. 1022-1026, 2000.
- GODOI, R. D. S. et al. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1039-1044, 2009.
- GONÇALVES, M. A. et al. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de mudas com torrão. **Revista Eletr. Cient. Uergs**, v. 2, n. 3, p. 277-283, 2016.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>>. Acesso em: 20/12/2018.

LEDESMA, N.; SUGIYAMA, N. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperatures stress. **J. Am. Society Horticultural Science**, v. 130, n. 3, p. 341-347, 2005.

MELO, G. W. B. D.; BORTOLOZZO, A. R. Manejo da Nutrição. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**, 2006. ISSN 1678-8761. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidropnico/nutricao.htm>>. Acesso em: 14/04/2017.

OLIVEIRA, I. P.; BELARMINO, L. C.; BELARMINO, A. J. Viabilidade da produção de morango no sistema semi-hidropônico recirculante. **Custos e @gronegocio on line**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 2017.

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

ORNELAS-PAZ, J. et al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chem**, v. 138, n. 1, p. 372-81, 2013.

PASSOS, F. A.; TRANI, P. E.; CARVALHO, C. R. L. Desempenho agrônomico de genótipos de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 267-271, 2015.

PEREIRA, W. R. et al. Produtividade de cultivares de morangueiro, submetidas a diferentes épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 500-503, 2013.

PICIO, M. D. et al. Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 375-379, 2013.

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. 266-273, 2012.

RAHMAN, M. M. et al. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 56-62, 2014.

REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C. **Morangos: o cultivo no Brasil**. Campo&Negócio-Hortifruti. Uberlândia-MG. 128: 44-47 p. 2016.

ROSA, H. T. et al. Crescimento vegetativo e produtivo de duas cultivares de morango sob épocas de plantio em ambiente subtropical. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 604-613, 2013.

THIESEN, L. A. et al. Phyllochron and Productive Performance of Strawberry Cultivars: Impact of Different Regions of Origin in a Conventional Cultivation System. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 167, 2018.

VARANDA, A. C. V. D. A. **Influência do substrato na fitossanidade, na produção e na qualidade de morangos produzidos em sistema hidropônico fechado "New Growing Systems"**. 2018. 105 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Escola de Ciências e Tecnologia - Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora, Évora. 2018.

WANG, S. Y.; CAMP, M. J. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 85, n. 1, p. 183-199, 2000.

WATTHIER, M. et al. **Produção de morangueiro a partir de mudas de origem Argentina em sistema de produção orgânica**. VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. Fortaleza - CE 2011.

5 DISCUSSÃO GERAL

A produção agrícola, em especial a de frutas e hortaliças para consumo *in-natura*, está em constante evolução, de modo que a soma de diversas tecnologias permite o aumento constante da produtividade dos cultivos ao longo dos anos, conforme dados mostrados pela (FAO, 2018), para atender a demanda da crescente população mundial. Assim, o aprimoramento do cultivo do morango semi-hidropônico com o uso de sistema fechado de fertirrigação pode permitir a produção de forma mais sustentável, reduzindo o uso de insumos e de água (CALVETE et al., 2016) e mantendo a viabilidade econômica (OLIVEIRA et al., 2017). O sistema de fertirrigação fechado não apresentou diferenças consideráveis nas variáveis de crescimento, havendo redução na produção neste sistema, demandando maiores avaliações quanto às vantagens e desvantagens do seu uso, bem como pesquisas relacionadas ao manejo.

Houve destaque nos resultados produtivos, tanto de massa seca acumulada de frutos, número e produção de frutos comerciais em plantas oriundas de mudas nacionais. As mudas importadas resultaram em maiores médias apenas em relação às raízes das plantas. Estas diferenças estão relacionadas à aclimação das plantas às condições climáticas locais, assim como diferenças entre a vernalização em cada viveiro, mesmo em uma mesma cultivar (OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2009; COCCO et al., 2016). Além dos resultados observados, as mudas nacionais ainda possuem como vantagem a disponibilidade em época mais adequada de plantio, chegando aos produtores antes das importadas.

As diferenças observadas entre os dois anos de cultivo nas variáveis de crescimento, produção e qualidade ocorrem devido à fatores climáticos, como diferenças de temperatura e radiação recebidas pelas plantas, que podem afetar o crescimento, emissão de folhas e flores e outros aspectos fisiológicos nas plantas (ALMEIDA, 2016; GONÇALVES et al., 2016b; THIESEN et al., 2018).

Com a análise dos fatores estudados no presente trabalho, se observa vantagem ao produtor da região sul do Brasil em usar mudas de origem nacional, possibilitando redução do custo de aquisição destas em relação às importadas e maiores produtividades, além do plantio precoce permitir ao produtor aproveitar a sazonalidade da produção nacional e garantir melhores preços no início da safra. Em relação ao sistema de fertirrigação, apesar de suas vantagens, o sistema fechado de fertirrigação não apresentou resultado produtivo satisfatório, devendo seu uso ser analisado com mais atenção.

Sugere-se maiores pesquisas em relação ao sistema de fertirrigação, sobretudo no estudo das diferenças de manejo e de soluções nutritivas em cada sistema, de forma a otimizar os resultados produtivos e aumentar a rentabilidade dos produtores.

6 CONCLUSÃO GERAL

Mudas importadas resultaram em maior acúmulo de massa seca, comprimento e volume de raízes, assim como de massa seca de folhas senescentes, enquanto mudas nacionais resultaram em maiores médias de número e massa seca de frutos comerciais e não-comerciais.

Plantas oriundas de viveiro nacional apresentam maiores médias das variáveis produtivas, demonstrando maior aclimação ao cultivo na região sul do Brasil.

Não foi observada diferença no crescimento entre os sistemas de fertirrigação aberto e fechado, porém, o sistema de fertirrigação aberto apresentou maior produção.

Houve diferença entre os anos de cultivo para massa seca, comprimento e volume de raízes, número de folhas, folhas senescentes e flores e área foliar, mas não entre número e massa seca de frutos comerciais e não-comerciais. As variáveis qualitativas acidez titulável e sólidos solúveis apresentaram diferenças entre anos de cultivo, mostrando pouca relação com os fatores avaliados. A partição de massa seca também apresentou variações entre os dois anos de cultivo, mas em ambos se destacaram os frutos e folhas como maiores drenos dos fotoassimilados das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. R. D. Clima. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, p.125-132. 2016.
- CALVETE, E. O. *et al*. Sistemas de produção fora do solo. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília - DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, p.219-258, 2016.
- COCCO, C. *et al*. Produção de mudas. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1. cap. 5, p.79-109, 2016.
- FAO. FAOSTAT: Crops / Strawberry, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>>. Acesso em: 22/12/2018.
- GONÇALVES, M. A. *et al*. Crescimento e Desenvolvimento. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R., *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, v.1, cap. 3, p.47-66. 2016.
- OLIVEIRA, I. P.; BELARMINO, L. C.; BELARMINO, A. J. Viabilidade da produção de morango no sistema semi-hidropônico recirculante. **Custos e @gronegocio on line**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 2017.
- OLIVEIRA, R. P. D.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.
- THIESEN, L. A. *et al*. Phyllochron and Productive Performance of Strawberry Cultivars: Impact of Different Regions of Origin in a Conventional Cultivation System. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 167, 2018.