



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ITALO SORAC RAFAEL DE QUEIROZ

**CULTIVO DO MORANGUEIRO NA SERRA DE PORTALEGRE-RN: ESTUDO
DE CULTIVARES, SUBSTRATOS E MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

MOSSORÓ/RN

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ITALO SORAC RAFAEL DE QUEIROZ

**CULTIVO DO MORANGUEIRO NA SERRA DE PORTALEGRE-RN: ESTUDO
DE CULTIVARES, SUBSTRATOS E MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologia em Nutrição de Plantas e Soluções para Convivência com a Seca e Salinidade.

Orientado: Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira.

MOSSORÓ/RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Q3c Queiroz, Italo Sorac Rafael de.
 Cultivo do morangueiro na serra de Portalegre-
RN: estudo de cultivares, substratos e manejo da
solução nutritiva / Italo Sorac Rafael de Queiroz.
- 2022.
 114 f. : il.

 Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
 Coorientador: Nildo da Silva Dias.
 Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2022.

 1. Fragaria x ananassa Duch. . 2. Solução
Nutritiva. 3. Cultivo sem Solo. 4. Semiárido
Brasileiro. 5. Morangueiro. I. Oliveira,
Francisco de Assis de, orient. II. Dias, Nildo da
Silva, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**CULTIVO DO MORANGUEIRO NA SERRA DE PORTALEGRE-RN: ESTUDO
DE CULTIVARES, SUBSTRATOS E MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Tese apresentada ao Doutorado em
Manejo de Solo e Água do Programa
de Pós-Graduação em Manejo de Solo
e Água da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Doutor em
Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologia em
Nutrição de Plantas e Soluções para
Convivência com a Seca e Salinidade.

Defendida em: 24/02/2022

BANCA EXAMINADORA



Dr. Francisco de Assis de Oliveira
Presidente da banca examinadora



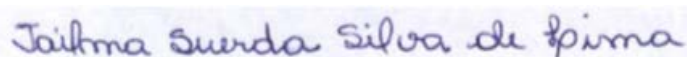
Dr. Nildo da Silva Dias - Membro



Dra. Iarajane Bezerra do Nascimento - Membro



Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto - Membro



Dra. Jailma Suerda Silva de Lima - Membro

Dedico às pessoas mais importantes da minha
vida, minha base, Itêônio Queiroz de Souza
(painho) e Maria do Socorro Rafael (mainha).

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por me conceder saúde e força para realizar este trabalho e me levantar diante das dificuldades;

Aos meus pais, Itêônio Queiroz de Souza e Maria do Socorro Rafael, pela educação que me deram, por apoiarem e acreditarem nos meus sonhos e meu potencial;

A minha esposa, Natália Crystina Silva de Moura Queiroz, e ao meu filho Ícaro Sorac de Moura Queiroz, pelo amor, companheirismo, apoio, paciência, cumplicidade e dedicação;

Aos meus irmãos, Igor Rafael de Queiroz e Juliana Rafael de Queiroz, pelo apoio e confiança nos meus sonhos;

À Universidade Federal Rural do Semiárido e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água pela oportunidade das minhas formações (graduação, mestrado e agora doutorado). Orgulho de dizer que sou filho dessa instituição de excelência;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira, pelo acolhimento, confiança e dedicação, sem sua cumplicidade e apoio seria impossível chegar até aqui;

Ao senhor Wellington Gomes e a senhora Silvia Ferreira por abrirem as portas, financiarem parte da pesquisa e confiarem no projeto e em mim;

Aos meus primos, Assis Junior e Cleber Queiroz, pelo apoio nas atividades de avaliação durante o experimento;

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

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e contribuir para melhorar o trabalho.

Muito obrigado.

RESUMO GERAL

Pertencente à família Rosaceae, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma das principais hortaliças-fruto plantada e consumida no Brasil e no mundo. Com a produção concentrada na região centro-sul do país, os mercados das regiões Norte e Nordeste não dispõem do produto em abundância, sendo esses mercados abastecidos por frutos produzidos na região Sudeste do Brasil com custos elevados para transporte ao mercado consumidor. Diante disso o cultivo de morango em condições do Nordeste exige o desenvolvimento de pesquisas, especialmente sobre material genético, sistema de cultivo e nutrição mineral. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a viabilidade do cultivo de morangueiro em sistema hidropônico no polo serrano do semiárido. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 x 4, com três repetições.. Duas cultivares de morangueiro (San Andreas e Albion) foram crescidos em slab com 1,25 m de comprimento preenchidos com dois tipos de substratos de cultivos (50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e 100% fibra de coco), as quais foram fertirrigadas com soluções nutritivas com quatro diferentes condutividades elétricas (1,3; 1,7; 2,0; 2,4 dS m⁻¹). As plantas foram avaliadas quanto ao crescimento na fase de formação (altura, número de folhas, diâmetro da coroa, área foliar, área foliar específica, massa seca de folha, massa seca de coroa, massa seca da parte vegetativa, massa seca de fruto e massa seca da parte aérea), fisiologia vegetal (condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida, concentração interna de CO₂, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação), produção e qualidade de frutos (número de frutos, massa média de frutos, produção, comprimento de fruto, diâmetro de fruto, índice de formato, firmeza de polpa, sólidos solúveis, pH, acidez total e índice de maturação). Os resultados mostraram que cultivo de morangueiro em substrato de fibra de coco requer solução nutritiva mais concentrada do que substrato contendo húmus de minhoca. A fertirrigação com solução nutritiva de CE 1,3 dS m⁻¹ favorece a translocação de fotoassimilados para os frutos nas duas cultivares estudadas. A CE da solução nutritiva afetou as variáveis trocas gasosas, as quais foram reduzidas com o aumento da CE da solução nutritiva de fertirrigação. A cultivar Albion mostrou-se tolerante ao aumento da CE. Os substratos de cultivo influenciaram as respostas das variáveis de trocas gasosas, sendo variáveis com os tipos de substratos de cultivo. A cultivar San Andreas produz mais frutos por planta e, conseqüentemente, maior rendimento nas condições de estudos. A maior produção de frutos comerciais nas duas cultivares estudadas foi obtida utilizando solução nutritiva de 2,0 dS m⁻¹. O substrato contendo apenas fibra de coco mostrou-se mais adequado para o cultivo de morangueiro, quando associado à maior concentração de nutriente da solução hidropônica.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Solução nutritiva. Cultivo sem solo. Semiárido brasileiro. Morangueiro.

GENERAL ABSTRACT

Belonging to the Rosaceae family, the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) is one of the main fruit vegetables planted and consumed in Brazil and worldwide. With production concentrated in the center-south region of the country, the markets of the North and Northeast regions do not have an abundant supply of the product, and these markets are supplied by fruits produced in the Southeast region of Brazil with high costs for transport to the consumer market. In view of this, the strawberry cultivation under Northeastern conditions requires the development of research, especially on genetic material, cultivation system and mineral nutrition. In this context, the objective was to evaluate the viability of strawberry cultivation in a hydroponic system in the highlands of the semiarid region. The experiment was carried out in a greenhouse using a completely randomized design in a 2x2x4 factorial scheme, with three replications. Two strawberry cultivars (San Andreas and Albion) were grown in slabs with 1.25 m in length filled with two types of cultivation substrates (50% humus + 25% vermiculite + 25% carbonized rice husk and 100% coconut fiber), which were fertigated with nutrient solutions with four different electrical conductivities (1.3; 1, 7; 2.0; 2.4 dS m⁻¹). The plants were evaluated for growth in the formation phase (height, number of leaves, crown diameter, leaf area, specific leaf area, leaf dry mass, crown dry mass, vegetative part dry mass, fruit dry mass and shoot dry mass), plant physiology (stomatal conductance, transpiration, net photosynthesis, internal CO₂ concentration, intrinsic water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency), fruit yield and quality (number of fruits, average fruit mass), yield, fruit length, fruit diameter, format index, pulp firmness, soluble solids, pH, total acidity and maturation index). The results showed that strawberry cultivation in coconut fiber substrate requires more concentrated nutrient solution than substrate containing worm humus. Fertigation with a nutrient solution of EC 1.3 dS m⁻¹ favors the translocation of photoassimilates to the fruits in the two studied cultivars. The EC of the nutrient solution affected the gas exchange variables, which were reduced as the EC of the fertigation nutrient solution increased. The Albion cultivar proved to be tolerant to the increased EC. The cultivation substrates influenced the responses of the gas exchange variables, being variable with the types of cultivation substrates. The San Andreas cultivar produces more fruits per plant and, consequently, entails higher yield under the studied conditions. The highest yield of commercial fruits in the two studied cultivars was obtained using a nutrient solution of 2.0 dS m⁻¹. The substrate containing only coconut fiber proved to be more suitable for strawberry cultivation, when associated with a higher concentration of nutrient in the hydroponic solution.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Nutrient Solution. Soilless Cultivation. Brazilian semiarid. Strawberry.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Figura 1	Altura de plantas durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	17
Figura 2	Número de folhas durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	19
Figura 3	Área foliar durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	20
Figura 4	Diâmetro de coroa durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	22
Figura 5	Resposta da área foliar específica (A e B) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	32
Figura 6	Massa seca de folha (A e B) e massa seca da parte vegetativa (C e D) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	36
Figura 7	Massa seca de coroa de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	38
Figura 8	Massa seca da parte aérea (A, B e C) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas em dois substratos.....	39
Figura 9	Partição de massa seca (massa seca de fruto e massa seca da parte vegetativa) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas em dois substratos.....	41

CAPÍTULO 3 - FISIOLOGIA DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS E SUBSTRATOS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Figura 1	Condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese (C) e concentração interna de CO ₂ (D) nas cultivares de morangueiro San Andreas e Albion nos substratos S1 e S2 para as soluções nutritivas (Médias seguidas com as mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (5%) em cada CE).....	62
Figura 2	Eficiência instantânea do uso da Água (A) e eficiência de carboxilação (B) nas cultivares de morangueiro em função da salinidade da água de irrigação e do substrato ((Médias seguidas com as mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (5%) em cada CE).....	63

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Figura 1	Número de frutos (A e B) e produção (C e D) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas.....	72
Figura 2	Índice de formato de frutos de morangueiro fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	78
Figura 3	Índice de maturação em frutos de morangueiro em função da concentração de nutriente (A) em duas cultivares e dois substratos (B).....	83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Tabela 1	Soluções nutritivas utilizadas no experimento.....	13
Tabela 2	Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas.....	24
Tabela 3	Número de folhas, altura e área foliar em cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	27
Tabela 4	Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas.....	33
Tabela 5	Massa seca de fruto (MSFR) de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	35

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Tabela 1	Soluções nutritivas utilizadas no experimento.....	68
Tabela 2	Resumo da análise de variância para variáveis de produção de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas.....	71
Tabela 3	Massa média de frutos, comprimento e diâmetro de frutos em cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	74
Tabela 4	Resumo da análise de variância para variáveis de qualidade física pós-colheita de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	79
Tabela 5	Qualidade físico-química de frutos de morangueiro cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.....	80

LISTA DE ANEXOS

Anexo I	Ilustração da localização da área experimental onde foi instalado o ensaio do presente documento, zona rural do município de Portalegre/RN.....	92
Anexo II	Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e respectivos tratamentos.....	93
Anexo III	Mudas transplantadas para slabs, distribuídas em duas fileiras, espaçadas em 25x15 cm.....	94
Anexo IV	Caixas d'água de 500 litros para armazenamento das soluções nutritivas.....	94
Anexo V	Sistema de irrigação localizado com motobomba e microtubo tipo espaguete com diâmetro interno de 1,0 mm e 10 cm de comprimento, com vazão média de 20 litros por hora.....	95
Anexo VI	Temporizador digital para irrigação automática.....	95
Anexo VII	Realização de poda de limpeza e de formação.....	96
Anexo VIII	Avaliação de crescimento.....	96
Anexo IX	Avaliação com analisador de gases infravermelho (IRGA, modelo GFS-3000, WALZ [®] , Effeltrich, Alemanha).....	97
Anexo X	Morangueiro frutificando na fase de produção do experimento.....	97
Anexo XI	Avaliação de tamanho do fruto.....	98
Anexo XII	Avaliação de qualidade pós-colheita em laboratório.....	98

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO GERAL (REVISÃO DE LITERATURA).....	1
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
CAPÍTULO 2	CRESCIMENTO DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	7
	RESUMO.....	8
	ABSTRACT.....	9
	INTRODUÇÃO.....	10
	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
	Fase de formação.....	16
	Avaliação final.....	23
	CONCLUSÕES.....	42
	REFERÊNCIAS.....	42
CAPÍTULO 3	FISIOLOGIA DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS E SUBSTRATOS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	
	RESUMO.....	48
	ABSTRACT.....	49
	INTRODUÇÃO.....	50
	MATERIAL E MÉTODOS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	59
CAPÍTULO 4	PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	64
	RESUMO.....	65
	ABSTRACT.....	66
	INTRODUÇÃO.....	67
	MATERIAL E MÉTODOS.....	68
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
	Rendimento de frutos.....	71
	Qualidade pós-colheita.....	78
	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIA.....	85
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL (REVISÃO DE LITERATURA)

Uma das frutas mais populares no mundo, o morango é preferido devido ao seu sabor marcante, nutrientes essenciais ricos e compostos bioativos benéficos à saúde, incluindo vitaminas, fibras, minerais, antocianinas e compostos fenólicos (Wang et al., 2019). É uma cultura com alta produtividade e, portanto, de grande retorno econômico para o produtor e; e os diversos métodos de cultivo podem interferir na produtividade e na qualidade dos frutos (Andriolo et al., 2009).

O morangueiro é considerado uma planta de clima subtropical a temperado, com faixa de temperatura ideal para seu desenvolvimento pleno entre 13 e 26 °C (Gonçalves et al., 2016a). Entretanto, em razão da sua grande diversidade genética, a cultura do morangueiro abrange ampla distribuição geográfica, pois conta com inúmeras cultivares com alta capacidade de adaptação às condições climáticas e de cultivo (Morales et al., 2012).

No Brasil, o morangueiro é cultivado em pouco mais de 4.500 ha, com produção anual de 165.440 toneladas, resultando em uma produtividade média de 36,8 t ha⁻¹ (Antunes et al., 2021), o que o coloca como maior produtor de morango da América do Sul, seguido por Chile, Peru, Argentina e Colômbia. A produção de morango no Brasil concentra-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste devido a essas regiões apresentarem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do morangueiro. Nas demais regiões, Norte e Nordeste, em virtude das condições ambientais desfavoráveis à cultura, como elevada temperatura, o cultivo de morangueiro ainda se encontra em estágio inicial, sendo realizado principalmente em instituições de pesquisa e produtores localizados em regiões de clima mais ameno (Vizzotto et al., 2012).

Outro fator ambiental importante para a adaptação do morangueiro nas diferentes regiões do Brasil é o fotoperíodo (duração do período luminoso em 24 h), que influencia inúmeros processos fisiológicos das plantas (crescimento, floração, frutificação, produção de sementes etc.). No caso do morangueiro, dias curtos favorecem a resposta sexual – emissão de folhas e frutificação do morangueiro – e dias longos favorecem a resposta assexual – crescimento vegetativo. Essa questão limita a produção em locais com fotoperíodos longos. Entretanto, o desenvolvimento de cultivares de dias neutros, a partir do melhoramento genético, possibilita o cultivo de morangueiro em condições climáticas outrora adversas.

Apesar da limitação climática, a cultura do morangueiro possui ampla distribuição geográfica em virtude de sua alta capacidade de adaptação às condições de cultivo e de clima (Morales et al., 2012).

De acordo com Antunes (2021), nos últimos dez anos, esses países apresentaram um aumento significativo não apenas nas áreas cultivadas, mas também na adoção de novas tecnologias, elevando, assim, o rendimento e a qualidade da fruta produzida.

A produção comercial de morango no Brasil é feita predominantemente com as cultivares Oso Grande, Camarosa e Dover, mas a produtividade varia significativamente em função das condições edafoclimáticas da região de cultivo, de fatores fisiológicos, genéticos e ambientais, além do sistema de cultivo empregado (Camargo et al., 2010).

De acordo com Menezes Júnior et al. (2018), os cultivares de morangueiro diferem em relação à sua adaptação ao meio e, dessa forma, o desempenho satisfatório em uma região pode ser completamente diferente em outra com condições ambientais distintas. Em Santa Catarina predomina a indicação de cultivares de dias “neutros” em relação ao fotoperíodo, “Albion” e “San Andreas”, originárias do programa de melhoramento da Califórnia/EUA, consideradas adaptadas ao cultivo em regiões de altitude média inferior a 600 m (Menezes Júnior et al., 2018).

De acordo com Antunes et al. (2020), com os avanços tecnológicos registrados nas últimas décadas, o consumidor pode encontrar morangos no comércio em qualquer época do ano. Para a região semiárida, o mais indicado são os cultivares neutros, apresentando adaptações a períodos climáticos diferenciados, não comprometendo o processo de frutificação, podendo ser plantados em qualquer época do ano. Em períodos chuvosos, recomenda-se o cultivo protegido para melhor produção (SENAR, 2019).

No Brasil, o morangueiro é cultivado de várias formas: no solo, com ou sem cobertura plástica; em túneis baixos ou em estufas; ou no sistema hidropônico, com ou sem substrato (Bortolozzo et al., 2007).

O cultivo sem solo, seja hidropônico ou semi-hidropônico, vem se tornando uma opção bastante utilizada pelos produtores, apresentando vantagens como alta produtividade e uso eficiente da água, com maior controle fitossanitário, quando comparado aos sistemas tradicionais (Sausen et al., 2020).

O amplo espectro de substratos disponíveis para a horticultura, associado à importância de orientações sobre as culturas, deve ser enfatizado (Gruda, 2009). Existem vários substratos que podem ser utilizados no sistema semi-hidropônico, sendo eles a vermiculita, fibra de coco, serragem, cinza de casca de arroz, casca de arroz

carbonizada, perlita, entre outros materiais que sejam inertes e possuam maior capacidade de retenção da água e nutrientes (Netto, 2017).

A casca de arroz carbonizada é, atualmente, a mais utilizada em sistemas semi-hidropônicos na cultura do morango, sendo um substrato característico da lenta decomposição e, por isso, estável em sua forma física e química, podendo ser reutilizado por vários anos. Contudo, exposta a sua alta porosidade, pode ser misturada com outros substratos, como a casca de coco, o próprio solo, o esterco bovino, entre outros (Gonçalves et al., 2016b). No entanto, há dificuldade quanto à padronização do material, ao processo de carbonização e às restrições ambientais (Giménez et al., 2008).

A fibra de coco possibilita um ambiente adequado para o desenvolvimento radicular das plantas, com elevada retenção de água e alta porosidade, embora sua produção, proveniente da Região Norte do país, encareça o produto final. Características físicas, químicas e biológicas dos substratos devem ser correlacionadas com o fornecimento de água e de fertilizantes, as condições climáticas e as necessidades das plantas (Gruda, 2009; Sousa et al., 2016).

Além do substrato a ser utilizado, o manejo da irrigação e fertirrigação é questão que precisa ser estudada, quando tratada em conjunto no cultivo do morangueiro em sistema sem solo (Zorzeto et al., 2016). Esse sistema de cultivo requer a adoção de solução nutritiva contendo os principais nutrientes essenciais para as plantas em quantidades e proporções adequadas (Andriolo et al., 2009).

Para o cultivo sem solo do morangueiro existem diversas formulações de soluções nutritivas recomendadas. Entretanto, uma vez que a absorção de nutrientes varia com a cultivar, o estágio de desenvolvimento e as condições climáticas, entre outros fatores, não existem formulações específicas para cada espécie vegetal (Portela et al., 2012).

A concentração elevada da solução nutritiva dificulta a absorção de água pelas plantas, agravando os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade, sobretudo em condições de elevada demanda evaporativa da atmosfera. Por outro lado, baixas concentrações de solução nutritiva combinadas com condições ambientais de reduzida demanda evaporativa da atmosfera diminuem tanto o teor de massa seca como a qualidade da produção (Andriolo et al., 2009).

Na literatura nacional, pode-se encontrar alguns estudos sobre a concentração de nutrientes na solução nutritiva no morangueiro, a exemplo de Portela et al. (2012) que, trabalhando em sistema NFT, obtiveram melhor crescimento, produção e qualidade de

frutos em solução nutritiva com CE variando entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹. Entretanto, Andriolo et al. (2009), trabalhando com cultivo em areia, constataram melhor desempenho do morangueiro com CE de 0,9 dS m⁻¹, ocorrendo expressiva redução no crescimento e produção das plantas acima desse nível.

Essa divergência quanto à adequada solução nutritiva deve-se, principalmente, a fatores genéticos e ao sistema de cultivo utilizado. Além disso, o efeito da concentração de nutrientes da solução nutritiva sobre o crescimento da planta, a produtividade e a qualidade das frutas é influenciado pelas condições ambientais (Portela et al., 2012).

Nesse contexto, surge a necessidade de mais estudos com a cultura do morangueiro em diferentes regiões do Brasil, principalmente sobre material genético, substrato de cultivo e nutrição mineral. Diante do exposto, esta pesquisa foi desenvolvida para avaliar o crescimento, a fisiologia, a produção e qualidade dos frutos do morangueiro cultivado em sistema sem solo, em região serrana do semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andriolo, J. L.; Jänisch, D. I.; Schmitt, O. J.; Vaz, M. A. B.; Cardoso, F. L.; Erpen, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*, v.39, p.684-690, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008>

Antunes, L. E. C.; Bonow, S.; Junior, C. R. Morango, crescimento constante em área e produção. *Campo & Negócios*, Anuário HF, v.1, p.87-90, 2021.

Antunes, L. E. C.; Carvalho, G. L.; Santos, A. M. A cultura do morango. 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 52 p., 2011.

Bortolozzo, A. R. et al. Produção de morangos no sistema semihidropônico. Circular Técnica 62. EMBRAPA. Bento Gonçalves, RS. 2007.

Camargo, L. K. P.; Resende, J. T. V. de; Galvão, A. G.; Camargo, C. K.; Baier, J. E. Desempenho produtivo e massa média de frutos de morangueiro obtidos de diferentes sistemas de cultivo. *Ambiência*, v.6, p.281-288, 2010.

Giménez, G., Andriolo, J. e Goto, R. Cultivo sem solo do morangueiro. *Ciência Rural*, 38, 273-279, 2008.

Gonçalves, M. A.; Cocco, C.; Vignolo, G. K.; Picolotto, L.; Antunes, L. E. C. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de mudas com Torrão. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v.2, n.3, p.277- 283, 2016a.

Gonçalves, M. A.; Vignolo, G. K.; Antunes, L. E. C.; Reisser Junio, C. Produção de morango fora do solo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 32p, 2016b.

Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 141-147.

Hummer, K. E.; Bassil, N.; Njuguna, W. F. Genomic and Breeding Resources Temperate Fruits. Cap 2. p. 17-44, 2011.

Menezes júnior, F O. G.; Vieira neto, J.; Resende, R. S. Produção de cultivares de morangueiro em sistema semihidropônico sob diferentes substratos e densidades populacionais. Revista Thema, v.15, n1, p.79-92. 2018.

Morales, R. G. F.; Faria M. V.; Resende, J. T. V.; Rossini, A. L.; Carminatti, R.; Faria, C. M. D. R. Strawberry yield under supplementary organic fertilization in greenhouse. Ambiência, v.8, n.1, p.23-33, 2012.

Netto, J. F. Produção de morangos sob sistema semi-hidropônico em ambiente protegido. 2017.

Portela, I.P., Peil, R.M.N., Rombaldi, C.V. 2012. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. Horticultura Brasileira 30: 266-273.

SAUSEN, D; FERREIRA, CRL; LOPES, SCD; MARQUES, LP; SOUZA, AJM; ALVES, ECGA; PATROCÍNIO, ESA; CORDEIRO, KAS. 2020. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. Brazilian Journal of Development 6: 14888-14903.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Olericultura: cultivo do morango / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: 2019.

Sousa, Ma. B.; Ramos, A. C.; Serrano, C.; Abreu, M.; Palha, M. G. Cultivares de morango em substrato: qualidade dos frutos. Actas Portuguesas de Horticultura, v. 26, p. 245-252, 2016.

Vizzotto, M.; Reisser Júnior, C.; Barbieri, R. L.; Franzon, R. C. Palestras e resumos. Simpósio Nacional do Morango, 6, In: Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 5, 2012, Brasília. Anais. . . Brasília: EMBRAPA, 2012. CD-Rom

Wang, J.; Wang, J.; Ye, J.; Vanga, S. K.; Raghavan, V. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control*, v.96, p.128-136, 2019.

Zorzeto, T. Q.; Fernandes júnior, F.; Dechen, S. C. F. Substratos de fibra de coco granulada e casca de arroz para a produção do morangueiro 'Oso Grande'. *Bragantia*, v.75, n.2, p.222-229, 2016.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Formatado conforme as normas da revista *Comunicata Scientia*

RESUMO: o crescimento do morangueiro, assim como o de qualquer cultura de interesse agrícola, é influenciado por vários fatores abióticos, como sistema de cultivo, nutrição mineral e a cultivar. Este trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido no município de Portalegre/RN com o objetivo de avaliar o crescimento de duas cultivares de morangueiro (San Andreas e Albion) cultivadas em dois substratos (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e nutridas com quatro CE da solução nutritiva (1,3; 1,7; 2,0; 2,4 dS m⁻¹) em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 x 4, com três repetições. As variáveis de crescimento de plantas foram avaliadas durante a fase de formação (120 dias), sendo determinadas as seguintes variáveis: número de folhas; altura de planta; área foliar; diâmetro de coroas; área foliar específica; massa seca de folha; massa seca de coroa; massa seca da parte vegetativa; massa seca de fruto e massa seca da parte aérea. O pico de crescimento do morangueiro na fase de formação ocorre entre 60 e 75 dias após o transplantio. O cultivo de morangueiro em substrato de fibra de coco requer solução nutritiva mais concentrada do que substrato contendo húmus de minhoca. A fertirrigação com solução nutritiva de CE 1,3 dS m⁻¹ favorece a translocação de fotoassimilados para os frutos nas duas cultivares.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch.; Cultivo sem Solo, Fruticultura no Semiárido.

Growth of strawberry plants fertigated with nutrient solutions in the mountainous area of the Brazilian semiarid region

ABSTRACT: the growth of strawberry plants, as well as that of any crop of agricultural interest, is influenced by several abiotic factors, such as the cultivation system, the mineral nutrition and the cultivar. The work was carried out in a protected environment in the municipality of Portalegre/RN, with the objective of evaluating the growth of two strawberry cultivars (San Andreas and Albion) cultivated in two substrates (S1 – 50% humus + 25% vermiculite + 25% carbonized rice husk and S2 - 100% coconut fiber) and fed with four EC of the nutrient solution (1.3; 1.7; 2.0; 2.4 dS m⁻¹) in a completely randomized design in a 2 x factorial scheme 2 x 4, with three replications. The plant growth variables were evaluated during the formation phase (120 days), being determined the variables related to number of leaves, plant height, leaf area, crown diameter, specific leaf area, leaf dry mass, crown dry mass, dry mass of the vegetative part, fruit dry mass and dry mass of the aerial part. The growth peak of the strawberry plant in the formation phase occurs between 60 and 75 days after transplanting. Strawberry cultivation in coconut fiber substrate requires a more concentrated nutrient solution than substrate containing worm humus. Fertigation with a nutrient solution of EC 1.3 dS m⁻¹ favors the translocation of photoassimilates to the fruits in the two cultivars.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch., Soilless Cultivation, Fruit Growing in the Semiarid Region.

INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é conhecido por seus frutos de cor, aroma e sabor inconfundíveis, bem como são ricos em minerais, vitaminas C antioxidantes e bioativos (Maksimovic et al., 2015; El-Mogy et al., 2019). Com alto valor no mercado, vem aumentando sua importância econômica em regiões produtoras (Hossain et al., 2016).

O morangueiro é uma planta perene, porém cultivada como planta anual, herbácea, que pode atingir de 15 a 30 cm, dependendo da cultivar e das condições de cultivo. Normalmente, o morangueiro forma pequenas touceiras que ganham volume com o decorrer do ciclo (Fronza et al., 2017).

O avanço e a popularização dos sistemas de cultivo sem solo para o morangueiro proporcionaram diversas vantagens aos produtores, tais como a otimização da mão de obra, melhores posições de trabalho, redução do uso de agrotóxicos, maior número de plantas por área e melhor eficiência no uso da água e de fertilizantes (Fagherazzi et al., 2017).

Esse sistema de cultivo requer a adoção de solução nutritiva contendo os principais nutrientes essenciais para as plantas em quantidades e proporções adequadas. A concentração elevada da solução nutritiva dificulta a absorção de água pelas plantas, agravando os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade. Por outro lado, baixas concentrações de solução nutritiva combinadas com condições ambientais de reduzida demanda

evaporativa da atmosfera diminuem tanto o teor de massa seca como a qualidade da produção (Lorenzo et al., 2003; Andriolo et al., 2009).

No Nordeste brasileiro, a produção de morango tem se limitado a algumas áreas montanhosas, como Maciço de Baturité, Chapada da Ibiapaba e Chapada do Araripe, além de Meruoca, durante as estações de outono e inverno (Chagas et al., 2018). No entanto, ressalta-se que as altas temperaturas nessa região podem inibir o crescimento do tubo polínico e reduzir o crescimento, desenvolvimento e produção de frutos de morango (Kadir et al., 2006).

A análise de crescimento é método acessível, bastante preciso e utilizado com a finalidade de avaliar o crescimento. Permite inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal e consiste no primeiro passo para a interpretação e análise de produção primária, sendo importante ferramenta no estudo da adaptação da planta sob diferentes condições do meio e manejo (Benincasa, 2003). De acordo com Larcher (2004), a análise de crescimento é importante para analisar a influência de fatores bióticos e abióticos sobre as plantas, pois expressa as condições morfofisiológicas da planta e quantifica a produção líquida, derivada do processo fotossintético, sendo o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo.

Apesar do cultivo nacional do morangueiro ser realizado predominantemente nas regiões de clima mais ameno (Sul e Sudeste), devido à sua grande diversidade genética, a cultura do morangueiro

abrange ampla distribuição geográfica, visto que conta com inúmeras cultivares com alta capacidade de adaptação às condições climáticas e de cultivo (Morales et al., 2012).

A cultura do morangueiro vem sendo estudada no Nordeste, principalmente, no que se refere ao manejo da adubação e uso de biofertilizantes (Sousa et al., 2014; Santos et al., 2019). Porém, são escassos trabalhos analisando o crescimento de plantas de morangueiro para as condições edafoclimáticas da região serrana do semiárido brasileiro.

Desse modo, objetivou-se com este trabalho analisar o crescimento de duas cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos e fertirrigadas com diferentes condutividades elétricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação), em uma propriedade rural localizada no município de Portalegre-RN, 6°1'16,12" S e 37°58'54,35" O, altitude de 615 metros, (Anexo I).

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Köppen Geiger, é do tipo Aw' (tropical quente e úmido). A média pluviométrica é de 1.067 mm ano⁻¹ com distribuição unimodal e chuvas concentradas nos meses de janeiro a maio, com temperatura média anual de 24 °C (EMPARN, 2016). A temperatura máxima variou de 24,3 a 40,7 °C, enquanto a temperatura mínima variou de 17,1 a 22,3 °C, com

temperatura média variando de 20,7 a 31,5 °C. A umidade relativa do ar variou de 30 a 78% com média de 49,8%.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x4 (Anexo II), sendo duas cultivares de morango (C1 – San Andreas, C2 – Albion), dois substratos (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e quatro soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas, utilizando dois fertilizantes comerciais usados no cultivo de morangueiro (Tabela 1). Cada repetição foi representada por um slab contendo 10 plantas distribuídas em duas fileiras, espaçadas em 25x15 cm (Anexo III).

Tabela 1. Soluções nutritivas utilizadas no experimento

Soluções Nutritivas	Fração do recomendado	Produto comercial*	Volume para 1000 L	CE (dS m ⁻¹)
SN1	1,25	Ferti Base	1,25	2,4
		Ferti Morango	1,875	
SN2	1,00	Ferti Base	1,00	2,0
		Ferti Morango	1,50	
SN3	0,75	Ferti Base	0,75	1,7
		Ferti Morango	1,125	
SN4	0,50	Ferti Base	0,50	1,3
		Ferti Morango	0,75	

Ferti Base – N=5,0%; Ca= 6,0%; Fe=0,1%; Ferti Morango – N=3,2%; P=6,0%; K=10,0%; Mg=1,0%; S=5,99%.

As mudas de morangueiro de ambas as cultivares foram importadas da Espanha, adquiridas do viveiro California S.L. O experimento foi instalado no dia 05/03/2020, quando foi realizado o transplântio das plântulas. Durante os 15 primeiros dias após o transplântio, as mudas

foram fertirrigadas com solução nutritiva de 50% da solução comercial recomendada, com $CE = 1,3 \text{ dS m}^{-1}$.

A cultivar San Andreas (C1) apresenta frutos vermelho-claros, grandes e longos, boa firmeza e sabor, enquanto que a cultivar Albion (C2) apresenta frutos com coloração vermelho-brilhante, grandes e arredondados, com bom sabor e firmeza. Ambas as cultivares estudadas são originárias da Califórnia e indicadas para consumo *in natura* e possuem fotoperiodismo de dias neutros (Antunes, 2020).

O sistema de irrigação usado foi o do tipo localizado por gotejamento, utilizando um sistema independente para cada solução nutritiva. Cada sistema foi composto de um reservatório com capacidade para acondicionar 500 litros de solução (Anexo IV), um conjunto motobomba, linhas laterais com mangueiras de polietileno flexível (16 mm) e emissores do tipo microtubo espaguete, com diâmetro interno de 1,0 mm, comprimento de 10 cm e vazão média de 20 L hora^{-1} . O controle da irrigação foi realizado por meio de um temporizador digital (Anexo VI), programado para duas irrigações diárias, com duração de 2 minutos, tempo suficiente para saturar e lixiviar o substrato. A fertirrigação foi realizada três vezes por semana com dois pulsos de 2 minutos por dia. Nos demais dias, realizou-se apenas irrigação com água.

Como procedimento de manejo, adotaram-se podas de limpeza e formação (Anexo VII), sendo realizada a retirada de folhas velhas e flores aos 75 dias após o transplante.

A avaliação de crescimento (Anexo VIII) foi realizada em duas etapas, sendo a primeira na fase de formação e a segunda no final do experimento. A fase de formação deu-se no período de 20/03/2020 a 18/07/2020, decorrendo-se 120 dias, com 8 avaliações (a cada 15 dias). Determinaram-se o número de folhas (NF) e a altura de planta (ALT), com régua graduada. A área foliar foi calculada pelo produto do comprimento pela largura multiplicado pelo número de folhas (AF) e diâmetro de coroa (DC), com o uso de paquímetro digital.

Ao final do experimento, as plantas foram coletadas e avaliadas quanto às seguintes variáveis: altura (ALT); número de folhas (NF); área foliar (AF); e diâmetro de coroa (DC).

Avaliaram-se ainda as seguintes variáveis referentes à massa seca, em que, após coletadas, as partes (folhas, coroa e fruto) foram pesadas em balança de precisão, colocadas para secar em estufa de circulação de ar a 65°C e, depois de secas, pesadas novamente. Assim sendo, determinaram-se a massa seca da folha (MSF), massa seca de coroas (MSC), massa seca de frutos (MSFR), massa seca da parte vegetativa (MSPV), somando as massas secas de folha e coroa, bem como a massa seca da parte aérea (MSPA), somando as massas secas das folhas, coroas e frutos. A partir dos dados obtidos para área foliar e massa seca de folha, determinou-se a área foliar específica (AFE) encontrada pela razão AF/MSF .

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e realizada análise de variância pelo teste F. As médias obtidas em cada

tratamento referentes às cultivares e substratos foram comparadas entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). A fonte de variação quantitativa (CEsol) foi analisada por meio de análise de regressão, ajustando-se os modelos polinomiais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014). Os gráficos foram confeccionados no programa Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fase de formação

Na Figura 1^a, apresenta-se o crescimento em altura durante a fase de formação das plantas. Para a cultivar San Andreas, de acordo com cada solução nutritiva (SN) e substrato (S), verifica-se que houve um comportamento semelhante entre os tratamentos de forma que, exceto para a combinação SN2S1, as plantas cresceram até os 75 dias após o transplântio (DAT), seguida de redução na altura até o final da fase de formação (120 dias). Na combinação SN2S1, houve crescimento até os 60 DAT, mantendo-se constante até o final da fase. A partir dos 75 DAT, houve maior diferenciação entre as combinações, de forma que os maiores valores ocorreram em SN2S1 e SN1S2, enquanto os menores nas plantas fertirrigadas com a solução nutritiva SN4 (SN4S1 e SN4S2).

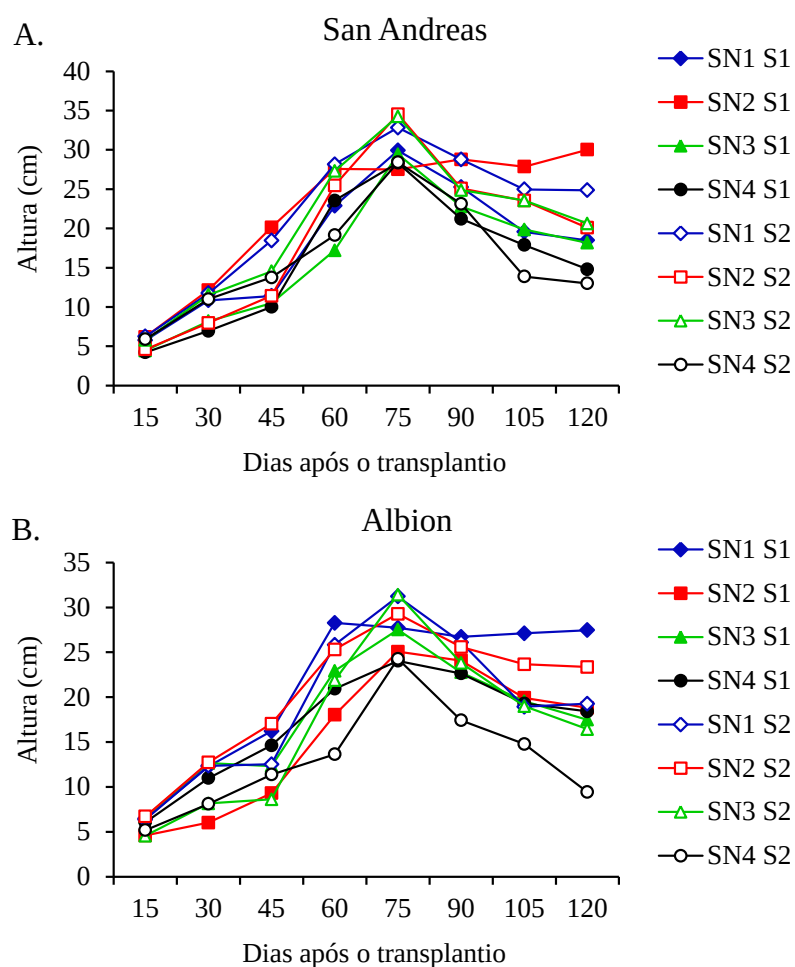


Figura 1: Altura de plantas durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

Desse modo, verifica-se que as plantas cultivadas no substrato contendo apenas fibra de coco (S2) requereram solução nutritiva mais concentrada ($2,4 \text{ dS m}^{-1}$) em comparação com as cultivadas no substrato contendo húmus de minhoca (S1), provavelmente devido aos nutrientes contido nesse insumo. Além disso, observou-se que o uso de solução nutritiva menos concentrada ($1,3 \text{ dS m}^{-1}$) provavelmente não foi suficiente para atender às exigências nutricionais da planta (Figura 1A).

Na cultivar Albion, houve comportamento semelhante, em parte, na altura das plantas, apresentando aumento até 75 DAT para a maioria das combinações, exceto para a combinação SN1S1, a qual aumentou até os 60 DAT, mantendo-se constante até o final da fase de formação. Nos demais, houve redução na altura das plantas, principalmente nas fertirrigadas com soluções nutritivas menos concentradas e em substrato de fibra de coco (SN4S2). Ao final da fase de formação, as plantas mais altas foram observadas nas combinações SN1S1 e SN2S2.

Dessa forma, pode-se observar que, no substrato contendo húmus de minhoca, a cultivar Albion foi mais exigente em nutrientes via solução nutritiva, em comparação com a cultivar San Andreas. Já no substrato fibra de coco, a cultivar San Andreas foi mais exigente (Figuras 1A e 1B).

Para o número de folhas (NF), identificou-se comportamento semelhante ao verificado na altura das plantas, ocorrendo aumento até uma determinada época com tendência de redução a partir desta. Na cultivar San Andreas, o número de folhas aumentou até os 60 a 75 DAT, com destaque para as plantas fertirrigadas com solução nutritiva $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ para o substrato de fibra de coco (SN3S2). Ao final da fase de formação, não houve variação expressiva entre as combinações de SN e S (Figura 2A).

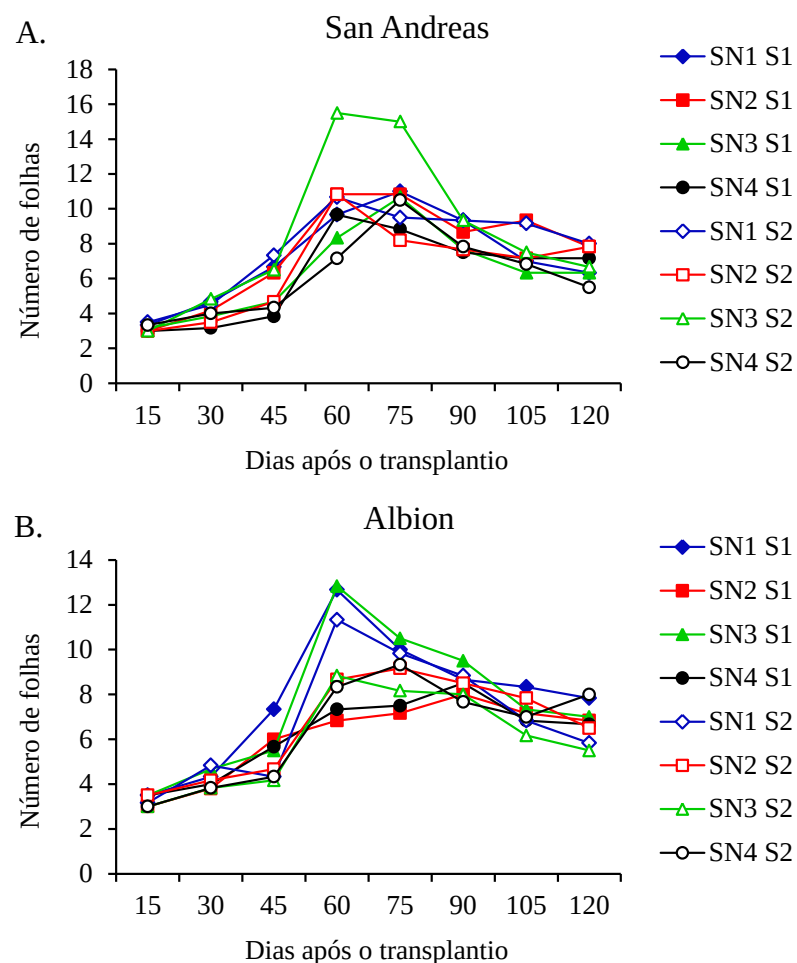


Figura 2: Número de folhas durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

Para a cultivar Albion, houve comportamento semelhante ao observado na cultivar San Andreas, ocorrendo aumento no número de folhas até uma determinada época e reduzindo em seguida. Nas combinações SN1S1, SN3S1, SN1S2, SN2S2, SN3S2 e SN4S2, o pico do número de folhas ocorreu aos 60 DAT, com destaque para SN1S1, SN3S1 e SN1S2, que proporcionaram maiores valores. Nas demais combinações, o maior número de folhas ocorreu aos 90 DAT. Ao final da

fase de formação (120 DAT), não houve grandes variações entre os tratamentos aplicados.

A área foliar apresentou comportamento semelhante ao observado para o número de folhas, demonstrando um rápido crescimento até o intervalo entre 60 e 75 DAT e redução a partir desse período para ambas as cultivares. Esse fato já era esperado porque a área foliar depende diretamente do número de folhas da planta (Figuras 3A e 3B).

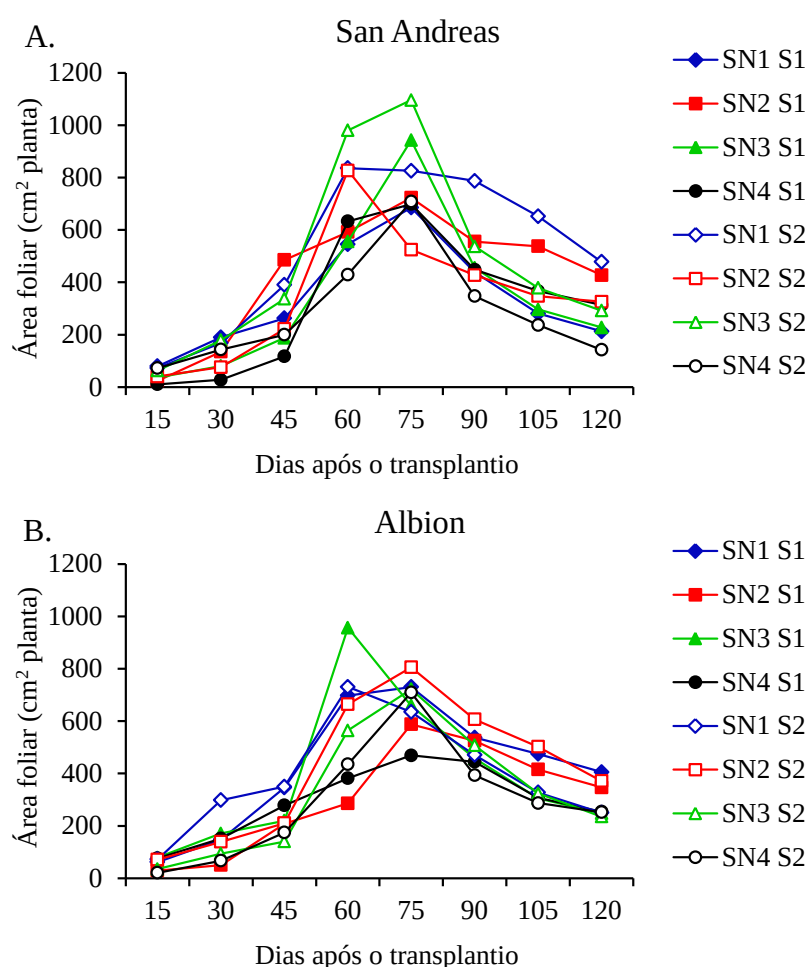


Figura 3: Área foliar durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

Na cultivar San Andreas, as plantas fertirrigadas com solução nutritiva com CE $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ (SN3S1 e SN3S2) apresentaram maiores valores no intervalo destacado acima. A partir dos 75 DAT houve redução na área foliar, independentemente dos tratamentos aplicados, e ao final da fase de formação as combinações SN1S2 e SN2S1 proporcionaram maior área foliar, enquanto os menores valores ocorreram nas plantas cultivadas na combinação SN4S2 (Figura 3A).

Para a cultivar Albion (Figura 3B), também ocorreu aumento na área foliar no intervalo de 60 a 75 DAT. Houve pequena variação entre os tratamentos até 45 DAT, ocorrendo expressiva diferenciação aos 60 DAT, com destaque para a combinação SN3S1, que proporcionou maior área foliar. A partir dos 75 DAT houve tendência de redução da área foliar para todos os tratamentos, os maiores valores ocorrendo nas combinações SN1S1, SN2S1 e SN2S2, enquanto os menores valores quando se utilizaram as soluções nutritivas menos concentradas (SN3 e SN4).

O comportamento observado para as variáveis anteriores (Altura, número de folha e área foliar) também ocorreu para o diâmetro da coroa (Figura 4A e 4B). A cultivar San Andreas apresentou pico de crescimento entre 60 e 75 DAT, reduzindo em seguida até os 90 DAT, e com tendência de manutenção até o final da fase de formação. A maior diferenciação entre os tratamentos ocorreu aos 60 DAT, com destaque para as plantas fertirrigadas com solução nutritiva com CE de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ de fibra de coco (SN1S2). Ao final da fase de formação não

se constatou diferença expressiva entre os tratamentos aplicados (Figura 4A).

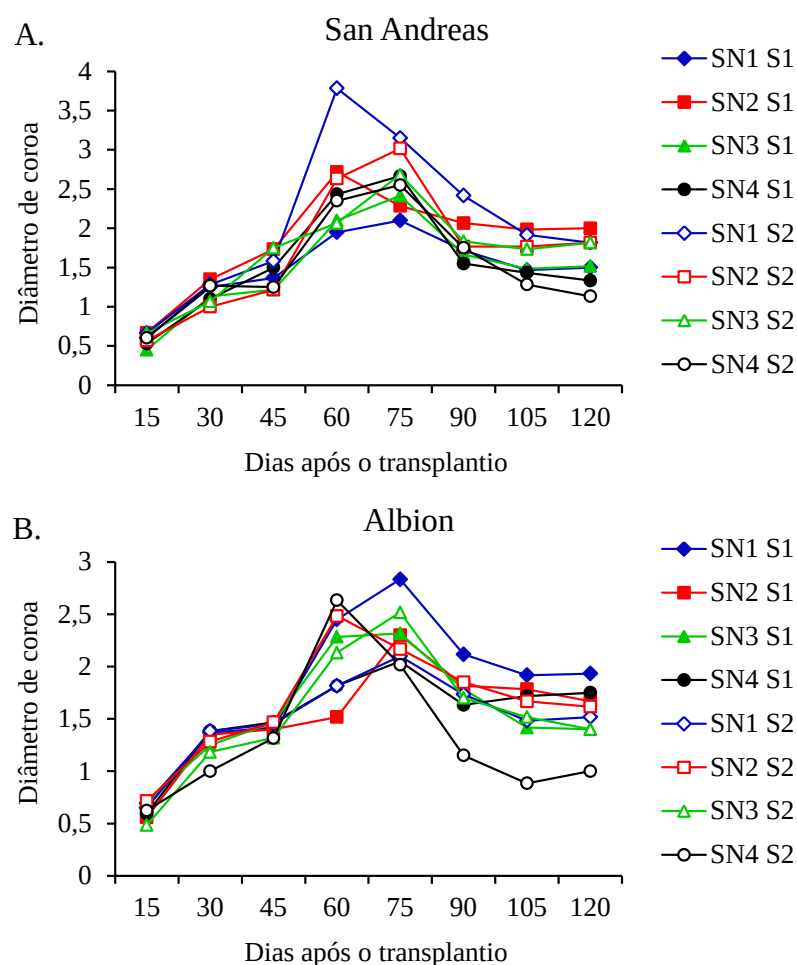


Figura 4: Diâmetro de coroa durante a fase de formação de duas cultivares de morangueiro (A – San Andreas e B – Albion) cultivadas em dois substratos e fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

Para a cultivar Albion, também se verificou maior diâmetro de coroa aos 60 e 75 DAT, apresentando redução até 90 DAT. A partir dessa época houve maior diferenciação entre os tratamentos, com destaque para a combinação SN4S2, que proporcionou desenvolvimento de coroa com menor diâmetro, não ocorrendo variação expressiva entre

os demais tratamentos. O menor diâmetro de coroa observado na fase de formação na combinação SN4S2 pode ser atribuído ao uso de solução nutritiva menos concentrada ($1,3 \text{ dS m}^{-1}$) em combinação com o substrato fibra de coco que é pobre em nutrientes (Figura 4B).

De forma geral, as quatro variáveis analisadas anteriormente, apresentaram comportamento semelhante, com pico de crescimento ocorrendo entre 60 e 75 DAT e seguindo uma tendência de redução e manutenção até o final da fase de formação. Esse comportamento ocorreu devido aos tratos culturais realizados durante esse período, como poda de limpeza e de formação.

Avaliação final

Análise de variância constatou que houve efeito da interação tripla (C x S x SN) nas variáveis número de folhas (NF), altura (ALT), área foliar (AF) e diâmetro de coroa (DC) ao nível de 1% de probabilidade. A área foliar específica (AFE) foi afetada apenas pelos fatores cultivar (C) e solução nutritiva (SN), ambos de forma isolada e ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas.

FV	GL	Quadrados médios				
		NF	ALT	AF	DC	AFE
C	1	0,42ns	219,14**	598,96ns	0,079*	3684,36**
S	1	0,88ns	51,56**	1455,86 ns	0,18**	575,67ns
SN	3	1,63ns	0,37ns	47595,51**	0,51**	2766,16**
C x S	1	1,51ns	21,94**	7728,01ns	0,39**	298,70ns
C x SN	3	2,39*	19,06**	1401,68ns	0,14**	499,54ns
S x SN	3	0,21ns	20,50**	12176,86**	0,20**	351,71ns
C x S x SN	3	5,98**	114,17**	54239,79**	0,11**	516,50ns
Resíduo	32	0,63	0,41	1959,27	0,01	286,66
CV		11,56	3,28	14,81	6,65	34,96

Nota: SN – Solução nutritiva; S – Substrato; C – Cultivar; NF – Número de folhas; ALT – Altura; AF – Área foliar; DC – Diâmetro de coroa; AFE – Área foliar específica. ns, *, ** = não significativo, e significativo em níveis de 5% e 1%, respectivamente.

O número de folhas (NF) por plantas diferiu entre os substratos na cultivar San Andreas quando fertirrigada com soluções de CE 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, sendo o S1 superior na primeira e inferior na segunda. Para a cultivar Albion, o substrato S2 foi superior na CE 1,3 dS m⁻¹, mas foi inferior nas CEs de 1,7 e 2,4 dS m⁻¹ (Tabela 3). A cultivar San Andreas foi superior quanto ao NF, apenas quando cultivada no substrato S2 e fertirrigada com a solução mais concentrada (2,4 dS m⁻¹). No entanto, a cultivar Albion apresentou melhor resultado com o substrato S1 utilizando fertirrigação com CE 2,4 dS m⁻¹ e no substrato S2, nas CEs de 1,3 e 2,0 dS m⁻¹ (Tabela 3).

Diante desses resultados, pode-se sugerir que a emissão foliar do morangueiro seja influenciada tanto pelo tipo de componentes do

substrato quanto pela CE da solução nutritiva aplicada. El-Sayed et al. (2016a, b), trabalhando com morangueiro em diferentes substratos e fontes de solução nutritiva, também verificaram que o número de folhas foi afetado pelo meio de cultivo, com maiores valores ocorrendo na ausência de matéria orgânica no substrato.

O aumento da CE da solução nutritiva afetou o NF na cultivar San Andreas apenas quando a mesma foi cultivada no substrato S2, aumentando de 5,68 a 8,30 folhas, nas CEs 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, respectivamente, representando um aumento de 46,06%. Para a cultivar Albion, houve resposta significativa ao aumento da CE também apenas no S2, de forma que o aumento da CE provocou uma redução de 25,76% no número de folhas, em que houve variação de 7,64 à 5,67 folhas para as CEs 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Dessa forma, o fato de ter ocorrido resposta significativa apenas no substrato S2 pode ser atribuído à maior capacidade de lixiviação da fibra de coco, possibilitando observar o efeito direto da CE sobre a emissão foliar. O aumento do NF na cultivar San Andreas com o aumento da CE pode ter ocorrido pelo fato dessa cultivar apresentar maior desenvolvimento vegetativo. Por outro lado, a redução do NF na cultivar Albion pode ter ocorrido devido a uma provável maior sensibilidade dessa cultivar na emissão de novas folhas. Sousa et al. (2019) não verificaram efeito da salinidade da água de irrigação no número de folhas em morangueiro. Assim, verifica-se que o efeito da

salinidade, seja da solução nutritiva ou da água de irrigação, é bastante variável sobre a emissão foliar dessa cultura.

A altura das plantas (ALT) foi afetada pelos substratos nas duas cultivares e o efeito variou conforme a solução nutritiva utilizada. Na cultivar San Andreas, o substrato S1 foi superior nas soluções com CEs de 1,3 e 2,0 dS m⁻¹ e foi inferior nas demais. Para a cultivar Albion, o substrato S1 foi superior na CE 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, mas inferior na CE 2,0 dS m⁻¹ (Tabela 3). A cultivar San Andreas foi superior quanto à (ALT) quando cultivada no substrato S2 utilizando soluções nutritivas com CEs de 1,3, 1,7 e 2,4 dS m⁻¹, assim como no substrato S1 para a CE 2,0 dS m⁻¹. Por outro lado, a cultivar Albion foi superior para o substrato S2 na CE 2,0 dS m⁻¹ e no substrato S1 na CE 2,4 dS m⁻¹ (Tabela 3).

Esses resultados diferem, em parte, dos apresentados por El-Sayed et al. (2016), os quais verificaram que substratos à base de matéria orgânica proporcionaram menor altura de plantas. Todavia, esses autores não avaliaram soluções nutritivas com diferentes CEs, o que pode alterar o meio de cultivo devido ao acúmulo diferenciado de sais.

Tabela 3. Número de folhas, altura e área foliar em cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.

Cultivares	Substratos	CE (dS m ⁻¹)				Equações de Regressão	R²
		1,3	1,7	2,0	2,4		
Número folhas							
San Andreas	S1	7,17 Aa	6,33 Aa	7,83 Aa	6,33 Bb	y = 6,92	---
	S2	5,50 Bb	6,67 Aa	7,83 Ba	8,00 Aa	y = 2,3831x + 2,5913	0,91
Albion	S1	6,67 Ab	7,00 Aa	6,83 Aa	7,83 Aa	y = 7,08	---
	S2	8,00 Aa	5,50 Ab	6,50 Aa	5,83 Bb	y = -1,79x + 9,969	0,79
Altura (cm)							
San Andreas	S1	14,80 Aa	18,17 Ab	25,02 Aa	18,48 Bb	y = -17,696x² + 70,171x - 47,258	0,71
	S2	13,00 Ab	20,63 Aa	20,08 Bb	24,87 Aa	y = 9,9169x + 1,2987	0,88
Albion	S1	15,30 Aa	17,48 Aa	18,82 Bb	27,47 Aa	y = 10,607x + 0,1447	0,86
	S2	9,43 Bb	16,43 Ba	23,35 Aa	19,27 Bb	y = -19,786x² + 83,13x - 65,739	0,92
Área foliar (cm² planta ⁻¹)							
San Andreas	S1	227,67 Aa	313,41 Aa	427,41 Aa	212,75 Bb	y = -536,43x² + 1998,5x - 1478,8	0,78
	S2	142,41 Bb	291,81 Aa	325,90 Ab	478,28 Aa	y = 292,06x - 230,72	0,97
Albion	S1	254,23 Aa	248,00 Aa	346,73 Ba	405,24 Ab	y = 150,56x + 35,011	0,85
	S2	235,54 Aa	283,20 Aa	371,17 Aa	249,89 Ba	y = -301,68x² + 1148,7x - 758,54	0,70
Diâmetro de coroa (cm)							
San Andreas	S1	1,33 Ab	1,71 Aa	2,00 Aa	1,50 Bb	y = -1,57x² + 6,03x - 3,88	0,89
	S2	1,75 Aa	1,40 Ab	1,67 Ab	1,93 Aa	y = 1,10x² - 3,82x + 4,84	0,84
Albion	S1	1,13 Ba	1,82 Aa	1,82 Ba	1,82 Aa	y = -1,23x² + 5,14x - 3,45	0,95
	S2	1,00 Ba	1,40 Ab	1,62 Ab	1,52 Bb	y = -0,89x² + 3,79x - 2,43	0,99

Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

O aumento da CE afetou a ALT das plantas de forma variada de acordo com a cultivar e o substrato avaliado. Houve resposta quadrática para a cultivar San Andreas no substrato S1 e na cultivar Albion no substrato S2, de forma que as maiores alturas de plantas foram obtidas nas CEs de 1,98 e 2,10 dS m⁻¹, sendo 22,28 e 21,56 cm, respectivamente. Esses valores equivalem ao incremento de 58,64 e

142,68%, respectivamente. Além disso, ocorreram respostas lineares na cultivar San Andreas para o substrato S2 e na cultivar Albion para o substrato S1, sendo os maiores valores (25,11 cm na cultivar San Andreas e 25,60 cm na cultivar Albion) obtidos na CE 2,4 dS m⁻¹, correspondendo a ganhos de 76,87 e 83,77 nas cultivares San Andreas e Albion, respectivamente (Tabela 3).

A área foliar (AF) foi afetada pelos substratos de formas diferentes em função da cultivar e da solução nutritiva utilizada. Na cultivar San Andreas, o substrato S1 foi superior para as CEs 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, mas foi inferior na CE 2,4 dS m⁻¹. Para a cultivar Albion, houve diferença entre os substratos apenas na solução mais concentrada, na qual o substrato S2 foi superior (Tabela 3). A cultivar San Andreas foi superior quanto à AF nas soluções nutritivas com CE de 2,0 dS m⁻¹ para o substrato S1 e na CE 2,4 para o substrato S2. No entanto, a cultivar Albion foi superior no substrato S2 para a solução mais diluída (1,3 dS m⁻¹) e no substrato S1 para a CE 2,4 dS m⁻¹ (Tabela 3).

Analisando o efeito da CE sobre a AF, verificou-se comportamento similar ao observado para o número de folhas, ocorrendo resposta quadrática para a cultivar San Andreas no substrato S1 e linear para o substrato S2, enquanto que na cultivar Albion houve resposta linear no substrato S1 e resposta quadrática no substrato S2. Os maiores valores de AF na cultivar San Andreas ocorreram nas CEs de 1,86 dS m⁻¹ (382,58 cm² planta⁻¹) e 2,4 dS m⁻¹ (470,22 cm² planta⁻¹), nos substratos S1 e S2, respectivamente. Para a cultivar Albion, os maiores valores foram

obtidos nas CE's de 2,4 dS m⁻¹ (S1) e 1,90 dS m⁻¹ (S2), sendo 396,35 e 334,93 cm² planta⁻¹, respectivamente. Dessa forma, a cultivar San Andreas apresentou maior ganho percentual com o aumento da CE, sendo de 79,88 e 215,67% nos substratos S1 e S2, respectivamente.

De forma geral, verificou-se que ocorreu comportamento similar nas variáveis altura de planta e área foliar, que pode ser explicado pela forma de crescimento do morangueiro em que a altura da planta está relacionada ao tamanho das folhas. Outros autores também verificaram aumento na expansão foliar com o incremento na CE da solução nutritiva, seguida de redução na AF nos níveis mais altos de salinidade (Andriolo et al., 2009; Portela et al., 2012). Sousa et al. (2019) também constataram que a resposta do morangueiro à salinidade em relação à área foliar é influenciada pelas características do substrato, assim como observado neste trabalho.

O diâmetro da coroa (DC) foi afetado pelo substrato nas duas cultivares, sendo o efeito variável conforme a solução nutritiva utilizada. Na cultivar San Andreas, houve resposta significativa em todas as CE's, sendo o substrato S2 superior nas CE's 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, enquanto o substrato S1 foi superior nas CE's 1,7 e 2,0 dS m⁻¹. Na cultivar Albion, não houve diferença significativa entre substrato na CE 1,3 dS m⁻¹, enquanto o substrato S1 foi superior nas demais soluções nutritivas (Tabela 3).

Analisando o efeito das cultivares em cada substrato, verificou-se que para o substrato S1 a cultivar San Andreas foi superior nas soluções nutritivas com Ce 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, enquanto a cultivar Albion foi superior

na solução com CE 2,4 dS m⁻¹. No substrato S2, a cultivar San Andreas foi superior nas CE's 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, não diferindo nas demais (Tabela 3).

Referente ao efeito da solução nutritiva ocorreram respostas quadráticas nas duas cultivares, independentemente do substrato utilizado. Na cultivar San Andreas cultivada no substrato S1 e na cultivar Albion nos dois substratos, o aumento da CE proporcionou incremento no diâmetro da coroa até os níveis de 1,9 dS m⁻¹ para a cultivar San Andreas e 2,1 dS m⁻¹ na cultivar Albion (S1 e S2), decrescendo a partir destes. Os maiores valores foram 1,89 cm (cultivar San Andreas no substrato S1) e 1,92 e 1,59 cm na cultivar Albion, para os substratos S1 e S2, respectivamente. Comparando esses valores com os obtidos na menor CE, os maiores ganhos percentuais ocorreram na cultivar Albion, sendo 66,13% para o substrato S1 e 61,34 para o substrato S2. Para a cultivar San Andreas, no substrato S2 também ocorreu resposta quadrática, no entanto o aumento da CE até o nível 1,7 dS m⁻¹ proporcionou menor diâmetro da coroa (1,5 cm), representando uma redução de 12,89%. A partir desse nível, o incremento da CE aumentou o diâmetro da coroa de forma que na maior CE (2,4 dS m⁻¹) obteve-se o diâmetro da coroa de 1,96 cm (Tabela 3).

Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Schmitt et al. (2016), os quais também identificaram efeito quadrático da CE da solução nutritiva sobre o diâmetro da coroa. De acordo com Oliveira et al. (2010), o diâmetro da coroa é a principal variável que tem sido empregada para avaliar a qualidade das mudas de morangueiro, a

qual afeta tanto a precocidade como a produtividade de frutas. Nesse contexto, Hochmuth et al. (2006) destacam que as mudas de raízes nuas devem ter um diâmetro de coroa de pelo menos 8 mm para obter elevada produtividade de frutas na lavoura. Dessa forma, pode-se constatar que as plantas deste estudo têm potencial para produzir mudas de alta qualidade.

A área foliar específica (AFE) foi afetada de forma quadrática pelo aumento da CE da solução nutritiva, independentemente da cultivar e do substrato utilizado. O maior valor de AFE ocorreu na CE 2,03 dS m⁻¹ (60,29 cm² g⁻¹ AFE), representando um aumento de 47,17% em comparação com a AFE obtida na CE de 1,3 dS m⁻¹ (40,97 cm² g⁻¹ MSF) (Figura 5A).

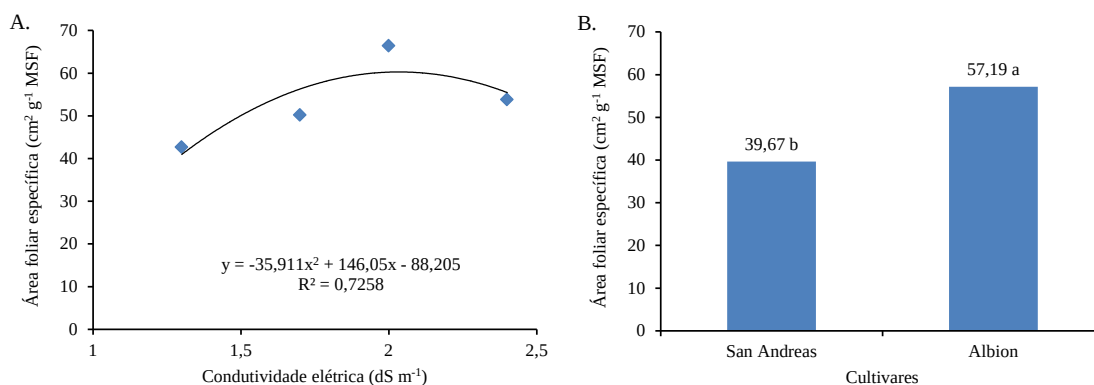


Figura 5: Resposta da área foliar específica (A e B) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

A área foliar específica expressa a razão entre o tamanho do limbo foliar e a massa da folha, indicando de forma indireta que quanto maior a AFE, menor será a espessura da folha. Assim, o aumento dessa variável com o incremento da CE indica que o efeito da solução nutritiva foi maior sobre a expansão celular do que sobre a produção de

fotoassimilados. Geralmente, com essa alteração, a planta objetiva aumentar a captação de luz incidente, aumentando, assim, a sua eficiência fotossintética (Lambers et al., 2008).

Verifica-se ainda que a cultivar Albion foi superior em 44,16% quando comparada com a cultivar San Andreas, indicando, assim, que a primeira cultivar apresenta folhas com menor espessura (Figura 5B).

Para os dados de biomassa, houve efeito da interação tripla (C x S x SN) apenas para a variável massa seca de frutos (MSFR), ao nível de 1% de probabilidade. As variáveis massa seca de folhas (MSF) foi afetada pela interação dupla C x S ($p < 0,05$), bem como as variáveis massa seca de caule (MSC) e massa seca da parte vegetativa (MSPV). A massa seca da parte aérea (MSPA) foi afetada por todos os fatores de forma isolada ($p < 0,01$), (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas.

FV	GL	Quadrados médios				
		MSF	MSC	MSPV	MSFR	MSPA
C	1	64,33**	1,09*	82,16**	12,45**	158,58**
S	1	8,71ns	0,06 ns	10,25ns	21,29**	61,08**
SN	3	16,59**	0,37ns	19,29**	6,88**	46,05**
C x S	1	17,89*	2,14**	32,40**	9,71ns	6,64ns
C x SN	3	1,66ns	0,23ns	3,00ns	1,22ns	0,62ns
S x SN	3	0,45ns	0,17ns	0,78ns	1,51ns	2,52ns
C x S x SN	3	3,81ns	0,11ns	4,70ns	6,99**	13,09ns
Resíduo	32	2,88	0,26	4,30	1,33	6,05
CV		24,49	26,02	23,35	15,25	14,95

Nota: SN – Solução nutritiva; S – Substrato; C – Cultivar; MSF – Massa seca de fruto; MSC – Massa seca de coroa; MSPV – Massa seca da parte vegetativa; MSFR – Massa seca de fruto; MSPA – Massa seca da parte aérea; MSFR – Percentual de massa seca de fruto; MSPV – Percentual de massa seca da parte vegetativa. ns,*,** = não significativo, e significativo em níveis de 5% e 1%, respectivamente.

A massa seca de fruto (MSFR) foi afetada pelos substratos nas duas cultivares e o efeito variou conforme a solução nutritiva utilizada. Na cultivar San Andreas, o substrato S1 foi superior nas soluções com CEs de 1,7 e 2,0 dS m⁻¹, não apresentando diferença significativa para as demais soluções nutritivas. Para a cultivar Albion, verificou-se que o substrato S1 foi superior na CE 1,3 dS m⁻¹, mas inferior na CE 2,4 dS m⁻¹, não apresentando diferença significativa nas demais CEs (Tabela 5). A cultivar Albion foi superior quanto à MSFR quando cultivada no substrato S1 utilizando a solução nutritiva com CE de 1,3 dS m⁻¹, enquanto que foi superior no substrato S2 para as CEs 1,7 e 2,0 dS m⁻¹ (Tabela 5).

O aumento da CE afetou a MSFR de forma variada de acordo com a cultivar e o substrato avaliado. Houve resposta quadrática para a cultivar San Andreas no substrato S1 e na cultivar Albion no substrato S2, de forma que os maiores valores foram obtidos nas CE de 1,94 e 1,89 dS m⁻¹, sendo os valores máximos de 9,10 e 9,32 g planta⁻¹. Esses valores equivalem a incrementos de 38,57 e 28,17%, respectivamente, em relação à MSFR que obteve menor CE (1,3 dS m⁻¹). Além disso, ocorreu resposta linear crescente na cultivar San Andreas para o substrato S2, com o maior valor (6,57 g planta⁻¹) obtido na CE 2,4 dS m⁻¹, correspondendo a um ganho percentual de 23,32%. Na cultivar Albion, ocorreu resposta linear decrescente para o substrato S1, sendo o maior valor observado na menor CE (9,29 g planta⁻¹) e menor valor (6,84 dS m⁻¹) na maior condutividade elétrica (2,4 dS m⁻¹), correspondendo à perda percentual de 26,40% (Tabela 5).

De forma geral, verificou-se que, nas duas cultivares, o uso do substrato S2 proporcionou maior tolerância ao aumento da CE, sendo o efeito mais evidente na cultivar Albion. Em estudo desenvolvido por Portela et al. (2012) utilizando o sistema hidropônico NFT, os autores observaram maior acúmulo de MSFR para soluções nutritivas variando entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹, valores um pouco abaixo dos obtidos neste estudo.

Tabela 5. Massa seca de fruto (MSFR) de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas

Cultivares	Substratos	CE (dS m ⁻¹)				Equações de Regressão	R ²
		1,3	1,7	2,0	2,4		
Massa seca de fruto (g planta ⁻¹)							
San Andreas	S1	6,38 Ba	9,40 Aa	8,40 Aa	7,94 Aa	y = -6,21x ² + 24,08x - 14,24	0,80
	S2	5,50 Aa	5,66 Bb	5,81 Bb	6,79 Aa	y = 1,13x + 3,86	0,82
Albion	S1	9,49 Aa	8,42 Ab	7,15 Aa	7,20 Aa	y = -2,23x + 12,19	0,86
	S2	7.07 Ab	9.87 Aa	8.50 Aa	7.98 Aa	y = -5.93x ² + 22.39x - 11.81	0.70

Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Esse fato pode ter ocorrido devido ao sistema de cultivo utilizado, o que pode ser indicativo de que no cultivo em substrato a planta seja mais exigente em nutrientes. O aumento da tolerância das cultivares ao incremento da CE proporcionada pelo substrato S2 (fibra de coco) deve-se ao menor potencial osmótico do substrato e maior capacidade de drenagem do mesmo, que reduz o acúmulo de sais no sistema radicular.

A massa seca de folha (MSF) e a massa seca da parte vegetativa (MSPV) foram afetadas de forma isolada quadrática pelo aumento da CE da solução nutritiva, independentemente da cultivar e do substrato utilizado. Os maiores valores ocorreram nas CEs de 1,83 e 1,86 dS m⁻¹, com valores máximos de 8,36 e 10,53 g planta⁻¹, para MSF e MSPV, respectivamente. Comparando esses valores com os obtidos na menor CE (1,3 dS m⁻¹), obtiveram-se aumentos de 30,37% na MSF (Figura 6A) e 29,30% na MSPV (Figura 6C).

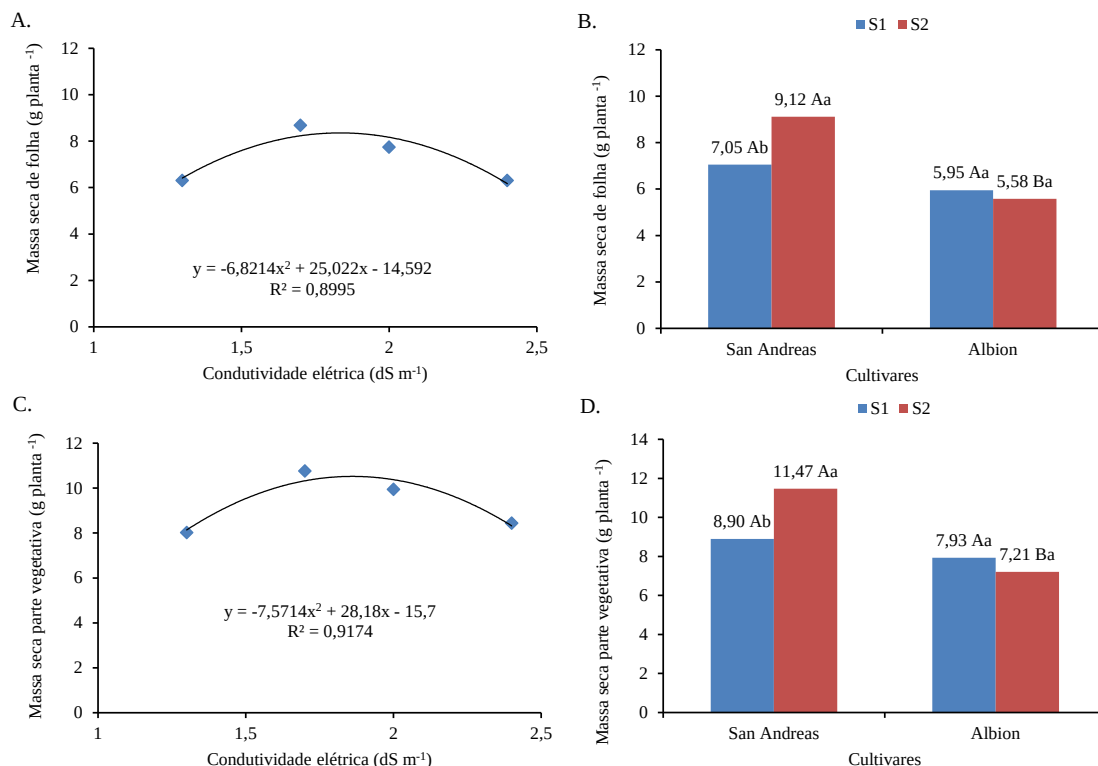


Figura 6: Massa seca de folha (A e B) e massa seca da parte vegetativa (C e D) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O comportamento semelhante observado para as variáveis MSF e MSPV ocorreu porque a maior proporção de biomassa encontrada na parte vegetativa é realocada para as folhas. Em estudos desenvolvidos por Portela et al. (2012) e Andriolo et al. (2009), os autores observaram maiores valores quando utilizaram solução nutritiva com CE de aproximadamente 1,5 dS m⁻¹, próximo do observado neste estudo.

As cultivares diferiram para as variáveis MSF (Figura 6B) e MSPV (Figura 6D) apenas no substrato S1, sendo superior a cultivar San Andreas em 60,56 e 59,08%, para MSF e MSPV, respectivamente. Quanto aos efeitos dos substratos sobre essas variáveis, observaram-se respostas significativas apenas na cultivar San Andreas, com maiores valores ocorrendo para o substrato S2, sendo superior ao S1 em 29,36% para a MSF e 28,87% para a MSPV.

Com isso, verificou-se que só houve efeito dos substratos na cultivar San Andreas, mostrando que esta é mais responsiva ao meio de cultivo utilizado, indicando que o seu desenvolvimento pode ser melhorado conforme o substrato adotado. Além disso, os nutrientes fornecidos pelo húmus contido no substrato S1 podem ter contribuído para grande parte da exigência nutricional ao desenvolvimento das folhas, mascarando o efeito dos nutrientes aplicado via solução nutritiva.

A massa seca da coroa (MSC) diferiu entre as cultivares apenas quando as plantas foram cultivadas no substrato S2, no qual a cultivar San Andreas foi superior em 44,17% em comparação com a cultivar Albion (Figura 7). Ainda no que tange à MSC, verifica-se que houve diferença significativa entre os substratos apenas na cultivar San Andreas, em que o substrato S2 proporcionou MSC superior em 26,34% em relação ao S1 (Figura 7).

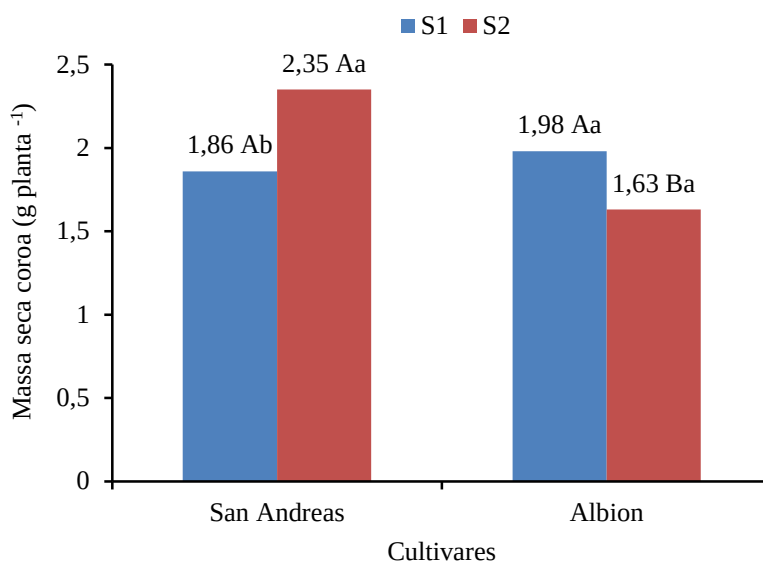


Figura 7: Massa seca de coroa de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Conforme apresentado anteriormente, não houve efeito das soluções nutritivas sobre a MSC. Schmitt et al. (2016) também não observaram efeito da CE da solução nutritiva sobre o desenvolvimento da coroa. Esses resultados confirmam os apresentados por Andriolo et al. (2009), os quais, trabalhando com morangueiro cultivado em areia e soluções nutritivas com CE's variando de 0,9 a 3,7 dS m⁻¹, não observaram efeito das soluções sobre massa seca de coroa. Estes achados podem ser um indicativo de que a coroa é um órgão vegetativo mais tolerante à salinidade.

A massa seca da parte aérea (MSPA) mostrou resposta de forma isolada para os fatores avaliados, de modo que a cultivar San Andreas foi superior em 24,81%, quando comparada com a cultivar Albion (Figura 8A). A maior MSPA observada na cultivar San Andreas deve-se especialmente ao maior desenvolvimento foliar, enquanto a cultivar Albion apresenta um porte mais compacto.

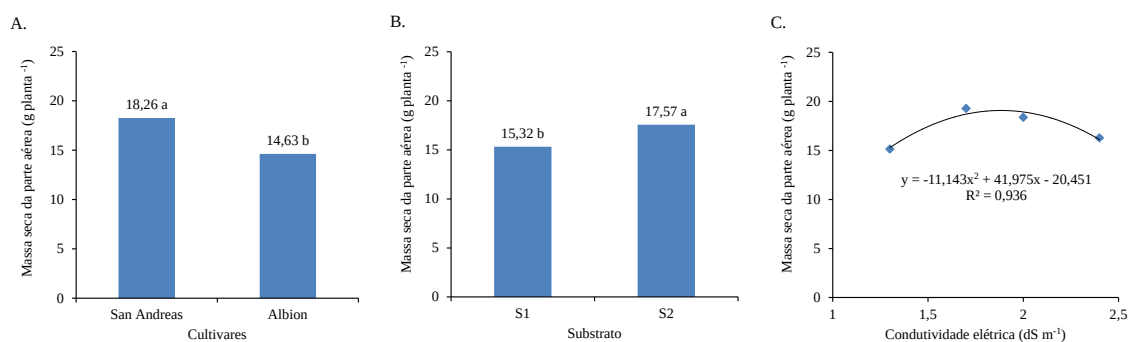


Figura 8: Massa seca da parte aérea (A, B e C) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas em dois substratos. Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O substrato S2 foi superior em 14,69% para a MSPA, em relação ao substrato S1 (Figura 4B). Esse resultado pode ser atribuído à elevada capacidade de retenção de água que favorece absorção de nutrientes pelas plantas (Palencia et al., 2016), aliada à maior capacidade porosa da fibra de coco, proporcionando maior aeração, lixiviação de sais e renovação da solução nutritiva no substrato.

Houve resposta quadrática na MSPA para o aumento da condutividade elétrica, sendo a maior MSPA obtida na CE 1,88 dS m⁻¹ (19,10 g planta⁻¹), representando um aumento de 24,85% em comparação com a MSPA obtida na CE de 1,3 dS m⁻¹ (15,30 g planta⁻¹) (Figura 8C).

Vários autores observaram redução na massa seca do morangueiro em função do aumento na CE da solução nutritiva, os quais observaram redução na massa seca para CE a partir de 1,5 a 1,9 dS m⁻¹ (Andriolo et al., 2009; Caruso et al., 2011; Portela et al., 2012). A redução do crescimento das plantas nas maiores CEs pode ser atribuída ao *déficit* hídrico e, conseqüentemente, menor absorção de nutrientes, em decorrência do estresse osmótico. Além disso, esses resultados confirmam que o morangueiro é uma cultura sensível à salinidade (Khayyat et al., 2009; Keutgen et al., 2009).

A partição da massa seca do morangueiro em frutos e parte vegetativa variou conforme a cultivar utilizada, bem como em função da solução nutritiva e do substrato. Na cultivar San Andreas, a partição média de biomassa foi de 44,7% para os frutos e 55,5% para a parte vegetativa. A contribuição dos frutos na massa seca total variou de 39,0% nas plantas cultivadas no substrato S2 com solução nutritiva de CE 1,7 dS m⁻¹ a 50,8% nas plantas cultivadas no substrato S1 com CE 1,3 dS m⁻¹. Para a cultivar Albion, a partição média foi de 48,6% para os frutos e 51,4% para a parte vegetativa. A contribuição dos frutos variou de 38,6% para o substrato S2 e solução nutritiva de menor salinidade a 60,6% nas

plantas cultivadas no substrato S1 e solução nutritiva com CE 1,3 dS m⁻¹ (Figura 9).

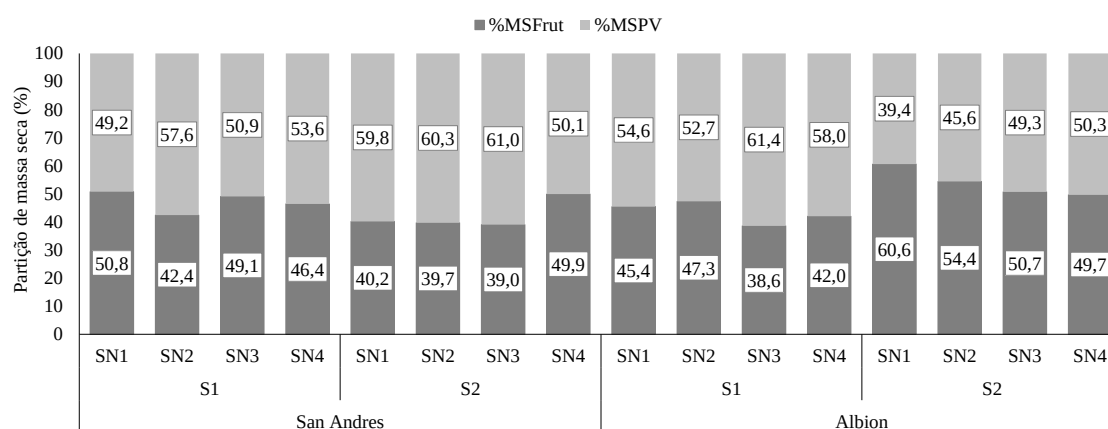


Figura 9: Partição de massa seca (massa seca de fruto e massa seca da parte vegetativa) de duas cultivares de morangoeiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas em dois substratos

Analisando o efeito das soluções nutritivas sobre a distribuição de fotoassimilados na cultivar San Andreas, constata-se que houve uma variação mais específica em função da variação da CE para o substrato S2, sendo a maior contribuição do fruto para a solução com menor CE. Para a cultivar Albion, também houve maior variação no substrato S2, sendo a contribuição dos frutos reduzida na medida em que utilizaram soluções nutritivas menos concentradas.

Essa distribuição de massa seca é condizente com os resultados apresentados por outros autores (Strassburger et, al., 2010, 2011), os quais verificaram que os frutos do morangoeiro contribuem na faixa de 40 a 60%.

CONCLUSÕES

O pico de crescimento do morangueiro na fase de formação ocorre entre 60 e 75 dias após o transplântio.

O cultivo de morangueiro em substrato de fibra de coco requer solução nutritiva mais concentrada do que substrato contendo húmus de minhoca.

A fertirrigação com solução nutritiva de CE 1,3 dS m⁻¹ favorece a translocação de fotoassimilados para os frutos nas duas cultivares.

REFERÊNCIAS

Andriolo, J.L., Janisch, D.I., Schmitt, O.J., Vaz, M.A.B., Cardoso, F.L., Erpen, L. 2009. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural* 39: 684-690.

Antunes, L.E.C., Bonow, S., Reisser Júnior, C. 2020. Morango: crescimento constante em área de produção. *Campo & Negócio. Anuário HF* 37: 88-92.

Benincasa, M.M.P. 2003. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP. 42 p.

Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G., Conti, S. 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 129: 479-485.

Chagas, K.L., Viana, T.V.A., Vasconcelos, D.V., Sousa, G.G., Pereira Filho, V. 2018. Agronomic performance of satraberry under growing environments and organomineral fertilization. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 8: 331-339.

El-Mogy, M.M., Ali, M.R., Darwish, O.S., Rogers, H.J. 2019. Impacto do ácido salicílico, ácido abscísico e metil jasmonato na qualidade pós-colheita e compostos bioativos de morangos cultivados. *Journal of Berry Research* 9: 333–348.

El-Sayed, S.F., Hassan, H.A., Abul-Soud, M., Gad, D.A. 2016a. Effect of substrate mixtures and nutrient solution sources on strawberry plants under closed hydroponic system. *Journal of Product & Development* 21: 97-115.

El-Sayed, S.F., Hassan, H.A., Abul-Soud, M., Gad, D.A. 2016b. Effect of different substrates and nutrient solutions on vegetative growth, mineral content, production and fruit quality of strawberry. *Zagazig Journal of Horticultural Science* 43: 1919-1938.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Caracterização meteorológica, 2016. in: <<http://meteorologia.emparn.rn.gov.br>>. Acessado em: Jun. 2021.

Fagherazzi, A.F., Grimaldi, F., Kretschmar, A.A., Molina, A.R., Gonçalves, L.E.C., Baruzzi, G., Rufato, L. 2017. Strawberry production progress in Brazil. *Acta Horticulturae* 1156: 937–940.

Ferreira, D.F. 2014. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia* 38:109-112.

- Fronza, D., Hamann, J.J. 2017. Cultivo de Morangueiro Fertirrigado. Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. p.11–268.
- Hochmuth, G., Cantliffe, D., Chandler, C., Stanley, C., Bish, E., Waldo, E., Legard, D., Duval, J. 2006. Containerized strawberry transplants reduce establishment-period water use and enhance early growth and flowering compared with bare-root plants. *HortTechnology* 6: 46-54.
- Hossain, A., Begum, P., Zannat, M. S., Rahman, M. H., Ahsan, M., Islam, S.N. 2016. Composição de nutrientes de genótipos de morango cultivados em uma fazenda de horticultura. *Food Chemistry* 199: 648-652.
- Kadir, S., Carey, E., Ennahli, S. 2006. Influence of high tunnel and field conditions on strawberry growth and development. *HortScience* 41: 329-335.
- Keutgen, A.J., Pawelzik, E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental and Experimental Botany* 65: 170–176.
- Khayyat, M., Tafazoli, E., Rajaei, S., Vazifeshenas, M., Mahmoodabadi, M.R., Sajjadinia, A. 2009. Effects of NaCl and supplementary potassium on gas exchange, ionic content, and growth of salt-stressed strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 32: 907–918.
- Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L. 2008. *Plant physiological ecology*. Berlin: Springer Verlag. 623p.
- Larcher, W. 2004. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, SP: RiMa. 531p.

Lorenzo, P. 2003. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 609: 181-186.

Maksimović, J.D., Poledica, M., Muṭavdžić, D., Mojović, M., Radivojević D., Milivojević, D. 2015. Variação na qualidade nutricional e composição química de morangos frescos: efeito combinado de cultivar e armazenamento. *Plant Foods for Nutrição Humana* 70: 77-84.

Oliveira, C.S., Cocco, C., Andriolo, J.L., Bisognin, D.A., Erpen, L., Franquez, G.G. 2010. Produção e qualidade de propágulos de morangueiro em diferentes concentrações de nitrogênio no cultivo sem solo. *Revista Ceres* 57: 554-559.

Palencia, P., Bordonaba, J.G., Martínez, F., Terry, L.A. 2016. Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition. *Scientia Horticulturae* 203: 12–19.

Portela, I.P., Peil, R.M.N., Rombaldi, C.V. 2012. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. *Horticultura Brasileira* 30: 266-273.

Santos, E.M., Viana, T.V.A., Saousa, G.G., Azevedo, B.M., Moraes, J.G.I. 2019. Yield and quality os strawberry fruits fertilized with bovine biofertilizer. *Revista Caatinga* 32: 16-26.

Schmitt, O.J., Andriolo, J.L., Schultz, E., Lerner, M.A., Souza, J.M., Dal Picio, M. 2016. Produção de estolhos de cultivares de morangueiro em função

da condutividade elétrica da solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 34: 294-301.

Sousa, G.G., Souza, M.V.P., Guilherme, J.M.S., Junior, F.B.S., Freitas, A.G.S., Viana, T.V.A. 2019. Crescimento de morangueiro submetido a níveis de salinidade e adubação orgânica. *Revista Verde* 14: 485-490.

Sousa, G.G., Viana, T.V.A., Pereira, E.D., Albuquerque, A.H.P., Marinho, A.B., Azevedo, B.M. 2014. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. *Bragantia* 73: 39-44.

Strassburger, A.S., Peil, R.M.N., Schwengber, J.E., Martins, D.S., Medeiros, C.A.B. 2011. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. *Ciência Rural* 41: 223-226.

Strassburger, A.S., Peil, R.M.N., Schwengber, J.E., Medeiros, C.A.B., Denise, M.S., Silva, J.B. 2010. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. *Bragantia* 69: 623-630.

CAPÍTULO 3
FISIOLOGIA DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM SOLUÇÕES
NUTRITIVAS E SUBSTRATOS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO

Formatado conforme as normas da revista Horticultura Brasileira

RESUMO

O morango é uma das frutas mais populares do mundo, sendo cultivada principalmente em clima subtropical, mas, devido ao avanço tecnológico, a cultura pode ser explorada em condições climáticas distintas da sua origem. Um experimento foi conduzido em ambiente protegido, com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x4, com três repetições, para avaliar as respostas fisiológicas de cultivares de morango (C1 – San Andreas e C2 – Albion) em zona semiárida tropical submetida a dois substratos de cultivo (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e soluções nutritivas de fertirrigação (SN) com quatro condutividades elétricas diferentes (SN1 = 2,4; SN2 = 2,0; SN3 = 1,7 e SN4 = 1,3 dS.m⁻¹). Aos 154 dias após o início da aplicação das soluções nutritivas, realizou-se a avaliação das variáveis fisiológicas trocas gasosas: condutância estomática (*g_s*); transpiração (*E*); fotossíntese líquida (*A*); concentração interna de CO₂ (*C_i*); eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*); e eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*). A CE da solução nutritiva afetou as variáveis referentes às trocas gasosas, as quais foram reduzidas com o aumento da CE da solução nutritiva de fertirrigação. A cultivar Albion mostrou-se tolerante ao aumento da salinidade nas condições ambientais do estudo. Os substratos de cultivo influenciaram as respostas das variáveis de trocas gasosas, sendo variáveis com os tipos de substratos de cultivo.

Palavras-chave: *Fragaria* × *ananassa*; Salinidade, Fisiologia Vegetal.

Physiology of strawberry plants fertigated with nutrient solutions and substrates in the mountainous region of the Brazilian semiarid region

ABSTRACT

Strawberry is one of the most popular fruits in the world, being cultivated mainly in subtropical climate, but due to technological advances, the culture can be explored in climatic conditions different from its origin. An experiment was carried out in a protected environment, with a completely randomized design in a 2x2x4 factorial design, with three replications to evaluate the physiological responses of strawberry cultivars (C1 - San Andreas and C2 - Albion) in a tropical semiarid zone subjected to two cultivation substrates (S1 – 50% humus + 25% vermiculite + 25% carbonized rice husk and S2 – 100% coconut fiber) and fertigation nutrient solutions (SN) with 4 different electrical conductivities (SN1 = 2.4; SN2 = 2, 0; SN3 = 1.7 and SN4 = 1.3 dS.m⁻¹). At 154 days after the start of application of the nutrient solutions, the physiological variables of gas exchange were evaluated: stomatal conductance (gs), transpiration (E), net photosynthesis (A), internal concentration of CO₂ (Ci) intrinsic efficiency of use (EiUA) and instantaneous carboxylation efficiency (EiC). The EC of the nutrient solution affected the variables related to gas exchange, which were reduced with the increase of the EC of the fertigation nutrient solution. The cultivar Albion was tolerant to increased salinity under the environmental conditions of the study. The cultivation substrates influenced the responses of the gas exchange variables, being variable with the types of cultivation substrates.

Keywords: *Fragaria × ananassa*, Salinity, Plant Physiology.

INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria* × *ananassa*) é uma das frutas mais populares no mundo, utilizado devido ao seu sabor marcante, nutrientes essenciais ricos e compostos bioativos benéficos à saúde, incluindo vitaminas, fibras, minerais, antocianinas e compostos fenólicos (Wang *et al.*, 2019). Considerada uma planta de clima subtropical a temperado, o morangueiro possui uma faixa de temperatura ideal para seu desenvolvimento entre 13 e 26 °C (Gonçalves *et al.*, 2016).

As principais cultivares de morango utilizadas no Brasil são provenientes de programas de melhoramento da Universidade da Califórnia nos Estados Unidos, nos quais se encontram Albion e San Andreas (Zeist *et al.*, 2019). Esses materiais apresentam a capacidade de produzir frutas de qualidade durante todo o ano e até mesmo por dois anos consecutivos, permitindo a obtenção de um maior retorno econômico aos produtores (Gonçalves *et al.*, 2016).

Embora o cultivo de morangueiros no Brasil concentre-se nas regiões Sul e Centro-Oeste, em função do clima mais ameno, a existência de cultivares de fotoperiodismo de dias neutros viabiliza o cultivo na região semiárida do nordeste brasileiro.

De acordo com Antunes *et al.* (2020), com os avanços tecnológicos registrados nas últimas décadas, o consumidor pode encontrar morangos no comércio em qualquer época do ano. Um outro fator que tem contribuído é o cultivo fora do solo, seja hidropônico ou semi-hidropônico, que vem se tornando uma opção bastante utilizada pelos produtores, apresentando vantagens como alta produtividade e uso eficiente da água, proporcionando um maior controle fitossanitário, quando comparado aos sistemas tradicionais (Sausen *et al.*, 2020). Os genótipos indicados para o cultivo fora do solo são pertencentes ao grupo de dias neutros, sendo estes assim definidos em virtude da insensibilidade dos mesmos às variações de fotoperíodo (Gonçalves *et al.*, 2016).

Para o cultivo sem solo do morangueiro existem diversas formulações de soluções nutritivas recomendadas. Entretanto, uma vez que a absorção de nutrientes varia com a cultivar, o estágio de desenvolvimento e as condições climáticas, entre outros fatores, não existem formulações específicas para cada espécie vegetal (Portela *et al.*, 2012). Tanto o crescimento e a produtividade quanto a qualidade organoléptica das frutas são afetados pela concentração da solução nutritiva (Andriolo *et al.*, 2009; Portela *et al.*, 2012). Os limites de condutividade elétrica das soluções nutritivas considerados os mais

favoráveis à produtividade e à qualidade dos morangos são de 1,4 a 1,8 dS m⁻¹ em cultivo com substrato (Giménez *et al.*, 2008).

A salinidade, proveniente do uso de água salina ou do excesso de nutrientes na solução nutritiva, pode induzir a absorção de mineral em excessivo, causando um desequilíbrio iônico como resultado da acumulação de sais particulares dentro da planta, e a restrição de consequência de condutância estomática, fotossíntese, transpiração e concentração interna de CO₂, (Tabatabaie & Nazari, 2007; Shirko *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2021; Hannachi & Van Labeke, 2018). A redução na taxa fotossintética ocorre devido ao acúmulo de sais nos cloroplastos das células (Taiz *et al.*, 2017) e, consequentemente, fechamento parcial dos estômatos e redução na disponibilidade de CO₂ (Pereira Filho *et al.*, 2019).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas de cultivares de morangueiros submetidos a diferentes níveis de condutividade elétrica de solução nutritiva e cultivados em diferentes substratos na região serrana do semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) em uma propriedade rural (6°1'16,12" S e 37°58'54,35" O, altitude de 615 metros) localizada no município de Portalegre, RN (Anexo I). A casa de vegetação utilizada foi construída em madeira com cobertura do tipo capela, com dimensões 5x8 metros, com pé direito de 2,5 metros, coberta superior com filme de polietileno transparente de baixa densidade, transparente difusor de luz (PEBD - Polietileno de Baixa Densidade) com 150µm de espessura, tratado contra raios ultravioleta. As paredes laterais eram fechadas com tela de sombreamento preta (50%).

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Köppen Geiger é do tipo Aw' (tropical quente e úmido). A média pluviométrica é de 1.067 mm ano⁻¹ com distribuição unimodal e chuvas concentradas nos meses de janeiro a maio, com temperatura média anual de 24 °C (EMPARN, 2016).

Durante o período experimental, coletaram-se os dados climáticos referentes à temperatura e umidade relativa do ar utilizando termohigrômetro digital. A temperatura máxima variou de 24,3 a 40,7 °C, enquanto a temperatura mínima variou de 17,1 a 22,3 °C, com temperatura média variando de 20,7 a 31,5 °C. A umidade relativa do ar variou de 30 a 78% com média de 49,8%.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 4x2x2 (quatro soluções nutritivas, dois substratos e duas cultivares), com três repetições. Cada repetição foi representada por um slab contendo 10 plantas distribuídas em duas fileiras. Duas cultivares de morango (C1 – San Andreas, C2 – Albion) foram cultivadas em dois substratos (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e fertirrigadas com quatro soluções nutritivas (SN1 = 2,4 dS.m⁻¹ – 125% da dose comercial de fertilizante; SN2 = 2,0 dS.m⁻¹ – 100% da dose comercial de fertilizantes; SN3 = 1,7 dS.m⁻¹ – 75% da dose comercial de fertilizante; SN4 = 1,3 dS.m⁻¹ – 50% da dose comercial de fertilizantes).

A solução nutritiva padrão (S2) continha os fertilizantes comerciais Ferti Base e Ferti Morando, nas concentrações de 1,0 e 1,5 L 1000 L⁻¹ (Ferti Base – N=5,0%; Ca=6,0%; Fe=0,1%; Ferti Morango – N=3,2%; P=6,0%; K=10,0%; Mg=1,0%; S=5,99%).

O experimento foi instalado no dia 05/03/2020, quando foi realizado o transplântio das plântulas de morangueiro. As parcelas subdivididas foram compostas de 10 plantas de morangueiro dispostas em uma bolsa de cultivo (slab), com substrato homogêneo e irrigação localizada.

A cultivar San Andreas (C1) apresenta frutos vermelho-claros, grandes e longos, boa firmeza e sabor, enquanto que a cultivar Albion (C2) apresenta frutos com coloração vermelho-brilhante, grandes e arredondados, com bom sabor e firmeza. Ambas as cultivares estudadas são originárias da Califórnia, próprias para consumo *in natura* e possuem fotoperiodismo de dias neutros.

O sistema de irrigação foi do tipo localizado e automatizado com o uso de um temporizador de programação, com duração de 2 minutos, tempo suficiente para saturar e lixiviar o substrato. A fertirrigação era feita três vezes por semana com dois eventos diários. Nos demais dias, utilizava-se apenas irrigação com água potável.

As análises fisiológicas foram condutância estomática (*gs*) (mmol.m⁻² s⁻¹), transpiração (*E*) (mmol.m⁻² s⁻¹), fotossíntese líquida (*A*) (μmol.m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ (*Ci*) (μmol m⁻² s⁻¹). A partir dos dados da fotossíntese e da transpiração, determinou-se a eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*), [(μmol.m⁻² s⁻¹) (mmol.m⁻² s⁻¹)⁻¹], obtida pela razão *A/gs*. A eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*) [(μmol m⁻² s⁻¹(μmol m⁻² s⁻¹)⁻¹] foi obtida pela razão entre a fotossíntese e concentração interna de CO₂ (*A/Ci*).

As análises fisiológicas foram realizadas na fase de produção, no dia 15/08/2020, 154 dias após o início da aplicação das soluções nutritivas. As determinações das trocas gasosas foram realizadas com auxílio de um analisador de gases infravermelho (IRGA, modelo GFS-3000, WALZ®, Effeltrich, Alemanha), com as leituras sendo realizadas entre 08:00min e 10:00min (Anexo IX). Os teores de CO₂ foram fixados em 400 ppm e a intensidade luminosa em 1200 $\mu\text{mol m}^{-2}$.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e realizada análise de variância pelo teste F. As médias obtidas em cada tratamento foram comparadas entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Detectada interação significativa entre os fatores, realizou-se o desdobramento entre os mesmos. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* estatístico Sisvar (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação tripla entre os fatores soluções nutritivas (SN), substratos (S) e cultivares (C) afetou significativamente ($p < 0,01$) as variáveis condutância estomática (g_s), transpiração (E), fotossíntese líquida (A), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

A condutância estomática (g_s) foi afetada pela condutividade elétrica das soluções nutritivas de forma diferente entre as cultivares, independentemente do substrato utilizado (Figura 1A). Para a cultivar Albion, os valores de g_s (48,69 e 43,64 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ocorreram para as CE de 1,56 e 1,85 dS m^{-1} , o equivalente ao aumento de 3,38 e 100,86%, em comparação aos menores CE (47,10 e 21,72 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para os substratos S1 e S2, respectivamente (Figura 1). A cultivar San Andreas expressou comportamento inverso ao obtido na cultivar Albion, ou seja, os maiores valores da g_s ocorreram para a CE de 1,3 dS m^{-1} , sendo de 34,12 no S1 e 63,82 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no S2. A partir dessa CE, a g_s diminuiu com o aumento da CE até os níveis de 2,12 dS m^{-1} (17,75 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 2,09 dS m^{-1} (31,59 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), nos substratos S1 e S2, respectivamente, apresentando tendência de manutenção na maior CE. Dessa forma, verificou-se que o efeito da CE sobre a g_s foi semelhante nos dois substratos, com perdas de 47,99 e 50,49%, para S1 e S2, respectivamente (Figura 1A).

De forma geral, verificou-se que a cultivar Albion apresentou maior tolerância à salinidade expressa pela CE na solução nutritiva, tendo em vista que a g_s reduziu apenas na maior salinidade (2,4 dS m^{-1}). Porém, para todas as cultivares, o uso da solução mais

concentrada proporcionou redução na gs , independentemente do substrato utilizado (Figura 1A). A redução da gs na solução mais concentrada é devido ao aumento da salinidade da mesma, que pode provocar desequilíbrio iônico, resultando em acúmulo de sais no tecido vegetal (Hannachi & Van Labeke, 2018). Respostas fisiológicas semelhantes foram observadas em outras culturas, como berinjela (Hannachi & Van Labeke, 2018) e rúcula (Yang *et al.*, 2021).

Ainda referente à gs , verifica-se que houve diferença entre as combinações de cultivares e substratos nos quatro níveis de salinidade investigados (Figura 1A). Para a cultivar San Andreas, o substrato S2 foi superior nas CE 1,3, 2,0 e 2,4 dS m⁻¹. Os maiores valores obtidos nesse substrato ocorreram, possivelmente, devido ao substrato fibra de coco proporcionar maior drenagem dos sais. Na cultivar Albion, houve diferença entre os substratos apenas na maior CE (2,4 dS m⁻¹), sendo o substrato S1 superior, possivelmente em razão do aporte de nutrientes proveniente do húmus contido nesse substrato. A cultivar San Andreas foi maior nas CE 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, enquanto a cultivar Albion foi superior no substrato S1 independente da CE utilizada (Figura 1A).

A transpiração (E) expressou comportamento quadrático para as duas cultivares no substrato S2, enquanto no substrato S1 houve resposta significativa apenas para a cultivar Albion (Figura 1B). Dessa forma, o aumento da CE da solução nutritiva não afetou a E no substrato S1, obtendo-se o valor médio de 0,47 mmol m⁻² s⁻¹. No substrato S2, o aumento da CE promoveu redução na E até o nível 2,07 dS m⁻¹ (0,52 mmol m⁻² s⁻¹), ocorrendo, assim, uma redução de 60,63% em comparação com o valor obtido na CE de 1,3 dS m⁻¹ (1,33 mmol m⁻² s⁻¹) (Figura 1B). Para a cultivar Albion, os dados foram ajustados ao modelo quadrático de forma que o aumento da CE gerou incremento na E até os níveis de 1,55 e 1,84 dS m⁻¹, com valores máximos de 0,93 e 0,85 mmol m⁻² s⁻¹, nos substratos S1 e S2, respectivamente. Contudo, apesar de acontecer comportamento quadrático para ambos os substratos, o maior ganho percentual nessa variável ocorreu nas plantas cultivadas no substrato S2 (104,76%) (Figura 1B).

As variáveis gs e E apresentam relação direta entre si (Taiz *et al.*, 2017), de forma que o efeito da CE sobre a gs refletiu sobre a E , em que a cultivar Albion foi mais tolerante no substrato de fibra de coco. Por outro lado, a variável E na cultivar San Andreas não foi afetada no substrato contendo húmus de minhoca (S1), possivelmente pela disponibilidade de nutrientes desse insumo (Hoehne *et al.*, 2020). Porém, destaca-se que, apesar de não ter ocorrido efeito da salinidade nessa condição, essa cultivar apresentou menores valores de E . Outros autores, ao trabalhar com outras cultura, como

hortelã-pimenta (Tabatabaie & Nazari, 2007) e rúcula (Yang *et al.*, 2021), com concentrações de nutrientes na solução nutritiva, também encontraram uma redução significativa em *gs* e *E* na maior salinidade.

Houve efeito do substrato sobre a variável *E* na cultivar San Andreas quando fertirrigada com soluções nutritivas de CEs 1,3 e 1,7 dS m⁻¹, nas quais os maiores valores ocorreram no substrato S2. Já para a cultivar Albion, houve diferença entre substratos nas CEs 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, sendo o maior valor obtido no substrato S1 (Figura 1B).

A cultivar San Andreas foi superior quando cultivada no substrato S2 e fertirrigada com solução nutritiva de CEs 1,3, 1,7 e 2,4 dS m⁻¹, bem como no substrato S1 para a CE 2,0 dS m⁻¹ (Figura 1B). Por outro lado, a cultivar Albion foi superior apenas no substrato S1 com a CE 1,3 dS m⁻¹.

Esse resultado mostra que em condições salinas o desbalanço osmótico da solução nutritiva interferiu diretamente sobre as condições dos substratos (Silva *et al.*, 2011), seja pela capacidade de drenagem da fibra de coco, seja pela disponibilidade de nutrientes do húmus. Outros autores também verificaram pouca ação de compostos orgânicos sob a transpiração de plantas submetidas ao estresse salino (Silva *et al.*, 2011).

A fotossíntese líquida (*A*) não foi afetada pelo aumento da CE da solução nutritiva na cultivar Albion, no substrato S1, obtendo-se valor médio de 10,39 μmol m² s⁻¹. Para as demais cultivares ocorreram respostas quadráticas, independentemente do substrato utilizado (Figura 1C). Para a cultivar San Andreas, os maiores valores de *A* foram obtidos nas CEs de 1,55 e 1,64 dS m⁻¹, sendo 11,95 e 12,43 μmol m² s⁻¹ nos substratos S1 e S2, respectivamente. Na cultivar Albion, o maior valor de *A* foi obtido na CE 1,78 dS m⁻¹ (10,62 μmol m² s⁻¹). Assim, verifica-se que o maior ganho percentual (45,25%) foi obtido na cultivar Albion cultivada no substrato S2. Além disso, verifica-se que a solução nutritiva mais concentrada (2,4 dS m⁻¹) provocou redução na fotossíntese líquida, exceto para a cultivar Albion no substrato S1 (Figura 1C).

A cultivar Albion mostrou-se tolerante aos efeitos da salinidade para a variável fotossíntese quando cultivada em substrato com húmus. Sun *et al.* (2015) também observaram que a cultivar Albion é tolerante ao estresse salino. Esse resultado demonstra que a tolerância das cultivares à salinidade é variável de acordo com o meio de cultivo adotado. A redução na taxa fotossintética ocorre devido ao acúmulo de sais nos cloroplastos das células (Taiz *et al.*, 2017). Essa redução na *A* pode provocar

fechamento parcial dos estômatos e reduzir consequentemente a disponibilidade de CO₂ para as folhas (Pereira Filho *et al.*, 2019).

O substrato S2 proporcionou maior taxa fotossintética na cultivar San Andreas com a solução nutritiva de CEs 2,0 e 2,4 dS m⁻¹, enquanto para a cultivar Albion proporcionou menor A na CE 2,4 dS m⁻¹. A cultivar San Andreas foi superior apenas no substrato S2, nas soluções de CE 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, mas foi inferior quando cultivada no substrato S1 e fertirrigada com solução nutritiva de CE a partir de 1,7 dS m⁻¹ (Figura 1C).

Os valores de A obtidos neste trabalho estão próximos dos obtidos por Sun *et al.* (2015), os quais observaram variação de 10,6 a 14,7 μmol m⁻² s⁻¹. Esses autores observaram que a cultivar Albion apresentou maior A quando comparada com a cultivar San Andreas.

A variável concentração interna de CO₂ (Ci) foi afetada pela CE da solução nutritiva para as duas cultivares, em ambos os substratos (Figura 1D). Na cultivar San Andreas, a Ci reduziu com o aumento da CE até os níveis de 2,10 e 2,03 dS m⁻¹, nos quais se obtiveram valores mínimos de 133,49 e 158,50 μmol m⁻² s⁻¹. Esses valores representam reduções de 30,17 e 49,38%, em comparação com valores obtidos na menor CE (1,3 dS m⁻¹), em que se obtiveram 191,16 e 313,16 μmol m⁻² s⁻¹ para os substratos S1 e S2, respectivamente (Figura 1D). Para a cultivar Albion o aumento da CE resultou em incremento em Ci até os níveis de 1,55 e 1,82 dS m⁻¹, com 242,92 e 230,61 μmol m⁻² s⁻¹, nos substratos S1 e S2, respectivamente. Além disso, verifica-se que na cultivar Albion o maior ganho percentual (43,36%) da Ci ocorreu no substrato S2 (Figura 1D).

A redução da condutância estomática e transpiração nas maiores salinidades resultou diretamente na menor concentração interna de carbono (Ci), confirmando as observações feitas por Hannachi & Van Labeke (2018). O estresse salino pode resultar em aumento na concentração intercelular de CO₂, possivelmente devido às condições não estomáticas (Lacerda *et al.*, 2020).

Na cultivar San Andreas, o substrato S2 proporcionou maior Ci nas soluções de CE 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, mas foi inferior na CE 2,4 dS m⁻¹. Para a Cultivar Albion, só houve diferença entre substratos na maior CE (2,4 dS m⁻¹), em que o substrato S1 foi superior (Figura 1D). A cultivar San Andreas foi superior para a variável Ci quando cultivada no substrato S2 e fertirrigada com soluções 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, mas foi inferior no substrato

S1, nas CEs 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, bem como na CE 1,7 dS m⁻¹, para ambos os substratos (Figura 1D).

Diante disso, observa-se que o efeito do aumento da salinidade foi mais expressivo na cultivar Albion, confirmando que esta é mais tolerante, conforme já observado anteriormente em outras variáveis. Outros pesquisadores têm encontrado relação entre a tolerância das culturas à salinidade e a concentração interna de carbono (Tabatabaie & Nazari, 2007; Yang *et al.*, 2021).

A eficiência instantânea do uso da água (EiUA) foi afetada pela CE da solução nutritiva na cultivar San Andreas, para ambos os substratos, e na cultivar Albion, para o substrato S2 (Figura 2A). Para a cultivar San Andreas, o aumento da CE proporcionou incremento na EiUA até os níveis de 1,75 e 1,90 dS m⁻¹, com valor máximo de 0,56 e 0,35 [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] nos substratos S1 e S2, respectivamente. Esses resultados representam ganhos de 66,78% no S1 e 24,20% no S2. Não houve resposta significativa para a cultivar Albion no substrato S1, obtendo-se valor médio de 0,252 [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]. O aumento da CE provocou redução na EiUA para a cultivar Albion no substrato S2, sendo o menor valor, 0,24 [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol m⁻² s⁻¹)⁻¹], obtido na CE 2,08 dS m⁻¹. Esse valor representa uma redução de 31,62% em comparação com a EiUA obtida na solução menos concentrada (1,3 dS m⁻¹), na qual se verificou valor máximo de 0,35 [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol m⁻² s⁻¹)⁻¹] (Figura 2A).

A redução na EiUA em resposta ao aumento da salinidade ocorre porque a elevada concentração de sais na solução nutritiva pode causar distúrbios nutricionais na planta reduzindo a eficiência instantânea do uso da água (Yang *et al.*, 2021). Comportamento semelhante foi observado em outras culturas, como em melanciaira (Oliveira *et al.*, 2016).

A EiUA foi afetada pelos substratos de forma diferente de acordo com a cultivar analisada. Na cultivar San Andreas, o substrato S1 foi superior na menor CE (1,3 dS m⁻¹), mas foi superior nas CEs 2,0 e 2,4 dS m⁻¹. Para a cultivar Albion, houve diferença para os dois substratos apenas na maior CE, na qual o maior valor ocorreu para o substrato S2 (Figura 2A).

A cultivar San Andreas foi superior quanto à variável EiUA quando fertirrigada com solução nutritiva de CEs 1,7 e 2,0 dS m⁻¹, para ambos os substratos, bem como na CE 2,4 dS m⁻¹, no substrato S1. Por outro lado, a cultivar Albion foi superior na CE 1,3 dS m⁻¹, para o substrato S1, e 2,4 dS m⁻¹, para o substrato S2 (Figura 2A).

Dessa forma o aumento inicial da EiUA com o incremento da salinidade na cultivar San Andreas indica que o efeito do estresse salino foi mais deletério sobre A do que sobre gs. As plantas podem se aclimatar ao estresse salino por meio de uma série de mecanismos, incluindo a síntese de ácido abscísico (ABA) que regula, dentre muitas respostas fisiológicas e moleculares, o fechamento estomático (Munns & Tester, 2008). Em contrapartida, na maior CE ocorreu o inverso, proporcionando uma expressiva redução na EiUA. Enquanto isso, na cultivar Albion, houve pouca variação com o incremento da salinidade podendo indicar que essa cultivar seja mais tolerante.

Em plantas tolerantes à salinidade ocorre aumento na EiUA pela capacidade de exclusão de íons específicos pelas raízes devido à menor absorção de água pelas mesmas ou pela produção de compostos orgânicos que atuam auxiliando a regulação osmótica na planta (Munns & Tester, 2008). Por outro lado, plantas sensíveis ao estresse salino apresentam redução na EiUA em razão de problemas fisiológicos que atuam no fotossistema II pela redução do consumo de água proveniente da resistência estomática (Taiz *et al.*, 2017).

A eficiência de carboxilação (EiC) foi afetada pela CE da solução nutritiva em ambas as cultivares, porém a resposta das cultivares variou em função do substrato investigado. A cultivar San Andreas apresentou resposta quadrática, sendo os maiores valores da EiC 0,081 e 0,078 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1})]$ ocorrendo nos níveis de 1,69 e 1,92 dS m^{-1} , nos substratos S1 e S2, respectivamente (Figura 2B). Dentre estes, no S2 ocorreu maior ganho percentual do EiC (113,75%), em comparação com o valor obtido para esse substrato na menor CE (0,037 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1})]$). Para a cultivar Albion, houve resposta ao aumento da CE apenas no substrato S1, em que o incremento da CE gerou uma redução na EiC até o nível de 1,83 dS m^{-1} (0,043 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1})]$), representando uma redução de 25,45% em comparação com o valor obtido para a CE 1,3 dS m^{-1} (0,059 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1})]$) (Figura 1B). Não houve resposta significativa na cultivar Albion cultivada no substrato S2, obtendo-se EiC média de 0,047 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1})]$ (Figura 2B).

Em condições de estresse salino, as plantas têm dificuldade de absorver água e nutrientes do meio de cultivo, adotando como estratégia o fechamento dos estômatos para evitar a perda excessiva de água (Taiz *et al.*, 2017). Esse comportamento resulta em redução da entrada de CO₂ na câmara estomática, ocasionando redução na eficiência de carboxilação (Oliveira *et al.*, 2016).

A EiC foi afetada pelos substratos para ambas as cultivares. Na cultivar San Andreas, o substrato S1 foi superior apenas nas CEs 2,0 e 2,4 dS m⁻¹ e inferior nas demais CEs. Para a cultivar Albion, o substrato S1 foi superior nas CEs 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, mas inferior na CE 2,0 dS m⁻¹ (Figura 2B). A cultivar San Andreas apresentou maior EiC na solução de CE 1,3 dS m⁻¹, para o substrato S2, bem como nas CEs de 1,7 e 2,0 dS m⁻¹, para ambos os substratos. Entretanto, a cultivar Albion foi superior para a CE 1,3 dS m⁻¹ no substrato S1 e para a CE 2,4 dS m⁻¹ no substrato S2 (Figura 2B).

De forma geral verificou-se que a cultivar Albion sofreu menos influência da salinidade sobre a EiC, o que possivelmente está relacionado ao fato desta cultivar ser mais tolerante. Esse comportamento pode ser explicado porque o aumento da produção de fotoassimilados em condições de estresse salino melhora o aporte energético da planta (Sá *et al.*, 2015). Com isso, permite que a planta expresse mecanismos de tolerância com gasto de energia, como a compartimentalização de íons no vacúolo e a exclusão de íons específicos, visando à homeostase iônica (Sá *et al.*, 2015).

A análise dos resultados obtidos permite concluir que a salinidade da solução nutritiva afetou o comportamento das variáveis de trocas gasosas, reduzindo o rendimento das plantas em função do aumento da CE. A cultivar Albion mostrou-se mais tolerante à salinidade, mantendo as atividades fotossintéticas nas condições estudadas. O meio de cultivo pode influenciar as respostas das variáveis de trocas gasosas, com respostas diferentes para os substratos.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO JL; JANISCH DI; SHIMITT OJ; VAZ MAB; CARDOSO FL; ERPEN L. 2009. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutos do morangueiro. *Ciência Rural* 39: 684-690.
- ANTUNES, LEC; BONOW, S; REISSER JÚNIOR, C. 2020. Morango: crescimento constante em área de produção. *Campo & Negócio*. Anuário HF.
- EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. *Caracterização meteorológica*, 2016. Acesso in: <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br>. Acessado em junho, 2021.
- FERREIRA, DF. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência agrotecnologia* 38: 109-112.

- GIMÉNEZ, G; ANDRIOLO, JL; GODOI R. 2008. Cultivo sem solo do morangueiro. *Ciência Rural* 38: 273-279.
- GONÇALVES, MA; ANTUNES, LEC; REISSER JÚNIOR, C; SCHWENGBER, JE. 2016. Crescimento e desenvolvimento. In: ANTUNES, LAC; REISSER JÚNIOR, C; SCHWENGBER, JE. *Morangueiro*. Brasília, DF: Embrapa. p. 47-77.
- HANNACHI, S; VAN LABEKE M. 2018. Salt stress affects germination, seedling growth and physiological responses differentially in eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae* 228:56–65.
- HOEHNE, L; ALTMAYER, T; MARTINI, MC; FINATTO, J; BRIETZKE, DT; KUHN, D; SCHWEIZER, YA; VETTORELLO, G; CORDEIRO, SG; ETHUR, EM; FREITAS, EM; SEVERO FILHO, WA. 2020. Effect of humus and soil substrates on production parameters and quality of organic strawberries. *Horticultura Brasileira* 38: 101-106.
- LACERDA, CF; OLIVEIRA, EV; NEVES, ALR; GHEYI, HR; BEZERRA, MA; COSTA, CAG. 2020. Morphophysiological responses and mechanisms of salt tolerance in four ornamental perennial species under tropical climate. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24: 656-663.
- MUNNS, R; TESTER, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- OLIVEIRA, FADE; SÁ, FVS; PEREIRA, FHF; ARAÚJO, FN; PAIVA, EP; ALMEIDA, JPN. 2016. Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melancia sob diferentes concentrações de solução nutritiva. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 10: 439-448.
- PEREIRA FILHO, JV; VIANA, TVA; SOUSA, GG; CHAGAS, KL; AZEVEDO, BM; PEREIRA, CCMS. 2019. Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental* 23: 959-965.
- PORTELA, IP; PEIL, RMN; ROMBALDI, CV. 2012. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. *Horticultura Brasileira* 30: 266-273.
- SÁ, FVS; BRITO, MEB; SILVA, LA; MOREIRA, RCL; FERNANDES, PD; FIGUEIREDO, LC. 2015. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira "Sunki Comum" sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae* 6: 463-470.

- SAUSEN, D; FERREIRA, CRL; LOPES, SCD; MARQUES, LP; SOUZA, AJM; ALVES, ECGA; PATROCÍNIO, ESA; CORDEIRO, KAS. 2020. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. *Brazilian Journal of Development* 6: 14888-14903.
- SHIRKO, R; NAZARIDELJOU, MJ; AKBAR, MA; NASER, G. 2018. Photosynthetic reaction, mineral uptake, and fruit quality of strawberry affected by different levels of macronutrients. *Journal of Plant Nutrition* 41: 1807-1820.
- SILVA, FLB; LACERDA, CF; SOUSA, GG. 2011. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 383-389.
- SUN, Y; GENHUA, N; WALLACE, R; MASABNI, J; GU, M. 2015. Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. *Horticulturae* 1: 27-43.
- TABATABAIE, SJ; NAZARI, J. 2007. Influence os nutriente concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turk J Agric For* 31: 245-253.
- TAIZ, L; MOLLER, EZIM; MURPHY, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 888p.
- WANG, J; YE, J; VANGA, SK; RAGHAVAN, V. 2019. Influence of high- ntensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control* 96: 128-136.
- YANG, T; SAMARAKOON, U; ALTLAND, J; LING, P. 2021. Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and Flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) ‘Standard’ under different electrical conductivities of nutrient solution. *Agronomy* 11: 1340.
- ZEIST, AR; RESENDE, JT; LIMA, RB; GABRIEL, A; HENSCHER, JM; SILVA, IF. 2019. Phenology and agronomic components of first and second-cycle strawberry. *Horticultura Brasileira* 37: 29-34.

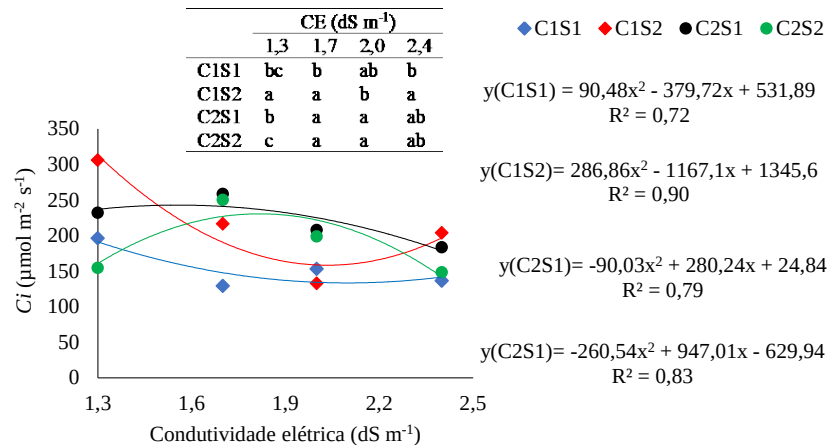
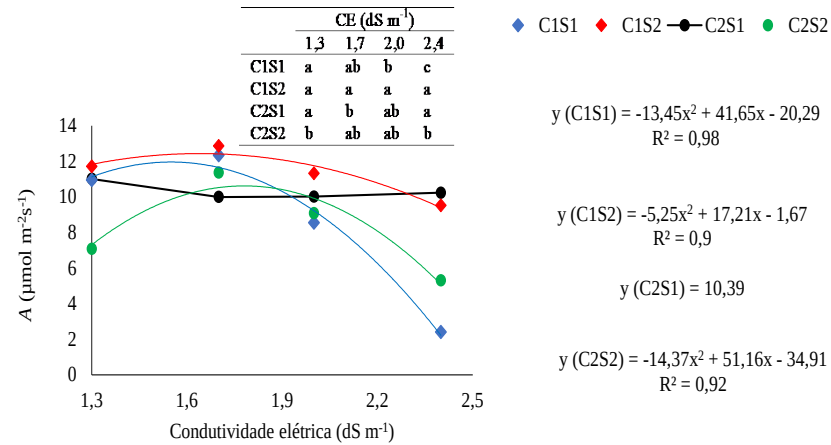
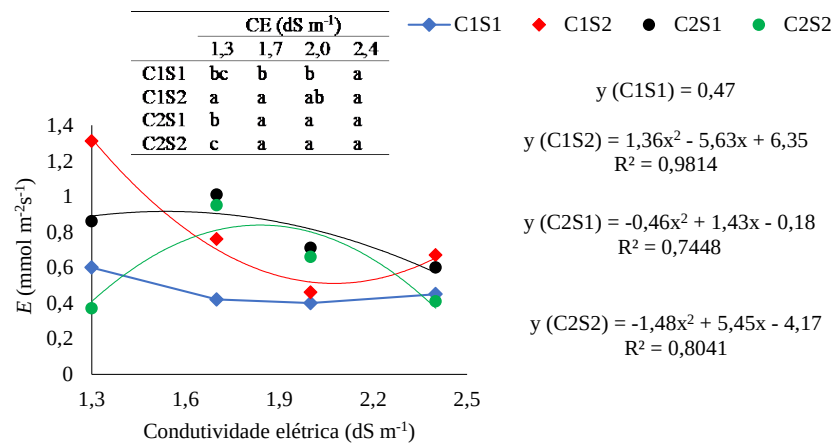
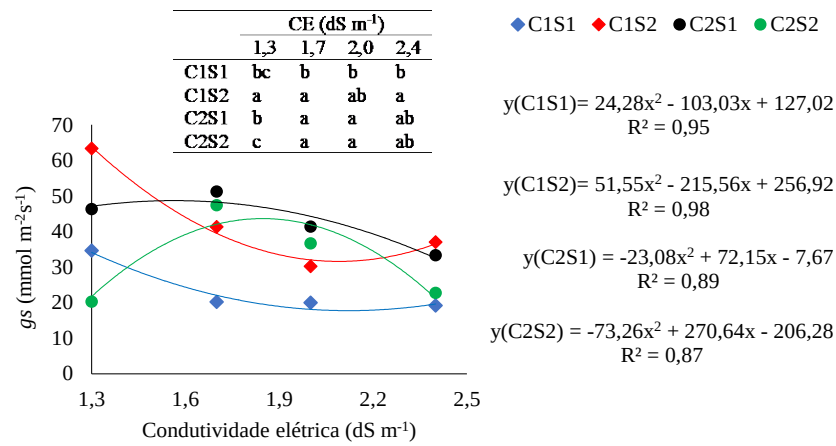


Figura 1: Condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese (C) e concentração interna de CO₂ (D) nas cultivares de morangueiro San Andreas e Albion nos substratos S1 e S2 para as soluções nutritivas (Médias seguidas com as mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (5%) em cada CE).

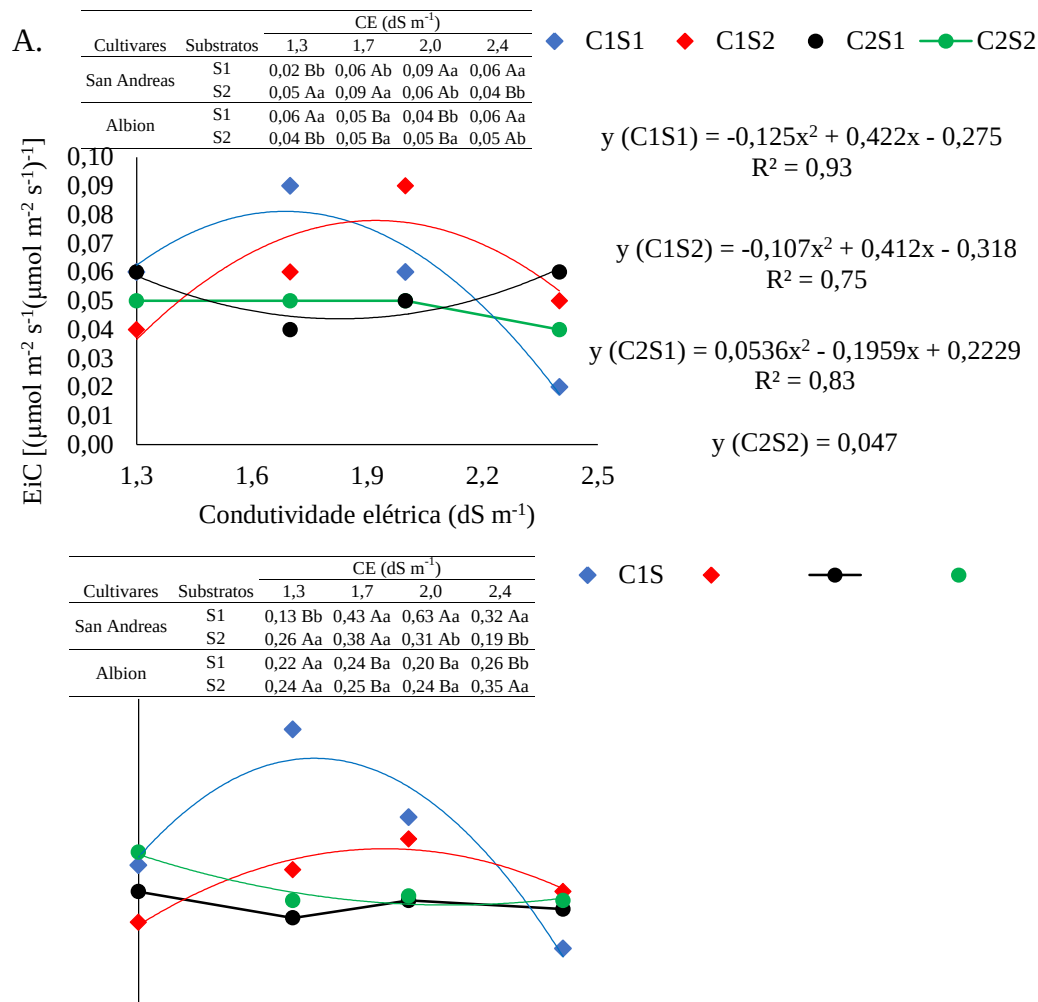


Figura 2. Eficiência instantânea do uso da Água (A) e eficiência de carboxilação (B) nas cultivares de morangueiro em função da salinidade da água de irrigação e do substrato ((Médias seguidas com as mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (5%) em cada CE).

CAPÍTULO 4
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIROS FERTIRRIGADOS COM
SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA REGIÃO SERRANA DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO

Formatado conforme as normas da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
Ambiental

RESUMO: os avanços tecnológicos têm permitido o cultivo de morangueiro em diferentes condições climáticas, mas isso ainda requer estudos principalmente quanto ao material genético e ao manejo nutricional. Este trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido no município de Portalegre/RN com objetivo de avaliar o desempenho de duas cultivares de morangueiro (San Andreas e Albion) cultivadas em dois substratos (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e fertirrigadas com quatro soluções nutritivas com condutividades elétricas diferentes (1,3; 1,7; 2,0 e 2,4 dS m⁻¹), utilizando delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x4, com três repetições. Analisaram-se as seguintes variáveis: número de frutos; massa média de frutos; produção; comprimento de fruto; diâmetro de fruto; índice de formato; firmeza de poupa; sólidos solúveis; pH; acidez total; e índice de maturação. A cultivar San Andreas produz mais frutos por planta e, conseqüentemente, maior produção nas condições experimentais. A maior produção de frutos comerciais nas duas cultivares estudadas foi obtida utilizando solução nutritiva de 2,0 dS m⁻¹. O substrato contendo apenas fibra de coco mostrou-se mais adequado para o cultivo de morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, Nutrição Mineral, Cultivo sem Solo.

Production and quality of strawberry fertigated with nutrient solutions in the mountainous area of the Brazilian semi-arid region

ABSTRACT: Technological advances have allowed strawberry cultivation in different climatic conditions, but it still requires studies, mainly regarding genetic material and nutritional management. This work was carried out in a protected environment in the municipality of Portalegre/RN, with the objective of evaluating the performance of two strawberry cultivars (San Andreas and Albion) cultivated in two substrates (S1 – 50% humus + 25% vermiculite + 25% carbonized rice and S2 - 100% coconut fiber) and fertigated with four nutrient solutions with different electrical conductivities (1.3; 1.7; 2.0 and 2.4 dS m⁻¹), using a completely randomized design in a 2x2x4 factorial scheme, with three replications. The following variables were analyzed: number of fruits; average fruit mass; yield, fruit length; fruit diameter; format index; pulp firmness; soluble solids; pH; total acidity and maturation index. The San Andreas cultivar produces more fruits per plant and, consequently, entails higher yield under the experimental conditions. The highest yield of commercial fruits in the two studied cultivars was obtained using a nutrient solution of 2.0 dS m⁻¹. The substrate containing only coconut fiber proved to be more suitable for strawberry cultivation.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch.; Mineral nutrition, Soilless Cultivation.

INTRODUÇÃO

Uma das frutas mais populares do mundo, o morango (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), é produzido no Brasil em pouco mais de 4.500 ha, com produção anual de 165.440 toneladas, resultando em uma produtividade média de 36,8 t ha⁻¹ (Antunes et al., 2021).

Apesar de o morangueiro ser considerado uma cultura de clima subtropical a temperado, os avanços tecnológicos registrados nas últimas décadas, como o uso de cultivares de dias neutros, tem contribuído para a expansão das áreas cultivadas (Samtani et al., 2019).

De acordo com Andriolo et al. (2009), o êxito na produção de morango pode está relacionado com as variáveis ambientais, radiação solar, temperatura e umidade do ar, durante o período de produção das frutas, as quais mudam entre as diferentes regiões e com a época do ano.

O cultivo de morangueiro em substrato vem se tornando uma opção bastante utilizada pelos produtores, apresentando vantagens como alta produtividade e uso eficiente da água, com maior controle fitossanitário, quando comparado aos sistemas tradicionais (Sausen et al., 2020). Esse sistema de cultivo requer a adoção de solução nutritiva contendo os principais nutrientes essenciais para as plantas em quantidades e proporções adequadas (Andriolo et al., 2009).

Recentemente, alguns autores desenvolveram pesquisas com o cultivo do morangueiro na região do nordeste brasileiro, principalmente utilizando biofertilizantes (Lima et al., 2018; Santos et al., 2019). No entanto, esses estudos ainda são incipientes, necessitando de mais pesquisas para elaboração de manejo adequado para essa cultura na região, sobretudo quanto à escolha do material genético, sistema de cultivo e nutrição mineral.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o rendimento e a qualidade de frutos em duas cultivares de morangueiro na região serrana do semiárido brasileiro, utilizando diferentes substratos e soluções nutritivas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação), em uma propriedade rural localizada no município de Portalegre, RN (6°1'16,12" S e 37°58'54,35" O, altitude de 615 metros) (Anexo I).

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Köppen Geiger, é do tipo Aw' (tropical quente e úmido). A média pluviométrica é de 1.067 mm ano⁻¹ com distribuição unimodal e chuvas concentradas nos meses de janeiro a maio, com temperatura média anual de 24 °C (EMPARN, 2016). Durante o período experimental, coletaram-se os dados climáticos referentes à temperatura e umidade relativa do ar utilizando termohigrômetro digital. A temperatura máxima variou de 24,3 a 40,7 °C, enquanto a temperatura mínima variou de 17,1 a 22,3 °C, com temperatura média variando de 20,7 a 31,5 °C. A umidade relativa do ar variou de 30 a 78% com média de 49,8%.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x4, sendo duas cultivares de morango (C1 – San Andreas, C2 – Albion), dois substratos (S1 – 50% húmus + 25% vermiculita + 25% casca de arroz carbonizada e S2 – 100% fibra de coco) e quatro soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas, utilizando dois fertilizantes comerciais usados no cultivo de morangueiro (Tabela 1). Cada repetição foi representada por um slab contendo 10 plantas distribuídas em duas fileiras, espaçadas em 25x15 cm.

Tabela 1. Soluções nutritivas utilizadas no experimento

Soluções Nutritivas	Fração do recomendado	Produto comercial*	Volume para 1000 L	CE (dS m ⁻¹)
S1	1,25	Ferti Base	1,25	2,4
		Ferti Morango	1,875	
S2	1,00	Ferti Base	1,00	2,0
		Ferti Morango	1,50	
S3	0,75	Ferti Base	0,75	1,7
		Ferti Morango	1,125	
S4	0,50	Ferti Base	0,50	1,3
		Ferti Morango	0,75	

Ferti Base – N=5,0%; Ca= 6,0%; Fe=0,1%; Ferti Morango – N=3,2%; P=6,0%; K=10,0%; Mg=1,0%; S=5,99%.

As mudas de morangueiro de ambas as cultivares foram importadas da Espanha, adquiridas do viveiro California S.L. O experimento foi instalado no dia 05/03/2020, quando foi realizado o transplântio das plântulas de morangueiro. Durante os 15 primeiros dias após o transplântio, as mudas foram fertirrigadas com solução nutritiva de 50% da solução comercial recomendada pelo fabricante com CE = 1,3 dS m⁻¹.

A cultivar San Andreas (C1) apresenta frutos vermelho-claros, grandes e longos, boa firmeza e sabor, enquanto que a cultivar Albion (C2) apresenta frutos com coloração vermelho-brilhante, grandes e arredondados, com bom sabor e firmeza. Ambas as cultivares estudadas são originárias da Califórnia e indicadas para consumo *in natura* e possuem fotoperiodismo de dias neutros.

O sistema de irrigação usado foi o do tipo localizado por gotejamento, utilizando um sistema independente para cada solução nutritiva. Cada sistema foi composto de um reservatório (500 litros), um motobomba, linhas laterais com mangueiras de polietileno flexível (16 mm) e emissores do tipo microtubo espaguete, com diâmetro interno de 1,0 mm e 10 cm de comprimento e vazão média de 20 L h⁻¹. O controle da irrigação foi realizado por meio de um temporizador digital, programado para duas irrigações diárias, com duração de 2 minutos, tempo suficiente para saturar e lixiviar o substrato. A

fertirrigação foi realizada três vezes por semana com dois pulsos de 2 minutos por dia. Nos demais dias, realizou-se apenas irrigação com água.

O período de colheita foi de 20/07/2020 a 21/10/2020, decorrendo-se 93 dias de avaliação com três colheitas por semana (total de 28 colheitas nesse período). Os frutos foram colhidos quando apresentaram pelo menos 80% do epicarpo vermelho, exceto os frutos destinados a análises químicas, os quais deveriam ter 100% do epicarpo vermelho. Posteriormente eram classificados como comerciais e não comerciais, considerando como frutos no padrão comercial aqueles que apresentaram diâmetro transversal maior ou igual a 1,5 cm e ausência de danos mecânicos provocados por agentes bióticos ou abióticos (Anexo X). A análise de produção e qualidade dos frutos foi realizada apenas para os frutos comerciais, a partir das seguintes variáveis: número de frutos (NF), considerando apenas os frutos com padrão comercial (ausência de danos e diâmetro maior do que 1,5 cm); massa média do fruto (MMF), determinada utilizando uma balança de precisão, g fruto⁻¹; produção (PROD), determinada pela produção de frutos comerciais durante todo o experimento, g planta⁻¹; comprimento de fruto (CF), determinado utilizando uma régua graduada e medido no sentido longitudinal, cm; diâmetro de fruto (DF), utilizando paquímetro digital e medindo no sentido transversal, cm; e índice de formato (IF), determinado pela razão CF/DF (Anexo XI).

Avaliaram-se ainda as seguintes variáveis de qualidade pós-colheita: firmeza de polpa (FP), determinada utilizando penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico (ponteira de 4 mm de diâmetro), considerando a média de três leituras em cada fruto, Newton; sólidos solúveis (SS), utilizando refratômetro digital modelo PR-100 Palette (AttagoCo. Ltd., Japan), °Brix; pH, determinado utilizando potenciômetro de bancada e inserindo o eletrodo diretamente no suco; acidez total (AT), determinada

por titulometria utilizando solução de NaOH (0,1 N), expressa em % de ácido cítrico; índice de maturação (IM), determinado pela razão SS/AT (Anexo XII).

Os frutos comerciais foram classificados de acordo como o diâmetro transversal como: classe 1: $DF < 1,5$ cm; classe 1,5: $1,5 \leq DF < 3,0$; classe 3: $3,0 \leq DF < 4,5$ cm; classe 4,5: $DF \geq 4,5$ cm (FAEP, 2016).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e realizada análise de variância pelo teste F. As médias obtidas em cada tratamento referentes às cultivares e substratos foram comparadas entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Os dados obtidos em função da condutividade elétrica da solução nutritiva foram analisados por meio da análise de regressão, ajustando-se os modelos polinomiais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento de frutos

A interação tripla entre os fatores cultivares (C), substratos (S) e soluções nutritivas (SN) afetou as variáveis massa média de frutos (MMF) ao nível de 1% de probabilidade, bem como comprimento de fruto (CF) e diâmetro de fruto (DF) ao nível de significância de 5%. Enquanto que para as variáveis número de frutos (NF) e produção (PROD), observou-se efeito significativo isolado para os fatores C e SN ($p < 0,01$). O índice de formato (IF) foi afetado apenas pelo fator SN ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para variáveis de produção de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		NF	PROD	MMF	CF	DF	IF
C	1	14,55**	2631,74**	0,71ns	0,0068ns	0,01ns	0,0006ns
S	1	0,47ns	128,12ns	15,87**	0,20ns	0,20**	0,0018ns
SN	3	13,27**	1926,67**	2,67ns	0,15ns	0,04ns	0,0217*
C x S	1	0,27ns	342,19ns	0,38ns	0,03ns	0,002ns	0,0032ns
C x SN	3	3,08ns	481,11ns	4,31ns	0,17*	0,03ns	0,0156ns
S x SN	3	2,17ns	280,38ns	13,18**	0,20*	0,08*	0,0024ns
C x S x SN	3	2,80ns	480,62ns	13,14**	0,33**	0,09*	0,0147ns
Resíduo	32	1,47	191,82	1,74	0,05	0,02	0,0060
CV		15,19	15,24	15,04	7,49	6,14	6,11

Nota: SN – Solução nutritiva; S – Substrato; C – Cultivar; NF – Número de frutos; PROD – Produção; MMF – Massa média de frutos; CF – Comprimento de fruto; DF – Diâmetro de fruto; IF – Índice de formato. ns, *, ** = não significativo, e significativo em níveis de 5% e 1%, respectivamente.

O número de frutos (NF) e a produção (PROD) apresentaram resposta quadrática ao aumento da CE, independentemente da cultivar e do substrato utilizados, sendo os maiores valores obtidos na CE 2,0 dS m⁻¹ para as duas variáveis com PROD máxima de 101,2 g planta⁻¹ e 8,8 frutos por planta. Comparando esses valores com os obtidos na menor CE (1,3 dS m⁻¹), obtém-se aumentos de 36,5% e 38,3 para as variáveis NF e PROD, respectivamente (Figuras 1A e 1C). Ainda na Figura 1, verifica-se que a cultivar San Andreas apresentou maiores valores para ambas as variáveis, sendo superior em 17,7% para PROD (Figura 1B) e 15,0% para NF (Figura 1D).

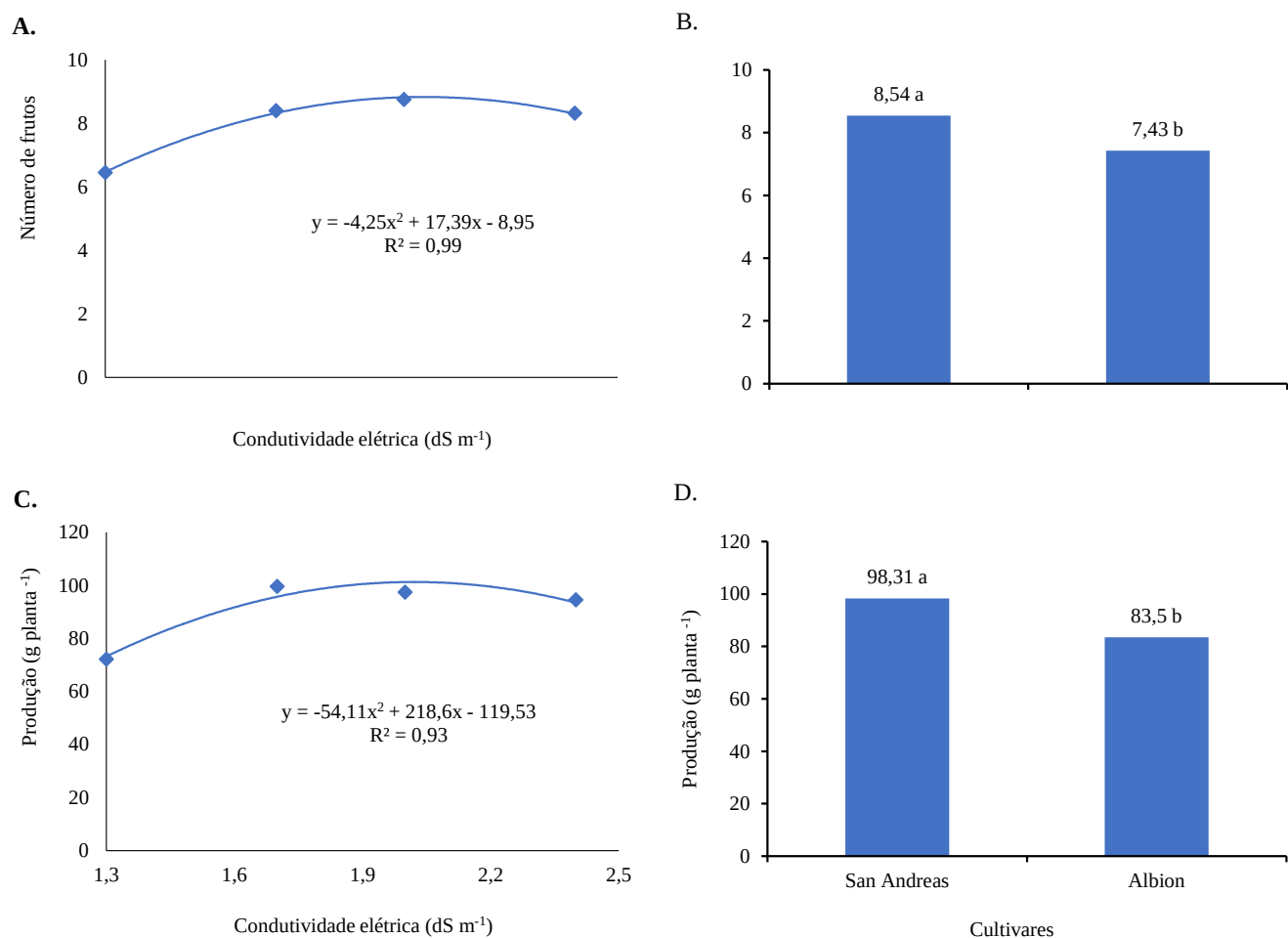


Figura 1: Número de frutos (A e B) e produção (C e D) de duas cultivares de morangueiro fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas

Apesar da maior produção de frutos ter ocorrido com a CE 2,0 dS m⁻¹ (Figura 1C), percebe-se que houve pouco ganho percentual (5,74%) em relação à produção obtida com a CE 1,7 dS m⁻¹ (95,71 g planta⁻¹). Dessa forma, para as condições experimentais, a adoção da solução nutritiva com CE de 1,7 dS m⁻¹ possibilita uma economia de 25% de fertilizantes, sem que ocorra perda significativa na produção.

A semelhança observada na resposta para as variáveis número de fruto e produção evidencia a existência de uma correlação direta entre ambas (Diel et al., 2018). Resultados semelhantes foram observados por Portela et al. (2012), os quais também observaram resposta quadrática para as duas variáveis e valores máximos estimados

para CEs entre 1,5 e 2,0 dS m⁻¹, bem próximo aos identificados neste estudo. Andriolo et al. (2009) verificaram redução na produção de frutos com o aumento da CE, no entanto esses autores utilizaram solução nutritiva de CE até 3,7 dS m⁻¹.

O decréscimo no número de fruto e, conseqüentemente, na produção ocorrido nas maiores CEs pode estar relacionado ao estresse salino constituído no substrato devido ao acúmulo de fertilizantes, confirmando que o morangueiro é considerado uma espécie sensível à salinidade (Karlidag et al., 2009). De acordo com Giménez *et al.* (2008) os limites de condutividade elétrica das soluções nutritivas considerados mais favoráveis à produtividade e à qualidade dos morangos são de 1,4 a 1,8 dS m⁻¹ em cultivo com substrato.

Tabela 3. Massa média de frutos, comprimento e diâmetro de frutos em cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas

Cultivares	Substratos	CE (dS m ⁻¹)				Equações de Regressão	R ²
		1,3	1,7	2,0	2,4		
Massa média do fruto (g fruto ⁻¹)							
San Andreas	S1	7,51 Aa	10,27 Aa	7,47 Bb	8,41 Aa	y (C1S1) = -3,41x + 16,10	0,81
	S2	9,30 Aa	8,43 Aa	12,35 Aa	7,88 Aa	y (C1S2) = 3,2x + 2,31	0,96
Albion	S1	11,39 Aa	7,47 Ba	10,30 Aa	7,69 Aa	y (C2S1) = -13,98x ² + 52,31x - 37,28	0,89
	S2	10,97 Aa	6,75 Aa	7,35 Bb	8,68 Aa	y (C2S2) = 8,17	---
Comprimento de fruto (cm)							
San Andreas	S1	3,10 Aa	3,20 Aa	3,36 Aa	3,26 Aa	y (C1S1) = 3,23	---
	S2	3,09 Aa	3,47 Aa	3,06 Aa	2,59 Bb	y (C1S2) = -1,52x ² + 6,13x - 2,85	0,91
Albion	S1	3,31 Aa	2,86 Aa	3,01 Aa	2,62 Ba	y (C2S1) = 0,5492x + 1,93	0,78
	S2	3,01 Aa	2,98 Ba	2,81 Aa	2,98 Aa	y (C2S2) = 2,95	---
Diâmetro de fruto (cm)							
San Andreas	S1	2,32 Aa	2,55 Aa	2,64 Aa	2,51 Aa	y (C1S1) = 2,51	---
	S2	2,25 Aa	2,67 Aa	2,48 Aa	2,29 Aa	y (C1S2) = -1,09x ² + 4,04x - 1,15	0,83
Albion	S1	2,21 Aa	2,38 Aa	2,33 Ba	2,24 Ba	y (C2S1) = 2,29	---
	S2	2,32 Aa	2,28 Ba	2,25 Aa	2,38 Aa	y (C2S2) = 2,31	---

Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Para a massa média de frutos (MMF), verificou-se que a cultivar San Andreas foi superior no substrato S1 na CE $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ e no substrato S2 na CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto a cultivar Albion foi superior no substrato S1 na CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. A MMF diferiu entre os substratos apenas na CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo o substrato S2 superior para a cultivar San Andreas e inferior para a cultivar Albion (Tabela 3).

El-Sayed et al. (2016), trabalhando com substrato à base de perlita e materiais orgânicos, verificaram maior número de frutos em plantas cultivadas em substratos com menor teor de vermicomposto. Esses autores atribuem esse efeito à menor capacidade de compactação do substrato, assim como o observado nesse estudo. Dessa forma, considera-se que o substrato S1, que na sua composição contém húmus de minhoca, pode proporcionar maior acúmulo de sais em razão da menor capacidade de drenagem. Assim, um bom substrato deve apresentar balanço ideal entre capacidade para retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes (Diel et al., 2021).

O aumento da CE afetou a MMF para ambas as cultivares e o efeito variou de acordo com o substrato utilizado. Na cultivar Albion, ocorreu redução linear na MMF com o aumento da CE, de forma que a maior MMF ocorreu na solução menos concentrada ($11,7 \text{ g fruto}^{-1}$) e reduziu para $7,9 \text{ g fruto}^{-1}$ na solução mais concentrada, resultando em perda total de 32,15%. No substrato S2, houve comportamento contrário, ocorrendo aumento linear na MMF em resposta ao incremento da CE, sendo obtida a máxima MMF na CE $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ ($10,0 \text{ g fruto}^{-1}$), o que representa um aumento de 54,40% em comparação com o valor obtido na CE de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Para a cultivar Albion, houve resposta significativa às SN apenas no substrato S1, no qual ocorreu resposta quadrática e o maior valor obtido na CE $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ ($11,6 \text{ g fruto}^{-1}$). Este equivale ao incremento de 64,2% em comparação com a MMF obtida na menor CE (Tabela 3).

O efeito do substrato na resposta das cultivares ao aumento da CE foi mais evidente na cultivar San Andreas, na qual o substrato S1, por conter húmus de minhoca, pode ter ocasionado maior acúmulo de sais e com isso o aumento da CE (El-Sayed et al., 2016), ocorrendo redução na absorção de água e nutrientes pelas plantas e, consequentemente, na massa do fruto. O contrário ocorreu no substrato S2, o qual é composto somente de fibra de coco e possibilita maior drenagem da solução e menos acúmulo de sais.

O comprimento de frutos (CF) diferiu entre as cultivares de acordo com o substrato e a CE utilizada. A cultivar San Andreas foi superior quando cultivada no substrato S1 e solução nutritiva de CE $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, assim como no substrato S2 com a solução $2,4 \text{ dS m}^{-1}$. Por outro lado, a cultivar Albion foi superior quando cultivada no substrato S2 para a solução nutritiva $2,4 \text{ dS m}^{-1}$. O CF foi afetado pelos substratos apenas na cultivar San Andreas utilizando fertirrigação com a CE de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, na qual o substrato S1 foi superior (Tabela 3).

O maior CF obtido no substrato S1, quando se utilizou a solução nutritiva mais concentrada, provavelmente ocorreu devido à maior disponibilidade de nutrientes provenientes do húmus presente nesse substrato. No entanto, conforme observado, para a variável MMF, não houve efeito do substrato para a mesma CE ($2,4 \text{ dS m}^{-1}$). Isso indica que o efeito do substrato nessa condição aumentou apenas o crescimento do fruto em relação ao seu comprimentos e não o peso do fruto como um todo.

As soluções nutritivas afetaram a variável CF para ambas as cultivares, sendo o efeito variável de acordo com o substrato usado. Na cultivar San Andreas, houve resposta significativa quando a mesma foi cultivada no substrato S2, em que houve efeito quadrático e o maior CF ocorreu na CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (3,3 cm). Para a cultivar Albion, o aumento da CE provocou incremento linear no CF, de forma que o maior valor foi obtido na CE $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (3,25 cm). Esses valores correspondem ao incremento

de 30,6 e 22,9% em comparação com os obtidos na CE de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, para as cultivares San Andreas e Albion, respectivamente. Não houve efeito significativo da CE sobre o CF para a cultivar San Andreas no substrato S1 (3,23 cm) e na cultivar Albion no substrato S2 (2,95 cm) (Tabela 3).

O aumento do CF observado na cultivar San Andreas para o substrato S2 e na cultivar Albion para o substrato S1, em resposta ao aumento da CE, pode ser um indicativo de que a cultivar Albion seja mais exigente em nutrientes no tocante a essa variável, uma vez que foi necessária a solução mais concentrada para atingir o máximo comprimento. Além disso, também pode ser indicativo de que essa cultivar seja mais tolerante à salinidade do meio (Gallace et al., 2017; Ferreira et al. 2019).

As cultivares diferiram entre si para o diâmetro de fruto (DF) quando foram fertirrigadas com a solução nutritiva com CE $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ no substrato S2 e CEs 2,0 e $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ no substrato S1, nos quais a cultivar San Andreas foi superior. Não houve efeito do substrato sobre o DF para nenhuma das cultivares, independentemente da solução nutritiva utilizada (Tabela 3).

As soluções nutritivas afetaram o DF apenas na cultivar San Andreas para o substrato S2, sendo os dados ajustados ao modelo quadrático. O maior DF foi obtido para a CE $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ (2,59 cm), equivalendo ao aumento de 14,7% em relação ao DF obtido na solução de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, em que se obteve DF de 2,25 cm (Tabela 3).

Esses resultados assemelham-se, em parte, aos apresentados por Becker et al. (2020), os quais verificaram pouca variação no DF nas cultivares San Andreas e Albion. Esses autores também observaram que o DF pode ser afetado pelas soluções nutritivas, apresentando aumento com o incremento de nutrientes.

Em estudo desenvolvido por Tohidloo et al. (2018) com três cultivares (Camarosa, Selva e Parus) em sistema hidropônico e variando concentrações de potássio, os autores

constatarem respostas variadas à nutrição mineral, de acordo com a cultivar analisada, semelhante aos resultados obtidos neste estudo. González-Jiménez et al. (2020), trabalhando com a cultivar Festival, não verificaram efeito da condutividade elétrica sobre o DF.

Conforme a classificação de frutos do morangueiro proposta pela CEAP (2016), todos os tratamentos utilizados proporcionaram frutos classificados como do tipo classe 1,5, ou seja, com DF variando de 1,5 a 3,5 cm.

O índice de formato do fruto (IF) aumentou linearmente com o incremento da CE da solução nutritiva, variando de 1,2 a 1,3, para as CEs 1,3 e 2,4 dS m⁻¹, ocorrendo aumento de 8,6% (Figura 2). Como os frutos apresentaram IF maior que 1, podem ser classificados quanto ao formato como cônico-alongados, mantendo o padrão de formato dos frutos de ambas as cultivares (Schwengber et al., 2016).

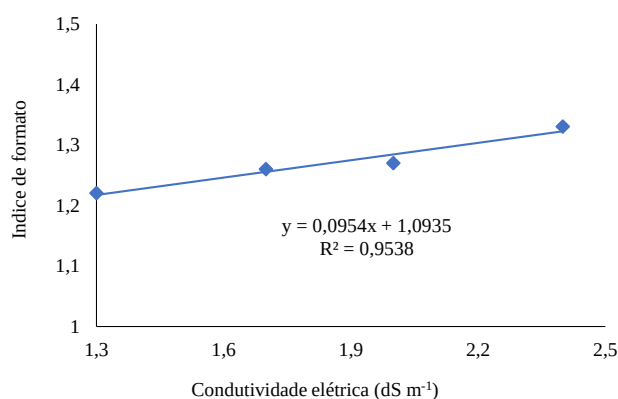


Figura 2. Índice de formato de frutos de morangueiro fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.

Como o IF representa a razão CF/DF, o aumento desse índice indica que o efeito da solução nutritiva favoreceu mais o desenvolvimento do fruto no comprimento em relação ao diâmetro. Esses resultados diferem, em parte, dos apresentados por González-Jiménez et al. (2020), os quais não verificaram efeito da CE variando de 2,0 a

2,7 sobre o IF. No entanto, vale destacar que esses trabalhos com outros materiais genéticos podem divergir quanto à resposta ao CE da solução nutritiva.

Qualidade pós-colheita

As variáveis sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foram afetadas pela interação tripla CxSxSN ($p < 0,01$), bem como o pH dos frutos ($p < 0,05$). A firmeza de polpa (FP) não foi afetada pelos fatores utilizados, tanto isolados quanto para a interação entre eles ($p > 0,05$). O índice de maturação foi afetado ($p < 0,05$) pela interação dupla entre os fatores CxS, também pelo fator SN de forma isolada ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para variáveis de qualidade física pós-colheita de cultivares de morangueiros cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		FP	SS	pH	AT	IM
C	1	0,09ns	9,53**	0,0008ns	0,064**	1,02ns
S	1	0,65ns	0,54ns	0,0019ns	0,003ns	1,08ns
SN	3	0,13ns	2,56**	0,0040ns	0,011ns	1,32**
C x S	1	0,06ns	1,02ns	0,0243**	0,003ns	1,52*
C x SN	3	0,21ns	0,65ns	0,0023ns	0,014*	0,66ns
S x SN	3	0,21ns	1,54*	0,0030ns	0,012ns	0,61ns
C x S x SN	3	0,19ns	2,58**	0,0063*	0,026**	0,49ns
Resíduo	32	0,23	0,39	0,0018	0,005	0,28
CV		20,05	7,20	1,31	6,16	6,68

Nota: SN – Solução nutritiva; S – Substrato; C – Cultivar; FP – Firmeza do fruto; SS – Sólidos solúveis; pH; AT – Acidez total; IM – Índice de maturação. ns,*,** = não significativo, e significativo em níveis de 5% e 1%, respectivamente.

Conforme apresentado anteriormente, a firmeza da polpa (FP) não foi afetada por nenhum dos fatores estudados, obtendo-se FP média de 2,44 N. Becker et al. (2020),

trabalhando com as mesmas cultivares deste estudo verificaram FP variando de 0,48 a 0,69 N, enquanto Pinheiro et al. (2021) observaram FP variando entre 2,6 à 8,1 N. A grande discrepância entre esses valores pode ser atribuída, além das condições ambientais e de cultivo, ao aparelho utilizado, principalmente o diâmetro da ponteira.

O teor de sólidos solúveis (SS) diferiu entre as cultivares para as soluções 1,3 e 1,7 dS m⁻¹, no substrato S1, sendo a cultivar Albion superior. Por outro lado, a cultivar San Andreas foi superior na CE 2,0 dS m⁻¹, também no substrato S1. Houve efeito do substrato na SS apenas na cultivar San Andreas, na qual o substrato S1 foi superior nas CEs 1,3 e 2,0 dS m⁻¹, mas foi inferior na CE 1,7 dS m⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro cultivados em dois substratos fertirrigados com soluções nutritivas de diferentes condutividades elétricas

Cultivares	Substratos	CE (dS m ⁻¹)				Equações de Regressão	R ²
		1,3	1,7	2,0	2,4		
Sólidos Solúveis (° Brix)							
San Andreas	S1	8,14 Ba	6,90 Bb	9,44 Aa	8,76 Aa	y (C1S1) = -5,07x ² + 19,28x - 8,92	0,94
	S2	6,82 Ab	8,99 Aa	8,60 Ab	8,51 Aa	y (C1S2) = 8,91	---
Albion	S1	8,59 Aa	8,83 Aa	8,68 Ba	9,54 Aa	y (C2S1) = -4,04x ² + 16,27x - 7,41	0,88
	S2	9,22 Aa	9,17 Aa	10,02 Aa	9,24 Aa	y (C2S2) = 9,41	---
pH							
San Andreas	S1	3,30 Aa	3,24 Aa	3,28 Aa	3,28 Aa	y (C1S1) = 3,28	---
	S2	3,21 Ba	3,28 Aa	3,19 Bb	3,19 Ba	y (C1S2) = 3,24	---
Albion	S1	3,28 Aa	3,23 Aa	3,19 Bb	3,25 Aa	y (C2S1) = 3,22	---
	S2	3,32 Ab	3,24 Aa	3,29 Aa	3,24 Aa	y (C2S2) = 3,27	---
Acidez Titulável (% de ácido cítrico)							
San Andreas	S1	1,17 Aa	1,11 Aa	1,07 Aa	0,95 Ab	y (C1S1) = 0,20x + 0,71	0,96
	S2	1,24 Aa	1,08 Ba	1,13 Aa	1,20 Aa	y (C1S2) = 0,41x ² - 1,50x + 2,46	0,89
Albion	S1	1,15 Aa	1,05 Ab	1,09 Aa	1,01 Ab	y (C2S1) = 1,08	---
	S2	1,05 Ba	1,20 Aa	1,14 Aa	1,13 Aa	y (C2S2) = 1,13	---

Médias seguidas com a mesma letra, maiúscula entre cultivares em cada substrato e minúscula entre substratos para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Outros autores têm constatado que a cv. Albion tem maior SS do que a cv. San Andreas (Gabriel et al., 2019; Becker et al., 2020; Pinheiro et al., 2021). No entanto, os teores de açúcares nos frutos são influenciados por vários fatores ambientais

O aumento da CE afetou o SS nas duas cultivares de morangueiro quando cultivadas no substrato S1, sendo os dados ajustados ao modelo quadrático para ambas as cultivares. Os maiores valores foram obtidos nas CEs $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ na cultivar San Andreas ($9,4^\circ\text{Brix}$) e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ na cultivar Albion ($8,9^\circ\text{Brix}$). Comparando esses valores com os obtidos na menor CE, ocorreram aumentos de 24,2 e 29,7% para as cultivares San Andreas e Albion, respectivamente (Tabela 5).

Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Portela et al. (2012), os quais também observaram resposta quadrática para o SS em morangueiro e obtiveram maiores valores para CE entre $1,7$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Bidaki et al. (2019) também verificaram aumento da qualidade do fruto em resposta ao incremento da concentração de nutrientes na solução nutritiva. O aumento do teor de sólidos solúveis, que está relacionado com quantidade de açúcares e, conseqüentemente, o sabor dos frutos, confere maior qualidade ao produto (Nunes & Novello, 2021).

O pH dos frutos diferiu entre as cultivares e variou de acordo com o substrato utilizado. A cultivar San Andreas foi superior quando cultivada no substrato S1 e fertirrigada com solução nutritiva de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Por outro lado, a cultivar Albion foi superior para o substrato S2 nas soluções com CE $1,3$; $2,0$ e $2,4 \text{ dS m}^{-1}$. Na cultivar San Andreas, houve diferença entre os substratos apenas para a CE $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, com maior valor ocorrendo no substrato S1. Para a cultivar Albion, os substratos diferiram nas CEs $1,3$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo o substrato S1 superior na primeira e inferior na segunda CE. Não houve efeito da solução nutritiva sobre o pH para nenhuma das cultivares, independentemente do substrato utilizado (Tabela 5).

O morango é uma fruta naturalmente ácida ($\text{pH} < 6$) devido à presença de ácidos orgânicos, que podem variar de acordo com o tipo de cultivar (Liu et al., 2016). Segundo Oliveira et al. (2015), morangos com pH menos ácido (> 3) são sensorialmente melhor aceitos por apresentarem baixa acidez. Assim, todos os tratamentos proporcionaram a produção de frutos aceitáveis pelos consumidores, a partir desse parâmetro de qualidade.

A acidez titulável (AT) diferiu entre as cultivares nas soluções nutritivas com CEs 1,3 e 2,0 dS m^{-1} . Na menor CE, a cultivar Albion foi superior quando se utilizou o substrato S2, mas foi inferior no substrato S1, utilizando fertirrigação com solução nutritiva de 2,0 dS m^{-1} . Os substratos afetaram a AT dos frutos na cultivar San Andreas apenas na solução com CE 2,4 dS m^{-1} , sendo o substrato S2 superior. Para a cultivar Albion, houve diferença para os substratos nas CEs 1,7 e 2,4 dS m^{-1} , em que o substrato S2 foi superior para ambos os casos (Tabela 5).

Esses resultados mostram que a AT dos frutos do morangueiro é afetada pelo genótipo, assim como pelo meio de cultivo e concentração de nutrientes da solução nutritiva, confirmando os resultados apresentados por outros autores (Becker et al., 2020; Schiavon et al., 2021).

As soluções nutritivas afetaram a AT apenas nos frutos da cultivar San Andreas, ocorrendo resposta linear para o substrato S1 e quadrática para o substrato S2. No substrato S1, o aumento da CE proporcionou incremento na AT, de forma que o maior valor foi obtido na solução mais concentrada (1,19% de ácido cítrico). Esse resultado equivale ao aumento de 22,7% em comparação com a AT obtida na menor CE (0,97% de ácido cítrico). Para o substrato S2, o aumento da CE proporcionou redução na AT até nível 1,8 dS m^{-1} (1,08% ácido cítrico) e aumentou a partir deste, de forma que na maior

CE obteve-se 1,22% de ácido cítrico, valor bem próximo ao obtido na menor CE (Tabela 5).

Na literatura, encontram-se resultados divergentes quanto ao efeito da CE sobre a acidez titulável de frutos de morangueiro. Portela et al. (2012), trabalhando com a cultivar Camarosa em sistema hidropônico NFT, não observaram efeito da CE da solução nutritiva sobre a acidez titulável e obtiveram valor médio de 0,96% de ácido cítrico. Saied et al. (2005) também verificaram que as cultivares de morango respondem de forma diferente à CE da solução nutritiva, semelhante ao encontrado nesta pesquisa.

O índice de maturação (IM) foi afetado de forma quadrática pelo incremento na CE da solução nutritiva, sendo o maior valor (8,2) obtido na CE 2,0 dS m⁻¹. Esse valor corresponde ao aumento de 9,3% em comparação com o obtido na menor CE 7,5 (Figura 3A).

Em estudo desenvolvido por Becker et al. (2020), os autores também não verificaram interação entre cultivares e solução nutritiva, entretanto identificaram aumento no IM em soluções mais concentradas. Como o IM representa a razão SS/AT, o aumento desse índice indica que o efeito do aumento da CE é mais favorável ao teor de sólidos solúveis do que à acidez total.

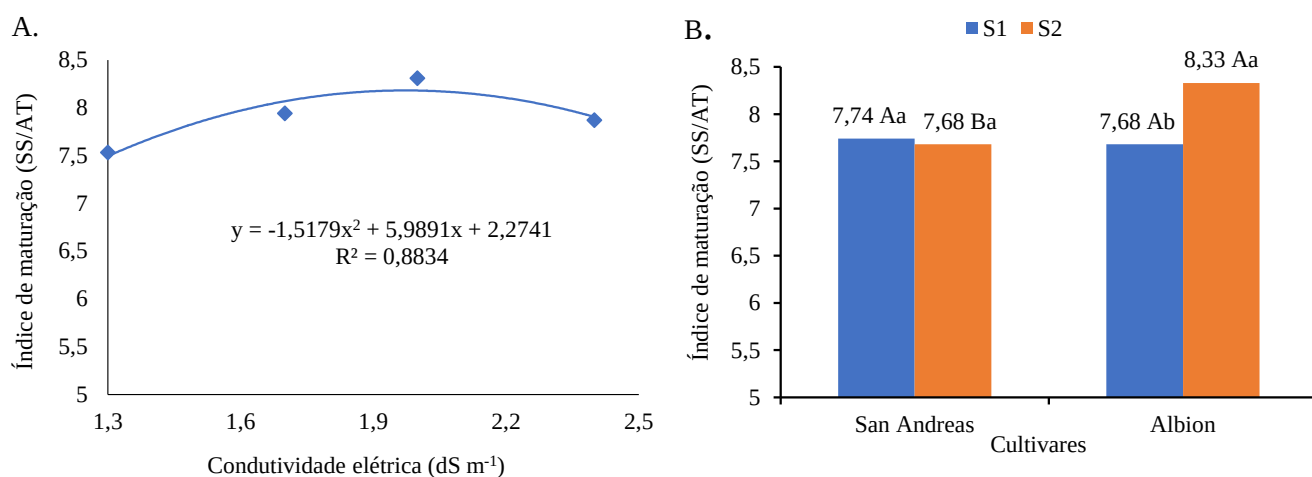


Figura 3. Índice de maturação em frutos de morangueiro em função da concentração de nutriente (A) em duas cultivares e dois substratos (B)

As cultivares diferiram quanto ao IM apenas para o substrato S2, no qual a cultivar Albion foi superior em 8,5%. Com relação aos substratos, verificou-se diferença significativa apenas na cultivar Albion, sendo o substrato S2 superior em 8,5% (Figura 3B).

Esses resultados corroboram com os encontrados por Becker et al. (2020), os quais trabalhando com as mesmas cultivares utilizadas neste estudo, verificaram maior IM na cultivar Albion. Esses autores encontraram valores de IM variando de 6,4 a 8,6, valores próximos aos obtidos nesta pesquisa. Já Schiavon et al. (2021), testando soluções nutritivas nas cultivares Camarosa e Aromas, obtiveram IM variando de 8,2 a 11,7.

Essa variação do IM evidencia que existe grande variabilidade entre os genótipos de morangueiro, tanto para o teor de sólidos solúveis quanto para a acidez (Gabriel et al., 2019; Nunes et al., 2021; Pinheiro et al., 2021). Além da variabilidade genética, as concentrações de SS e AT em morangos estão relacionadas às reações dos genótipos com fatores externos. De acordo com Liu et al. (2016), alguns genótipos são mais sensíveis a temperaturas elevadas ($> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante o cultivo, podendo aumentar a frequência respiratória da fruta, o que reduz o teor de SS e aumenta a AT, o que pode explicar a elevada AT dos frutos obtidos neste estudo.

O índice de maturação é muito utilizado como critério subjetivo de avaliação do sabor, assim é interessante que esse índice apresente valores elevados, já que ela indica haver mais açúcares do que ácidos. O sabor doce levemente acidificado é proveniente da combinação entre os ácidos e os açúcares presentes no fruto (Boonyakiat et al., 2016).

CONCLUSÕES

1. A cultivar San Andreas produz mais frutos comerciais e, conseqüentemente, maior produção nas condições experimentais.
2. A maior produção de frutos comerciais nas duas cultivares estudadas foi obtida utilizando solução nutritiva com CE variando entre 1,7 e 2,0 dS m⁻¹.
3. O substrato contendo apenas fibra de coco mostrou-se mais adequado para o cultivo de morangueiro.

REFERÊNCIAS

- Andriolo, J. L.; Janisch, D. I.; Shimitt, O. J.; Vaz, M. A. B.; Cardoso, F. L.; Erpen, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutos do morangueiro. *Ciência Rural*, v.39, p.684-690, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008>
- Antunes, L. E. C.; Bonow, S.; Junior, C. R. Morango, crescimento constante em área e produção. *Campo & Negócios, Anuário HF*, v.1, p.87-90, 2021.
- Becker, T. B.; Schiavon, A. V.; Delazeri, E. E.; Antunes, L. E. C. Qualidade de morangos em cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas. *Scientia Rural*, v.22, p.1-17, 2020.
- Bidaki, S.; Tehranifar, A.; Khorassani, R. Temporary increase of the concentration of nutrient solution in soilless culture improves strawberry quality. *Journal of Plant Nutrition*, v.42, p.1505-1515, 2019. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1628979>
- Boonyakiat, D.; Chuamuangphan, C.; Maniwar, P.; Seehanam, P. Comparison of physico-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages. *International Food Research Journal*, v.23, p.2405-2412, 2016.

- Diel, M. I.; Lúcio, A. D.; Sari, B. G.; Olivoto, T.; Pinheiro, M. V. M.; Kryszum, D. K.; Melo, P. J.; Schmidt, D. Behavior of strawberry production with growth models: a multivariate approach. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.43, e47812, 2021. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.47812>
- Diel, M. I.; Pinheiro, M. V. M.; Cocco, C.; Caron, B. O.; Fontana, D. C.; Meira, D.; Thiesen, L. A.; Schmidt, D. Yield and quality performance of italian and american strawberry genotypes in Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v.10, p.139-147, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p139>
- El-Sayed, S. F.; Hassan, H. A.; Abul-Soud, M.; Gad, D. A. M. Effect of diferente substrate growth, mineral contente, production and fruit quality of strawberry. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, v.43, p.1919-1938, 2016.
- EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Caracterização meteorológica, 2016. in: <<http://meteorologia.emparn.rn.gov.br>>. Acessado em: Jun. 2021.
- FAEP – Federação da agricultura do estado do Paraná. Classificação de morango, 2016. In <<http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/frutas/morango.htm>> Acessado em: Jan. 2022.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, p.109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Ferreira, J. F. S.; Liu, X.; Suarez, D. L. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. *Scientia Horticulturae*, v.243, p.400-410, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.016>
- Franco, E. O.; Uliana, C.; Lima, C. S. M. Características físicas e químicas de morango ‘San Andreas’ submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de

- plantio e meses de avaliação. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v.18, p.115-120, 2017.
- Gabriel, A.; Resende, J. T. V.; Zeist, A. R.; Resende, L. V.; Resende, N. C. V.; Zeist, R. A. Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruit. *Horticultura Brasileira*, v.37, p.075-081, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190112>
- Gallace, N.; Boonen, M.; Lieten, P.; Bylemans, D. Condutividade elétrica da solução nutritiva: implicações para o florescimento e a produção em cultivares de dia neutro. *Acta Horticulturae*, v.1156, p.223-228, 2017. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.34>
- Giménez, G.; Andriolo, J. L.; Godoi, R. Cultivo sem solo do morangueiro. *Ciência Rural*, v.38, p.273-279, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048>
- González-Jiménez, S. L.; Castillo-González, A. M.; García-Mateos, M. R.; Valdez-Aguilar, L. A.; Ybarra-Moncada, C.; Avitia-García, E. Respuesta de fresa cv. Festival a la salinidad. *Revista Fitotecnia Mexicana*, v.43, p.53-60, 2020. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.53>
- Karlidag, H.; Yildirim, E.; Turan, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*, v.66, p.180-187, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000200006>.
- Lima, F. A.; Viana, T. V. A.; Sousa, G. G.; Correia, L. F. M.; Azevedo, B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, p.381-388, 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180043>
- Liu, L.; Ji, M. L.; Chen, M.; Sun, M. Y.; Fu, X. L.; Li, L.; Gao, A. S.; Zhu, C.Y. The flavour and nutritional characteristic of four strawberry varieties cultured in soilless

- system. Food Science and Nutrition, v.4, p. 858-868, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.346>
- Nunes, G.; Novello, D. Morango (*fragaria* x *ananassa* DUCH.): produtividade, composição química, nutricional e sensorial. Revista Valore, v.6, e-6002, 2021.
- Nunes, G.; Teixeira, F.; Schwarz, K.; Camargo, C. K.; Resende, J. T. V.; Santos, E. F.; Franco, B. C.; Novello, D. Influence of genetic variability on the quality of strawberry cultivars: sensorial, physical-chemical and nutritional characterization. Acta Scientiarum. Agronomy, v.43, e46862, 2021.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.46862>.
- Oliveira, A.; Gomes, M. H.; Alexandre, E. M. C.; Poças, F.; Almeida, D. P. F.; Pintado, M. Phytochemicals preservation in strawberry as affected by pH modulation. Food Chemistry, v.170, p.74-83, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.156>.
- Pinheiro, D. F.; Resende, J. T. V.; Constantino, L. V.; Hata, F. T.; Hata, N. N. Y.; Lustosa, S. B. C. Physical, biochemical, and sensory properties of strawberries grown in high-altitude tropical climate. Ciência & Agrotecnologia, v.45, e008221, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145008221>
- 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, p.266-273, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200014>
- Saied A. S.; Keutgen, A. J.; Noga, G. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. ‘Elsanta’ and ‘Korona. Scientia Horticulturae, v.103, p.289-303, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.015>
- Samtani, J. B.; Rom, C. R.; Friedrich, H.; Fennimore, S. A.; Finn, C. E.; Petran, A.; Wallace, R. W.; Pritts, P. P.; Fernandez, G.; Chase, C. A.; Kubota, C.; Bergefurd, B.

The status and future of the strawberry industry in the United States. HortTechnology, v.29, p.1-14, 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04135-18>

Santos, E. M.; Viana, T. V. A.; Sousa, G. G.; Azevedo, B. M.; Moraes, J. G. L. Produtividade e qualidade de frutos de morangueiro adubados com biofertilizante bovino. Revista Caatinga, v.32, p.16-26, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n103rc>

Sausen, D; Ferreira, C. R. L.; Lopes, S. C. D.; Marques, L. P.; Souza, A. J. M.; Alves, E. C. G. A.; Patrocínio, E. S. A.; Cordeiro, K. A. S. 2020. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. Brazilian Journal of Development 6: 14888-14903.

Schiavon, A. V.; Delazeri, E. E.; Becker, T. B.; Vizzotto, M.; Cantillano, R. F. F.; Antunes, L. E. C. Qualidade físico-química de morangos produzidos em sistema de cultivo sem solo, a partir de mudas produzidas com diferentes soluções nutritivas. Scientific Electronic Archives, v.13, p.37-44, 2021. <http://dx.doi.org/10.36560/14720211316>

Schwengber, J. E.; Martins, D. S.; Strassburger, A. S.; Watthier, M. Produção de base ecológica. In: Antunes, L. A. C.; Reisser Júnior, C.; Schwengber, J. E. Morangueiro. Brasília, DF: Embrapa hortaliça, 2016. p.343-360.

Tohidloo, G.; Souri, M. K.; Eskandarpour, S. Growth and fruit biochemical characteristics of three strawberry genotypes under diferente potassium concentrations of nutriente solution. Open Agriculture, v.3, p.356-362, 2018. <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0039>

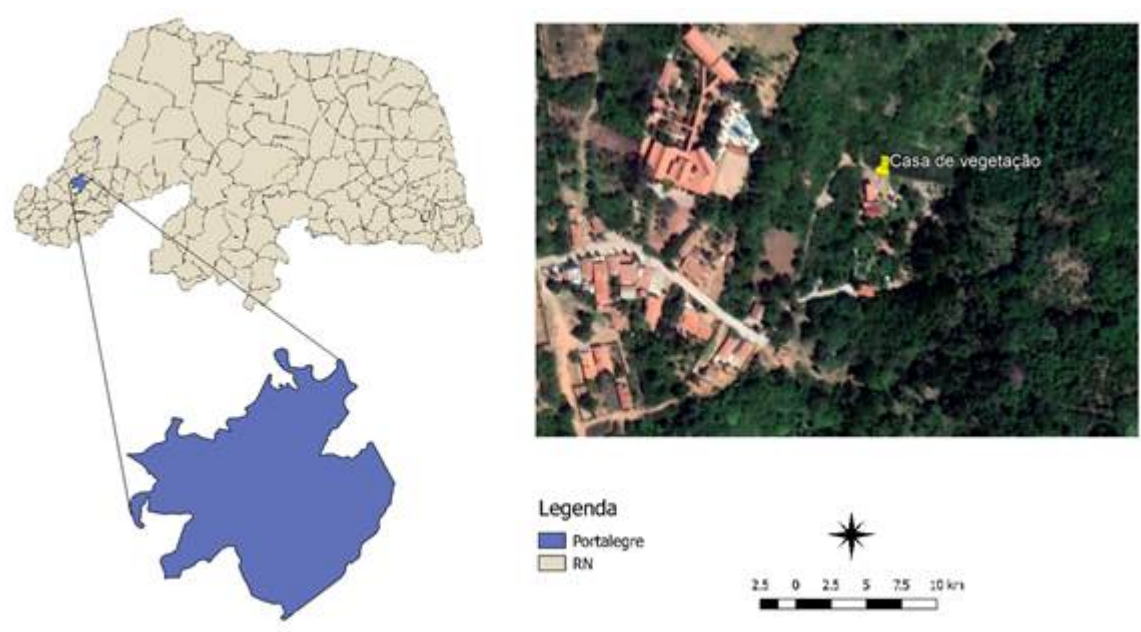
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta pesquisa, constatou-se a viabilidade técnica do cultivo de morangueiro na região serrana do semiárido brasileiro com produção de frutos com qualidade físico-química atendendo aos padrões comerciais.

Apesar dos resultados satisfatórios, outros estudos são necessários a fim de se determinar o manejo adequado que possibilite o máximo desempenho destas e de outras cultivares.

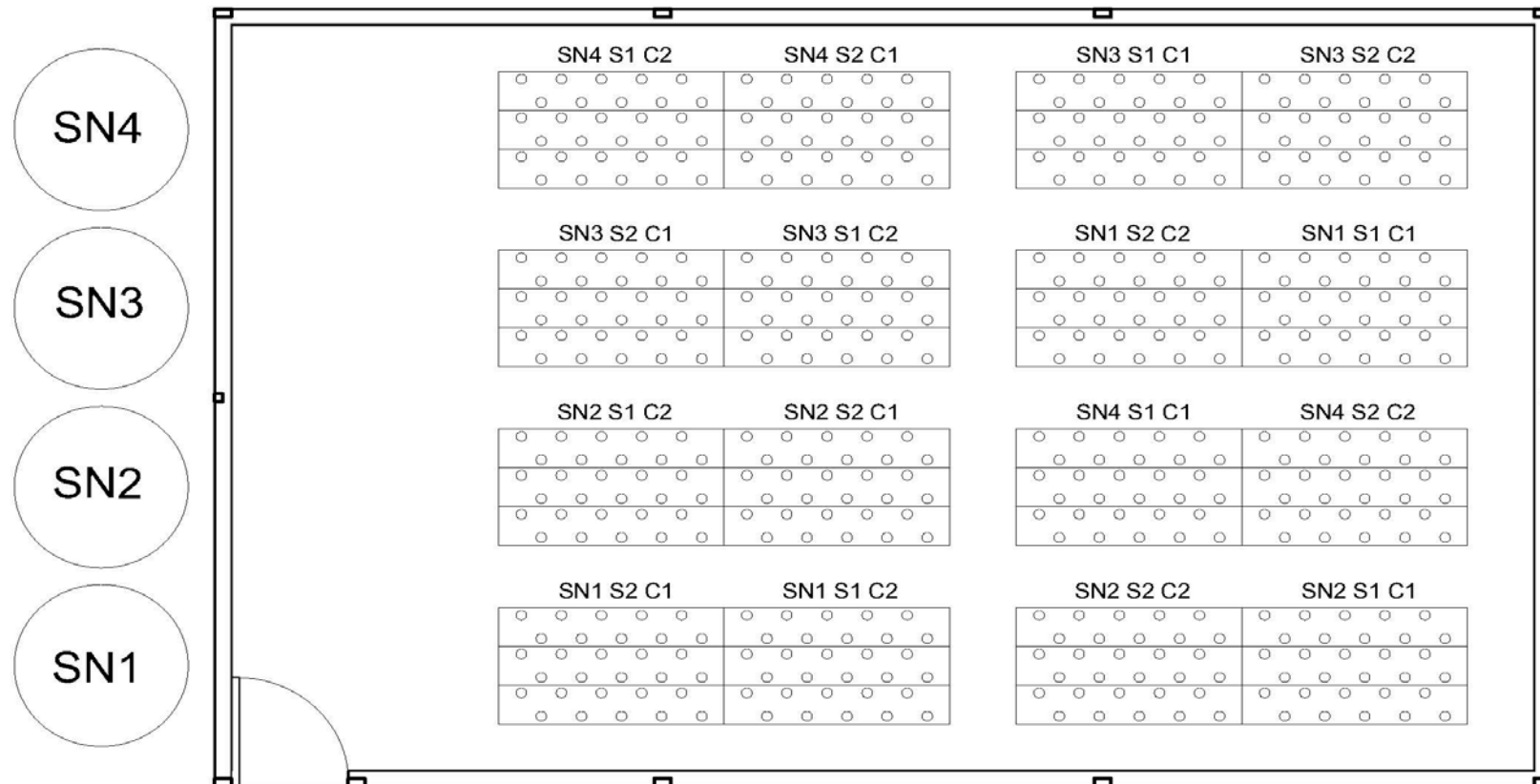
Anexos

Anexo I - Ilustração da localização da área experimental onde foi instalado o ensaio do presente documento, zona rural do município de Portalegre/RN.



Anexo II - Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e respectivos tratamentos. Autoria própria (2019).

MAPA DO EXPERIMENTO



LEGENDA:

SN1 - 2,4 dS m⁻¹
 SN2 - 2,0 dS m⁻¹
 SN3 - 1,7 dS m⁻¹
 SN4 - 1,3 dS m⁻¹

S1 - Substrato 50% húmus + 25% vermiculita
 + 25% casca de arroz carbonizada;
S2 - Substrato 100% fibra de coco;

C1 - Cultivar San Andreas
C2 - Cultivar Albion

Anexo III – Mudanças transplantadas para slabs, distribuídas em duas fileiras, espaçadas em 25x15 cm.



Anexo IV – Caixas d'água de 500 litros para armazenamento das soluções nutritivas.



Anexo V – Sistema de irrigação localizado com motobomba e microtubo tipo espaguete com diâmetro interno de 1,0 mm e 10 cm de comprimento, com vazão média de 20 litros por hora.



Anexo VI – Temporizador digital para irrigação automática.



Anexo VII – Realização de poda de limpeza e de formação.



Anexo VIII – Avaliação de crescimento.



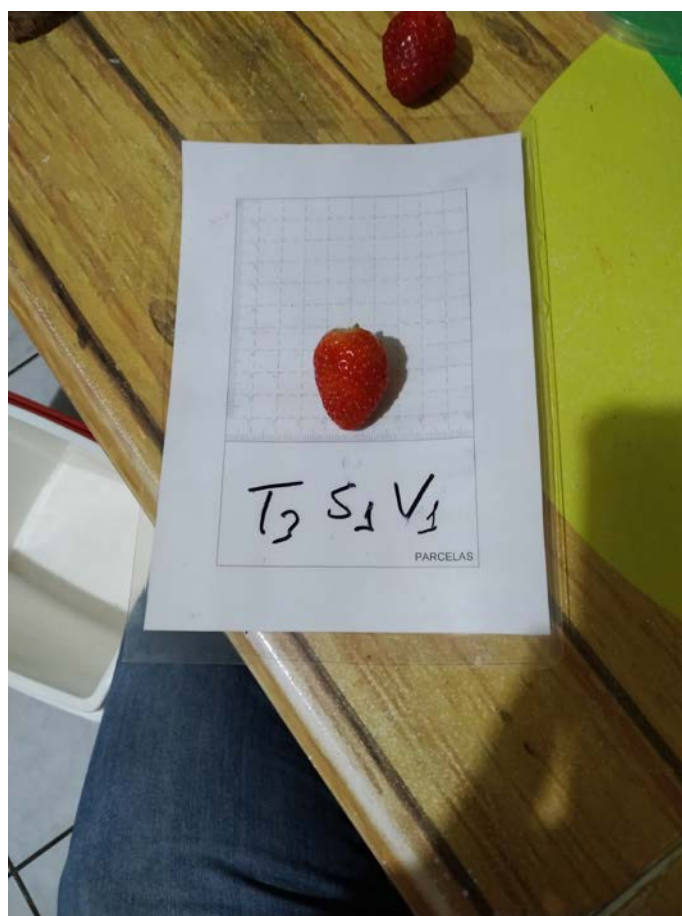
Anexo IX – Avaliação com analisador de gases infravermelho (IRGA, modelo GFS-3000, WALZ®, Effeltrich, Alemanha).



Anexo X – Morangueiro frutificando na fase de produção do experimento.



Anexo XI – Avaliação de tamanho do fruto.



Anexo XII – Avaliação de qualidade pós-colheita em laboratório.

