

MANEJO AUTÔNOMO DA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATE *GRAPE* CULTIVADO EM SUBSTRATO UTILIZANDO SENSORES IRRIGÁS®

ANDERSON FERNANDO WAMSER¹; JANICE VALMORBIDA¹; LUIZ CARLOS ARGENTA¹; ANDERSON LUIZ FELTRIM¹; JURACY CALDEIRA LINS JÚNIOR¹ E FERNANDO PEREIRA MONTEIRO¹

¹ Estação Experimental de Caçador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Rua Abílio Franco, 1.500, Bairro Bom Sucesso, 89.501-032, Caçador, SC, Brasil, E-mail: afwamser@epagri.sc.gov.br, janicevalmorbida@epagri.sc.gov.br, argenta@epagri.sc.gov.br, andersonfeltrim@epagri.sc.gov.br, juracyjunior@epagri.sc.gov.br, fernandomonteiro@epagri.sc.gov.br

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a produção e qualidade de tomates *grape* em função do manejo autônomo da fertirrigação baseado em sensores Irrigás®, em diferentes tensões hídricas do substrato de cultivo. Foi conduzido um experimento em blocos completos ao acaso, com seis repetições, e cinco níveis mínimos de umidade do substrato de cultivo para o início da fertirrigação: 3,0; 4,3; 5,6; 6,9; e 8,2 kPa. Foram avaliadas a produção e a massa de frutos, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e a firmeza da polpa dos frutos. A maior produção comercial de frutos (3,4 kg/planta) foi obtida com a tensão limite estimada de 6,0 kPa. O aumento da tensão limite para o início da irrigação de 3,0 a 8,2 kPa promoveu diminuição da firmeza de frutos comerciais (4,0 a 3,4 lb), da massa de frutos da classe médio-pequeno (6,7 a 5,8 g/fruto), aumento do teor de sólidos solúveis (8,9 a 9,8°Brix) e da acidez titulável (1,0 a 1,2%) da polpa do tomate.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, nutrição de plantas, automação, cultivo sem solo, tensiometria gasosa.

WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J.; ARGENTA, L. C.; FELTRIM, A. L.; LINS JÚNIOR, J. C.; MONTEIRO, F. P.
AUTONOMOUS MANAGEMENT OF FERTIRRIGATION OF GRAPE TOMATO CULTIVATED ON A SUBSTRATE USING IRRIGÁS® SENSORS.

2 ABSTRACT

This study aimed to analyze the production and quality of grape tomatoes as a function of autonomous fertigation management based on Irrigás® sensors at different water tensions of the cultivation substrate. A randomized complete block experiment was conducted, with six replications, and five minimum levels of substrate moisture for the beginning of fertigation: 3.0; 4.3; 5.6; 6.9; and 8.2 kPa. Fruit yield and fruit mass, soluble solids content, titratable acidity and firmness of the fruit pulp were evaluated. The highest commercial fruit production (3.4 kg/plant) was obtained with an estimated limit tension of 6.0 kPa. The increase in the limit tension for the beginning of irrigation from 3.0 to 8.2 kPa promoted a decrease in the firmness of commercial fruits (4.0 to 3.4 lb) and in the weight of medium-small class fruits (6.7 to 5.8

g/fruit) and increase in the soluble solids content (8.9 to 9.8°Brix) and titratable acidity (1.0 to 1.2%) of the tomato.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, plant nutrition, automation, soilless culture, gaseous tensiometry

3 INTRODUÇÃO

A demanda por minitomates é cada vez mais crescente, sendo utilizados na ornamentação de pratos ou como pequenas iguarias que são servidas antes da refeição principal (ALVARENGA, 2022). Por esse motivo, também são denominados de tomates “*gourmet*”. Dado o maior valor de mercado, o cultivo de minitomates tem sido realizado em ambiente protegido, não sendo raro o uso de sistemas de cultivo sem solo em substratos (SANTIAGO, 2013).

Minitomates do tipo *grape* se caracterizam pelo menor tamanho e maior qualidade sensorial (sabor) associada aos maiores teores de sólidos solúveis, acidez e produção de compostos aromáticos (CASALS et al., 2019; CARILLO et al., 2019; ROCHA et al., 2013a; ROCHA et al., 2013b.). O teor de sólidos solúveis é uma característica que apresenta grande variação em função do cultivar e das condições ambientais, como luminosidade, manejo cultural, disponibilidade hídrica e nutrição da planta (CÉSPEDES; SANJUÁN; GAVILÁN, 2004).

O manejo adequado da irrigação é particularmente importante para o tomateiro por ser uma espécie sensível tanto ao déficit (VIOL et al., 2018; FERREIRA et al., 2019) quanto ao excesso hídrico (WAMSER et al., 2021). O excesso de umidade no solo também favorece o progresso de doenças do sistema radicular e vascular da planta, como necrose da medula (complexo de bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Xanthomonas*), podridão mole e talo oco (*Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp.), murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) e murcha bacteriana (*Ralstonia*

solanacearum) (INOUE-NAGATA et al., 2016).

O manejo da fertirrigação das plantas, em cultivos sem solo, baseado em métodos criteriosos associados à fisiologia da planta, ao substrato, ao clima ou integrados (planta-substrato-clima) permite racionalizar o uso de água, nutrientes e energia, e aumentar a produtividade (SANJUÁN; GAVILÁN, 2004). Oliveira et al. (2021), avaliando o manejo autônomo da irrigação do tomateiro tipo cereja, observaram que tanto a produtividade de frutos quanto a eficiência do uso da água aumentaram com a diminuição da tensão de umidade do solo para o início da irrigação. Segundo estes autores, para uma produtividade de frutos de tomate cereja de 11 t ha⁻¹, a eficiência do uso da água é de 1,92 kg m⁻³. O conteúdo de água no substrato de cultivo das plantas tem sido monitorado por métodos gravimétricos (balança), bandeja de demanda e tensiometria convencional (GAVILÁN, 2015). Outros métodos podem envolver sondas eletrônicas baseadas na reflectometria no domínio do tempo (TDR) (NÓIA JÚNIOR et al., 2017) e na constante dielétrica (NEMALI et al., 2007), entre outros.

O sistema Irrigás[®] é um tipo de sensor de umidade do solo que foi desenvolvido e patenteado pela Embrapa (CALBO, 2000), o qual possibilita o monitoramento da água em substratos de cultivo. Como fundamento de medição, tem-se que a passagem de ar através da cápsula porosa do sensor Irrigás[®] fica obturada enquanto a tensão da água do solo/substrato estiver menor que determinado valor crítico, característico da porosidade da cápsula.

Sistemas automáticos para leituras contínuas da umidade do solo e controle do momento e duração da irrigação com base na tensão de água do solo, determinado por sensor Irrigás[®], foram recentemente desenvolvidos. A disponibilidade desses novos equipamentos (associação de sensores de umidade a controladores automáticos de irrigação) possibilita desenvolvimento de novas pesquisas para correlacionar com maior precisão o nível de umidade do solo, a produtividade e a qualidade de produtos, tais como tomates (WAMSER et al., 2021). A aplicabilidade do Irrigás[®] para manejo da fertirrigação foi comprovada para culturas do melão (GRATIERI et al., 2013) e do pimentão (WAMSER et al., 2017) cultivadas em substrato.

O objetivo desse estudo foi analisar a produção e qualidade de tomates *grape* em função do manejo autônomo da fertirrigação baseado em sensores Irrigás[®] em diferentes tensões hídricas do substrato de cultivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2019 e fevereiro de 2020 em cultivo protegido tipo estufa, no município de Caçador, SC. O ensaio foi conduzido em área experimental situada a 26°49'03,2" Sul, 50°59'24,9" Oeste, a 936 metros de altitude. A estufa possui teto modelo arco, quatro metros de pé-direito, 16 m de largura, 48 m de comprimento, coberta com filme plástico de 150 micras e fechamento lateral com tela branca com 20% de sombreamento. A superfície do solo da estufa é coberta com pedra brita média.

Mudas de tomateiro cv. Scooby (Feltrin Sementes, Farroupilha, RS, Brasil), híbrido de hábito indeterminado que produz frutos tipo *grape*, foram plantadas no dia 06/11/2019. Foi adotado o espaçamento de 1,5 m entre linhas de plantio e 0,40 m entre orifício de plantio, com duas mudas por orifício, totalizando 33.333 plantas por

hectare. As plantas foram conduzidas com duas hastes principais e tutoradas em "V" por meio de fitilhos plásticos. Foi realizada a retirada periódica dos brotos laterais, garantindo que cada planta permanecesse com duas hastes principais. Quando as plantas alcançaram 2,2 m de altura procedeu a despona das hastes principais mantendo-se três folhas acima do último cacho.

Os tomateiros foram cultivados em substrato Carolina Soil (Carolina Soil do Brasil, Pardinho, SP, Brasil) embalados em sacos plástico de cultivo de 0,2 m de largura, 0,2 m de altura, 1,2 m de comprimento. O substrato de cultivo foi uma mistura de turfa de esfagno, vermiculita expandida, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK. Os atributos físico-químicos do substrato são: pH = 5,5±0,5; CE = 0,7±0,3 dS/m; densidade = 145 kg/m³; capacidade de retenção de água (CRA10) = 55%. Os sacos de cultivo foram colocados sobre um canal confeccionado com plástico rígido do tipo polionda, medindo 0,25 m de largura, 0,10 m de altura e 1,4 m de comprimento. Os canais foram dispostos sobre o solo com declividade de 0,5% no sentido do comprimento e espaçados lateralmente entre si em 1,5 m. Estes canais serviram para evitar o contato direto dos sacos de cultivo com o solo, bem como para coletar a solução nutritiva drenada após as fertirrigações. A solução nutritiva drenada foi conduzida ao final do canal e depositada em baldes de sete litros dispostos dentro de trincheiras escavadas no solo.

Solução com nutrientes minerais foi aplicada no substrato de cultivo por fertirrigação usando água proveniente de poço artesiano com condutividade elétrica de 0,2 dS/m e pH de 7,9. A formulação da solução nutritiva com sais simples seguiu as concentrações de nutrientes propostas por Furlani, Faquin e Alvarenga (2004) para o cultivo do tomateiro em hidroponia (Tabela 1). O pH da solução nutritiva foi corrigido para 6,0 com o uso de ácido nítrico (Tabela 1). A condutividade elétrica média da

solução nutritiva ao longo do experimento foi de $2,0 \pm 0,3$ dS/m. As soluções nutritivas foram aplicadas em fertirrigação a fim de atender a demanda da planta, conforme os tratamentos, e ultrapassar a capacidade de retenção de umidade do substrato, de modo

a proporcionar drenagem de $15 \pm 5\%$ do volume de solução aplicado diariamente pelas fertirrigações, conforme proposto por Miranda et al. (2011) para água de irrigação com CE menor que $0,6 \text{ dS m}^{-1}$.

Tabela 1. Fertilizantes e ácido utilizados para a elaboração da solução nutritiva utilizada na fertirrigação do tomate *grape* cv. Scooby.

Fertilizante/Ácido	Quantidade (mg/L)
Nitrato de amônio	20
Nitrato de cálcio	700
Nitrato de potássio	500
Fosfato monopotássico	140
Sulfato de magnésio	370
¹ Ácido nítrico	0,1
² Micronutrientes	50

¹valor expresso em mL/L. ²Produto comercial Dripsol[®] micro Rexene[®] Equilíbrio (0,85% de B, 0,5% de Cu, 3,4% de Fe, 3,2% de Mn, 0,06% de Mo e 4,2% de Zn) (SQM Vitas Brasil, Candeias, BA, Brasil).

Ao lado de cada saco de cultivo foi colocado um tubo de polietileno de 16 mm com três gotejadores on-line autocompensantes e antidrenantes (um para cada duas plantas) com vazão de 4 L/h, espaçados em 0,4 m. Em cada gotejador on-line foi instalado um microtubo de 7 mm de diâmetro e 70 cm de comprimento tendo na outra extremidade um distribuidor formado por uma estaca gotejadora não labiríntica. A estaca gotejadora foi fincada entre as duas plantas do mesmo orifício de plantio.

O monitoramento da umidade do substrato foi realizado instantaneamente por meio de sensores de tensão Irrigás[®] (Hidrosense, Jundiaí, SP, Brasil) com tensão de borbulhamento de 16 kPa (Figura 1A). Os sensores Irrigás[®] foram ligados ao controlador eletrônico de irrigação modelo MRI-10/6 (Hidrosense, Jundiaí, SP, Brasil) (Figura 1B), por meio de microtubos de polietileno de baixa densidade de 8 mm de diâmetro. Um compressor de ar forneceu ar comprimido (60 kPa) ao sistema de tensiometria (Figura 1C). Os sensores foram

dispostos na posição horizontal e na região central do saco de cultivo, tanto em altura, como largura e comprimento. Nesta posição, os sensores ficaram logo abaixo das plantas e da estaca gotejadora central do saco de cultivo. Um sensor Irrigás[®] foi instalado por repetição. Quando a umidade do substrato esteve em tensões maiores que 16 kPa, os poros da cápsula do sensor Irrigás não estavam saturados por água, deixando o ar comprimido do sistema sair livremente pelos poros. À medida que o substrato foi umedecido com as fertirrigações, reduzindo a tensão de umidade do substrato, os poros da cápsula do Irrigás se saturaram com água criando resistência a saída do ar comprimido do sistema. Esta resistência foi medida por sensores de pressão do MRI-10/6 que, por sua vez, converteu em tensão de umidade do substrato. Quando a tensão de umidade do substrato alcançou o valor definido para cada tratamento, o MRI-10/6 acionou a respectiva motobomba de 0,5 CV do tratamento.

Figura 1. (A) Sensores Irrigás®, (B) controlador autônomo de irrigação baseado nos sensores Irrigás® e (C) moto-compressor de ar para fornecimento de ar comprimido ao sistema de tensiometria a gás.



O delineamento experimental foi em blocos completamente casualizados, com seis repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis mínimos de umidade (Ψ_w potencial hídrico) do substrato de cultivo: 3,0 (maior umidade); 4,3; 5,6; 6,9; e 8,2 kPa (menor umidade). Sempre que a umidade do substrato atingiu o nível mínimo de cada tratamento (média das seis repetições) houve fertirrigação por tempo suficiente para a umidade alcançar a tensão de saturação capacidade de retenção máxima de água pelo substrato (capacidade de campo do substrato = 1 kPa) e promover $15 \pm 5\%$ de drenagem. Este tempo era programando no MRI-10/6. Dessa forma, os substratos de cultivo foram mantidos em cinco faixas de variação da tensão de água no solo (faixas de umidade) do substrato: 1 a 3,0 kPa, 1 a 4,3 kPa, 1 a 5,6 kPa, 1 a 6,9 kPa e 1 a 8,2 kPa. A parcela foi composta por um saco de cultivo contendo seis plantas.

O tempo de fertirrigação foi determinado por meio da instalação um gotejador controle e um balde coletor de drenagem em cada repetição de cada tratamento. Cada balde coletor de drenagem recolheu toda a drenagem de um saco de cultivo por meio dos canais dispostos sobre o solo e abaixo dos sacos de cultivo. A porcentagem de drenagem foi calculada pela seguinte expressão:

$$D(\%) = [Vd/(NG.Vf)].100 \quad (1)$$

Onde:

D(%) = porcentagem de drenagem em relação ao volume de solução nutritiva fertirrigado, em %;

Vd = volume drenado médio por todos os sacos de cultivo usados como controle, em mL/recipiente;

NG = número de gotejadores presentes por saco de cultivo usado como controle;

Vf = volume fertirrigado médio por todos os gotejadores usados como controle, em mL/gotejador.

Sempre que a porcentagem de drenagem diária ficava acima de 20% ou baixo de 10% o tempo de fertirrigação era ajustado no MRI-10/6.

A colheita dos frutos maduros (com coloração vermelha em 100% da sua superfície) foi realizada semanalmente entre os dias 09/01/2020 a 20/03/2020, totalizando 12 colheitas. Foram avaliados a produção total, comercial (frutos classificados em grande-gigante, com massa superior a 8 g, e médio-pequeno, com massa entre 2 a 8 g) e frutos descarte (com massa inferior a 2 g, com defeitos fisiológicos (podridão estilar, lóculo aberto e cracking), fitopatológicos e com danos de insetos), conforme classificação proposta por Perin et al. (2016) para tomate tipo *grape*.

A qualidade dos frutos foi avaliada em função dos teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e firmeza de polpa. Dessa forma, amostras de dez frutos classificados como grande-gigante, sem defeitos visuais, com coloração vermelha em 100% da sua superfície, colhidos nos dias 03/02/2020, 20/02/2020 e 03/03/2020 foram usados para análises físico-químicas um dia após a colheita. A firmeza da polpa de cada fruto foi medida por penetrômetro eletrônico motorizado, com ponteira de 2 mm (Güss, África do Sul), na região equatorial de cada fruto, após a remoção da epiderme. Os teores de SS e a AT foram determinados no suco de 10 frutos por repetição, preparado com espremedor centrífugo (Plastaket Mgf, Estados Unidos).

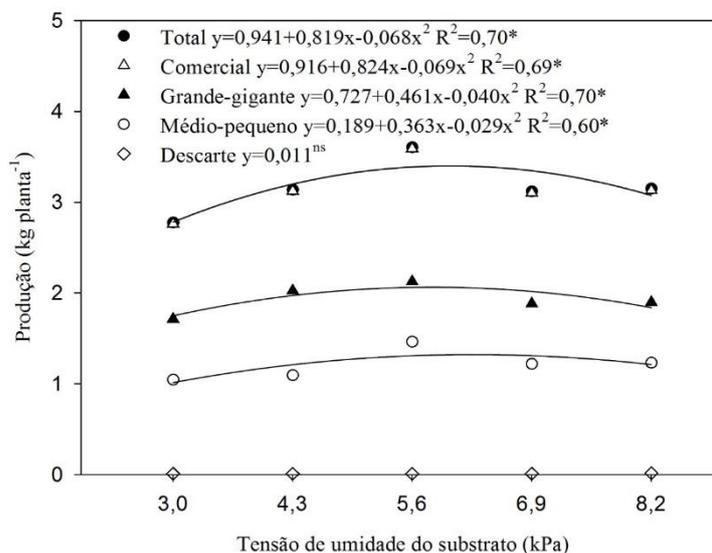
O teor de SS (%) foi medido usando refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão). A AT (% de ácido cítrico) foi determinada pela titulação de 3 mL de suco, diluído em 20 mL de água destilada, com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando-se titulador automático (Radiometer, França).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro e, quando detectada significância estatística, procedida a análise de regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os procedimentos do programa SISVAR v.5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças entre os tratamentos (umidade mínima do substrato para o início da fertirrigação) para as variáveis de produção, com exceção da produção de frutos descarte (Figura 2). A produção de frutos descartes foi em média 0,015 kg/planta, representando apenas 0,5% da produção média total obtida por planta no experimento. A baixa produção de frutos descartes de tomate *grape* também foi constatado por Perin et al. (2016), sendo que 98,7% dos frutos colhidos foram considerados comerciais. A baixa incidência de distúrbios fisiológicos e por fungos possivelmente está associada à característica genética dos tomates *grape* e ausência de chuva e radiação solar direta e menor incidência de danos por insetos no ambiente protegido (estufa), além do controle preciso da umidade do substrato com a tensiometria gasosa.

Figura 2. Produção total, comercial, nas classes grande-gigante e médio-pequeno, e descarte de tomate *grape* cv. Scooby em função de tensões de umidade do substrato para o início da fertirrigação.



*Regressão polinomial significativa a 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Não houve diferenças significativas entre tratamentos pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

Houve ajuste significativo de modelos quadráticos para os dados de produção total, comercial, e nas classes grande-gigante e médio-pequeno de frutos, em função da umidade mínima do substrato para o início da fertirrigação (Figura 2). As máximas produções de frutos por planta foram estimadas nas tensões de umidade do substrato de 6,0; 5,8 e 6,3 kPa para as classes total (3,4 kg/planta), comercial (3,4 kg/planta), grande-gigante (2,1 kg/planta) e médio-pequeno (1,3 kg/planta), respectivamente. Segundo Fermino (2014), o volume de água no substrato disponível às plantas encontra-se entre as tensões de 1 a 10 kPa. Considera-se, entretanto, que na faixa de 1 a 5 kPa encontra-se a água facilmente disponível às plantas. Nas tensões que vão de 5 a 10 kPa compreende a água de reserva do substrato, também denominada de água tamponante. Enquanto que em tensões maiores que 10 kPa se encontra a água dificilmente disponível. Desta forma, as tensões estipuladas para a obtenção das máximas produções de frutos (5,8 a 6,3 kPa) no presente estudo se situam na faixa de

umidade considerada com água de reserva ou tamponante. Considera-se como adequado que esta faixa contenha volume de água variando de 4 a 10% do volume total do substrato (Fermino, 2016). Assim, nessa faixa de umidade do substrato (5,8 a 6,3 kPa), a água pode se exaurir rapidamente se não houver sua pronta reposição por meio de fertirrigação. Os sensores Irrigás[®] ligados ao controlador autônomo de irrigação permitem, desta forma, trabalhar nestas tensões limites de umidade do substrato para se obter maiores produtividades, visto que o sistema permite pronto reestabelecimento da umidade do substrato à sua capacidade de retenção (1 kPa) quando a tensão crítica é atingida.

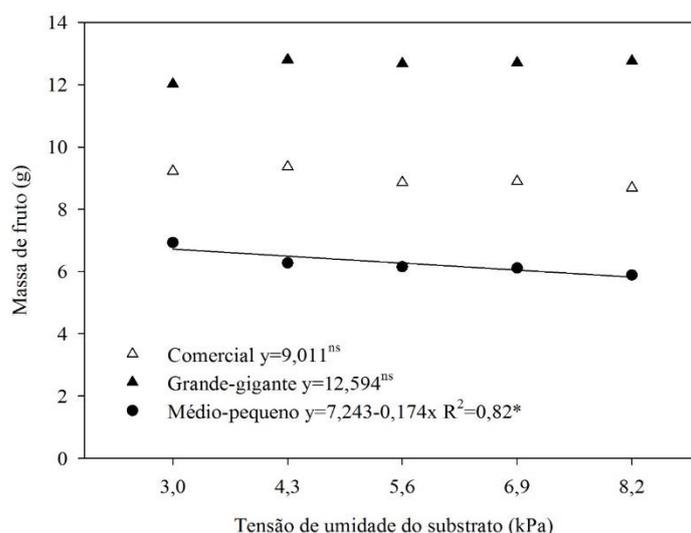
No presente estudo, podemos considerar como tensão limite para a fertirrigação o valor de 6 kPa, para a obtenção da máxima produtividade de frutos comerciais (Figura 2). Este valor é a primeira referência para o manejo do tomate *grape* utilizando o manejo autônomo da irrigação baseado em sensores Irrigás[®]. Em cultivo de tomate no solo, em ambiente

protegido, Wamser et al. (2021) obtiveram comportamento semelhante avaliando tensões de 20 a 60 kPa com sensores Irrigás[®], sendo que na tensão de 44 kPa obtiveram a maior produtividade comercial de frutos. Para estes autores, o rápido estabelecimento da umidade do solo pelo manejo autônomo da irrigação baseado nos sensores Irrigás[®] permite 7,5% de acréscimo na produtividade comercial de frutos em relação ao manejo da irrigação por tensiometria convencional, e que não são conectados a sistemas de automação da irrigação, corroborando com os resultados do presente estudo pelos benefícios do pronto restabelecimento da umidade do substrato ao se atingir a tensão crítica estipulada.

Efeito da umidade mínima do substrato para o início da fertirrigação sobre a massa média dos frutos ocorreu apenas para frutos da classe médio-pequeno (Figura 3), obtendo-se ajuste de modelo linear aos

dados observados. Quanto menor o teor de umidade, menor a massa dos frutos dessa categoria. As massas médias de frutos comerciais e na classe grande-gigante foram de 9,0 e 12,6 g, respectivamente. Segundo Céspedes, Sanjuán e Gavilán (2004), redução no tamanho de frutos em tomate salada é esperado com o aumento do estresse hídrico, provocado pela diminuição da disponibilidade de umidade do substrato, ou pelo aumento da salinidade. Porém, para estes autores, o tamanho dos tomates do tipo minitomate, como o *grape* e o *cherry*, é menos afetado por estresse hídrico e salino. Ressalta-se que a diminuição na massa de fruto médio-pequeno na tensão de 8,2 kPa, em relação a tensão de 3,0 kPa, foi de apenas 0,9 g ou 13,4%, corroborando com a baixa influência da disponibilidade hídrica sobre o tamanho do fruto de tomateiro *grape*, relatado por Céspedes, Sanjuán e Gavilán (2004).

Figura 3. Massa de fruto comercial e nas classes grande-gigante e médio-pequeno de tomate *grape* cv. Scooby em função de tensões de umidade do substrato para o início da fertirrigação.



*Regressão polinomial significativa a 5% de probabilidade de erro. ^{ns}Não houve diferenças significativas entre tratamentos pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

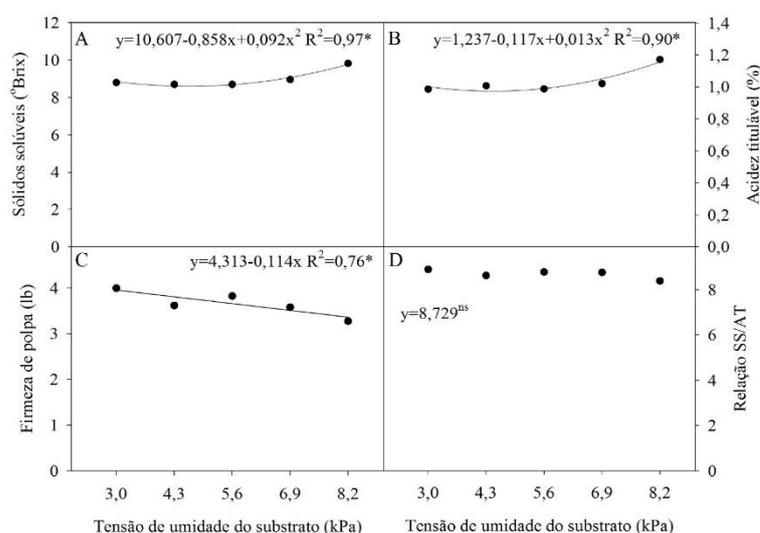
Houve diferenças para o teor de sólidos solúveis e para a acidez titulável, em função da tensão de umidade do substrato

(Figuras 4A e 4B). Tanto os teores de sólidos solúveis como a acidez titulável aumentaram com a menor disponibilidade de água no

substrato (maior tensão) a partir da tensão de 5,6 kPa. Desta forma, não houve efeito no nível de umidade do solo para a relação SS/AT (Figura 3D). Os máximos teores de sólidos solúveis (9,4°Brix) e de acidez titulável (1,16%) foram obtidos com a tensão de 8,2 kPa. Resultados semelhantes foram observados Santiago et al. (2018) avaliando lâminas de irrigação no cultivo de minitomate. O uso de estresse hídrico, principalmente pelo aumento da salinidade da solução nutritiva, é uma estratégia utilizada por muitos produtores para aumentar os teores de sólidos solúveis e de acidez na polpa do tomate e, desta forma, aumentar a qualidade organoléptica dos frutos (ADAMS, 2004). No presente estudo, não se observa acréscimos nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável até a tensão de umidade do substrato para se obter a máxima produtividade comercial de frutos (6 kPa) (Figuras 4A e 4B). Da mesma forma,

a estratégia de melhorar a qualidade de frutos pelo aumento da tensão crítica de umidade do substrato para o início da irrigação, deve ser cuidadosamente pensada pelo produtor, visto que os ganhos nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável, da tensão de 6 kPa para a tensão de 8,2 kPa, foram de 1,0°Brix e 0,15%, respectivamente, em números absolutos. Para maçãs, diferenças de 1,0°Brix no teor de sólidos solúveis e de 0,08% na acidez titulável são suficientes para degustadores identificarem variação no sabor (mais doces e mais ácidos, respectivamente) (HARKER et al., 2002). Mesmo assim, novos estudos precisariam ser desenvolvidos para avaliar se haveria disposição dos consumidores pagarem mais por frutos com maior teor de sólidos solúveis. Para estas mesmas faixas de tensão de umidade do substrato, a perda de produtividade comercial de frutos seria de 9,6%.

Figura 4. (A) Sólidos solúveis (SS), (B) acidez titulável (AT), (C) firmeza e (D) relação SS/AT da polpa do tomate *grape* cv. Scooby em função de tensões de umidade do substrato para o início da fertirrigação.



*Regressão polinomial significativa a 5% de probabilidade de erro. ^{ns}Não houve diferenças significativas entre tratamentos pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

A firmeza de polpa diminui linearmente com o aumento da tensão limite do substrato para o início da fertirrigação (Figura 4C). Resultado semelhante também

foi observado por Rodrigues (2017), avaliando a firmeza de polpa de tomate do grupo salada em função de tensões de umidade do solo para o início da irrigação.

Segundo este autor, a diminuição da firmeza dos frutos pode estar relacionada à menor translocação de cálcio para o fruto, interferindo na formação das paredes celulares, ou à diminuição da turgescência celular da polpa dos frutos, em situações de menor disponibilidade hídrica.

6 CONCLUSÕES

A produtividade e qualidade de tomates *grape* cv. Scooby varia em função da tensão hídrica do substrato para início da fertirrigação.

A maior produtividade comercial de frutos de tomate *grape* cv. Scooby foi obtida com a tensão limite de 6,0 kPa para o início da fertirrigação utilizando sensores Irrigás®.

O aumento da tensão limite para o início da irrigação promoveu diminuição da firmeza de frutos comerciais e da massa de frutos da classe médio-pequeno, e aumento do teor de sólidos solúveis e da acidez titulável da polpa do tomate *grape* cv. Scooby.

A associação dos sensores Irrigás® ao controlador autônomo de irrigação possibilitou manejar a fertirrigação do tomateiro tipo *grape* cultivado em substrato, estabelecendo com precisão o nível de umidade do substrato para incrementar a produtividade ou a qualidade de minitomates.

7 REFERÊNCIAS

ADAMS, P. Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *In*: GAVILÁN, M. U. (ed.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Almería: Mundi-Prensa, 2004. p. 703-748.

ALVARENGA, M. A. R. Cultivares. *In*: ALVARENGA, M. A. R. (ed.). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação**

e em hidroponia. 3 ed. Ingaí, MG: ALVARENGA, M. A. R., 2022. p. 39-80.

CALBO, A. G. **Sistema de controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 10 p.

CARILLO, P.; KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; PANNICO, A.; DELL'AVERSANA, E.; D'AMELIA, L.; COLLA, G.; CARUSO, G.; PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Sensory and functional quality characterization of protected designation of origin 'Piennolo del Vesuvio' cherry tomato landraces from Campania-Italy. **Food Chemistry**, London, v. 292, p. 166-175, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.056>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619307137>. Acesso em: 19 dez. 2022.

CASALS, J.; RIVERA, A.; SABATÉ, J.; CASTILLO, R. R.; SIMÓ, J. Cherry and fresh market tomatoes: Differences in chemical, morphological, and sensory traits and their implications for consumer acceptance. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9010009>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/1/9>. Acesso em: 19 dez. 2022.

CÉSPEDES, A. G.; SANJUÁN, M. D. C. S.; GAVILÁN, M. U. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. *In*: GAVILÁN, M. U. (ed.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Almería: Mundi-Prensa, 2004. p. 703-748.

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

- FERREIRA, E. D.; VIOL, M. A.; CARVALHO, J. A.; GONTIJO, M. L.; REZENDE, F. C.; LIMA, E. M. C. Tomate sweet grape cultivado com diferentes lâminas e frequências de irrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 3402-3411, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n301009>. Disponível em: <https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1009>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- FURLANI, P. R.; FAQUIN, V.; ALVARENGA, M. A. R. Produção em hidroponia. In: ALVARENGA, M. A. R. (ed.). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. p. 191-212.
- GAVILÁN, M. U. **Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía**. Madrid: Mundi-Prensa, 2015. 278 p.
- GRATIERI, L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARBOSA, J. C.; PAVANI, L. C. Nitrogen and Potassium Concentrations in the Nutrients Solution for Melon Plants Growing in Coconut Fiber without Drainage. **The Scientific World Journal**, London, v. 2013, p. 546594, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/546594>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/546594/>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- HARKER, F. R.; MARSH, K. B.; YOUNG, H.; MURRAY, S. H.; GUNSON, F. A.; WALKER, S. B. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: Sweet and acid taste of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 241-250, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00157-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00157-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521401001570>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- INOUE-NAGATA, A. K.; LOPES, C. A.; REIS, A.; PEREIRA, R. B.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; PINHEIRO, J. B.; LIMA, M. F. Doenças do tomateiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, p. 697-731.
- MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MARTINS, M. V. V.; FERNANDES, C. M. F.; EVANGELISTA, M. I. P.; SOUSA, A. A. P. **Produção de Tomate em Substrato de Fibra de Coco**. Fortaleza: Embrapa, 2011. 20 p.
- NEMALI, K. S.; MONTESANO, F.; DOVE, S. K.; VAN IERSEL, M. W. Calibration and performance of moisture sensors in soilless substrates: ECH2O and Theta probes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p. 227-234, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423806004985>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- NÓIA JÚNIOR, R. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; CHRISTO, B. F.; VINCO, J. S.; XAVIER, T. M. T. Calibração de sonda TDR para a estimativa da umidade em diferentes tipos de substratos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 8, p. 2132-2140, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7127/RBAI.V11N800694>. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/694>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- OLIVEIRA, H. F. E.; CAMPOS, H. M.; MESQUITA, M.; MACHADO, R. L.;

- VALE, L. S. R.; SIQUEIRA, A. P. S.; FERRAREZI, R. S. Horticultural performance of greenhouse cherry tomatoes irrigated automatically based on soil moisture sensor readings. **Water**, Basel, v. 13, 2662, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13192662>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/19/2662>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- PERIN, L.; OLIVEIRA, F. K.; LUZ, T. F.; WIETH, A. R.; HÖHN, D.; GROLLI, P. R.; PEIL, R. M. N. Classificação de frutos de duas variedades de mini tomateiro por tamanho e peso médio. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, 11., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: LabHidro: UFSC, 2016. p. 82-86.
- ROCHA, M. C.; DELIZA, R.; ARES, G.; FREITAS, D. D. G.; SILVA, A. L.; CARMO, M. G.; ABOUD, A. C. Identifying promising accessions of cherry tomato: a sensory strategy using consumers and chefs. **Journal of the Science Food and Agriculture**, New York, v. 93, n. 8, p. 1903-1914, 2013a. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5988>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.5988>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- ROCHA, M. D. C.; DELIZA, R.; CORRÊA, F. M.; CARMO, M. G. F. D.; ABOUD, A. C. S. A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. **Food Research International**, Barking, v. 51, n. 1, p. 265-273, 2013b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691200542X>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- RODRIGUES, R. R. **Produção e qualidade pós-colheita do tomateiro em diferentes tensões de água no solo**. 2017. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistema Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- SANJUÁN, M. C. S.; GAVILÁN, M. U. Métodos de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo. *In*: GAVILÁN, M. U. (ed.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Almería: Mundi-Prensa, 2004. p. 161-237.
- SANTIAGO, D. A profissionalização do tomate. **Dinheiro Rural**, São Paulo, n. 105, s.p., 2013. Disponível em: <https://www.dinheirorural.com.br/a-profissionalizacao-do-tomate/>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M. DE; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, A. V. A. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p. 213-221, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v26i1.26343>. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/download/26343/14375>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- VIOL, M. A.; FERREIRA, E. D.; CARVALHO, J. A.; LIMA, E. M. C.; REZENDE, F. C. Resposta do tomate sweet grape cultivado em substrato comercial com diferentes lâminas e frequências de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 269-276, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i3.878>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/784/pdf>. Acesso em: 19 dez. 2022.

WAMSER, A. F.; CECÍLIO FILHO, A. B.;
NOWAKI, R. H. D.; MENDOZA-
CORTEZ J. W.; GAVILÁN, M. U.

Influence of drainage and nutrient-solution
nitrogen and potassium concentrations on
the agronomic behavior of bell-pepper
plants cultivated in a substrate. **Plos One**,
San Francisco, v. 12, n. 7, p. e0180529,
2017. DOI:

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180529>. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0180529>. Acesso em:
19 dez. 2022.

WAMSER, A. F.; FELTRIM, A. L.;
VALMORBIDA, J.; MONTEIRO, F. P.;
LINS JÚNIOR, J. C.; HAHN, L.;
MALLMANN, G.; SERAFINI, T. F.

Manejo autônomo da irrigação do tomateiro
utilizando sensores Irrigás[®] de solo.

Agropecuária Catarinense, Florianópolis,
v. 34, n. 2, p. 55-59, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.52945/rac.v34i2.1090>.

Disponível em:

<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1090>. Acesso em: 19 dez. 2022.