

**Produtividade de híbridos de tomate cultivados em aquaponia associada em sistema tipo
floating**

**Productivity of tomato hybrids cultivated in aquaponia associated in a floating type
system**

**Productividad de híbridos de tomate cultivados en aquaponia asociados a un sistema
tipo flotante**

Recebido: 05/09/2020 | Revisado: 13/09/2020 | Aceito: 14/09/2020 | Publicado: 15/09/2020

Rodrigo Aparecido Jordan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2479-4461>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: rodrigojordan@ufgd.edu.br

Elton Bruno Giordano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7493-9999>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: elton_giordano@yahoo.com

Fabício Correia de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7373-0667>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: fcoliveira@utfpr.edu.br

Wellytton Darci Quequeto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0658-2692>

Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: wellytton_quequeto@hotmail.com

Karoline Kovaleski Bertoldo Drehmer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3414-1971>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: karolkovaleski@gmail.com

Luiz Paulo Pinto da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0274-1860>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: luizpaulo_cpo@hotmail.com

Elton Aparecido Siqueira Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3195-2317>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: eltonmartins@ufgd.edu.br

Rodrigo Couto Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-9305>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: rodrigocouto@ufgd.edu.br

Valdiney Cambuy Siqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3698-0330>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: vcambuy@yahoo.com

Resumo

A pesquisa de laboratório teve o objetivo de avaliar produtividade de 5 híbridos de tomate (Apolo, Serato, Vento, Candieiro e Pioneiro) em um sistema aquapônico associado a criação de tilápias. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (variedades de tomate) e quatro repetições. Cada repetição compreendeu um bloco de cultivo, uma área de um metro quadrado com 6 plantas. Foram monitorados os seguintes parâmetros da água do sistema: oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, temperatura mínima e máxima. A colheita foi realizada semanalmente entre o período de 05/01/2018 a 24/01/2018, totalizando quatro colheitas. No momento da colheita, foi determinada a massa e as medidas de cada fruto (diâmetro transversal e comprimento longitudinal). Os resultados foram analisados por meio de análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O híbrido Apolo foi o que apresentou maior produtividade média total (104,53 t ha⁻¹), com incrementos de produtividade variando de 19 a 61% em relação aos demais híbridos. As produtividades alcançadas podem ser consideradas elevadas e equivalentes a valores obtidos em cultivo convencional, em solo.

Palavras-chave: Aquaponia associada; Criação de tilápias; Tomate; Produtividade.

Abstract

A laboratory research aimed to evaluate the productivity of 5 tomato hybrids (Apolo, Serato, Vento, Candieiro and Pioneiro) in an aquaponic system associated with tilapia breeding. The experimental design was completely randomized, with 5 treatments (tomato varieties) and four

replications. Each repetition comprises a cultivation block, an area of one square meter with 6 plants. The water parameters of the system were monitored: dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, minimum and maximum temperature. The harvest was carried out weekly between the period from 01/05/2018 to 01/24/2018, totaling four harvests. At the time of harvest, the weight and measurements of each fruit (transverse diameter and longitudinal length) were determined. The results were obtained through analysis of variance by the F test and the means compared by the Tukey test, at 5% probability. The Apollo hybrid was the one with the highest average total productivity (104.53 t ha⁻¹), with productivity increases ranging from 19 to 61% in relation to the other hybrids. The productivity achieved can be considered high and equivalent to values cultivated in conventional cultivation, in soil.

Keywords: Associated aquaponics; Tilapia breeding; Tomatoes; Productivity.

Resumen

Una investigación de laboratorio tuvo como objetivo evaluar la productividad de 5 híbridos de tomate (Apolo, Serato, Vento, Candieiro y Pioneiro) en un sistema acuapónico asociado a la cría de tilapia. El diseño experimental fue completamente al azar, con 5 tratamientos (variedades de tomate) y cuatro repeticiones. Cada repetición comprende un bloque de cultivo, un área de un metro cuadrado con 6 plantas. Se monitorearon los parámetros del agua del sistema: oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, temperatura mínima y máxima. La vendimia se realizó semanalmente entre el período del 05/01/2018 al 24/01/2018, totalizando cuatro cosechas. Al momento de la cosecha se determinó el peso y medidas de cada fruto (diámetro transversal y largo longitudinal). Los resultados se obtuvieron mediante análisis de varianza por la prueba F y las medias comparadas por la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad. El híbrido Apolo fue el de mayor productividad total promedio (104,53 t ha⁻¹), con incrementos de productividad que oscilan entre el 19 y el 61% en relación al resto de híbridos. La productividad alcanzada puede considerarse alta y equivalente a valores cultivados en cultivo convencional, en suelo.

Palabras clave: Acuaponía asociada; Cría de tilapia; Tomates; Productividad.

1. Introdução

A aquaponia é a integração entre a produção superintensiva de peixes e a produção de vegetais e hortaliças (Medina et al., 2016). Trata-se de um ambiente simbiótico, onde os vegetais atuam como filtro biológico, removendo os elementos necessários para o seu

crescimento, em contrapartida, melhorando a qualidade da água para os peixes (Geisenhoff et al., 2016; Jordan et al., 2018).

Um dos grandes atrativos da aquaponia é a otimização de recursos, principalmente água, o que permite sua implantação em locais com pouca disponibilidade, permitindo o desenvolvimento da piscicultura mesmo no centro de uma grande cidade ou numa região desértica (Dediu et al., 2012; Graber & Junge, 2009). A necessidade de água é menos de um centésimo do que se utiliza num sistema convencional, além da geração de resíduos ser zero, não existindo descarte de matéria orgânica para o meio ambiente. Toda a matéria orgânica gerada é reciclada dentro do próprio sistema para a produção de vegetais, o que a torna uma técnica muito ecológica (Rakocy et al., 2006).

A aquaponia pode ser dividida em associada e dissociada. No sistema associado a água da criação de peixe circula pelos leitos de produção vegetal. No sistema dissociado é utilizada uma solução nutritiva obtida a partir da biodigestão do resíduo retirado da descarga de fundo de decantadores e tanques de criação (Jordan et al., 2013; Geisenhoff et al., 2016; Jordan et al., 2020).

Por se tratar de um ambiente simbiótico, deve haver um bom equilíbrio entre a quantidade de peixes e plantas no sistema, além de parâmetros como pH, temperatura e oxigenação, de forma que o ambiente seja favorável tanto para os peixes, quanto para as plantas (Rakocy et al., 2006; Danner et al., 2019). Nesse tipo de sistema, é difícil criar condições totalmente favoráveis para as plantas ou para os peixes. Busca-se um ponto de equilíbrio para ambas as espécies (animal e vegetal).

A aquaponia requer uma boa concentração de nutrientes na água, por isso os sistemas superintensivos são preferidos. Pois nesses sistemas a densidade de peixes é superior a vinte vezes a utilizada nos sistemas convencionais. Assim, a concentração de nutrientes na água é muito maior.

A temperatura é um fator crucial para o sistema, tanto para os peixes, quanto para as plantas. Ambos se desenvolvem bem em determinadas faixas de temperatura. Assim, há de se buscar um equilíbrio, uma condição que seja boa para ambos. A faixa boa para absorção de nutrientes pelas plantas está entre 18 e 24 °C. Já, as tilápias, apresentam um bom desenvolvimento numa faixa de temperatura de 24 a 28 °C.

O pH do sistema aquapônico, para uma boa absorção de nutrientes pelas plantas, deve ser mantido um pouco ácido, valores entre 6,7 e 6,8 são ideais, até próximo de 7 é aceitável, acima desse valor, a absorção de nutrientes pelas plantas é afetada (Rakocy et al., 2006).

Por uma questão de viabilidade econômica, deve-se optar por espécies de peixes e

vegetais que possuam boa aceitação comercial (Hundley, 2013). A tilápia além de possuir um ciclo produtivo bastante estudado e conhecido, possuir boa adaptação em sistemas de criação comerciais, tem a carne muito apreciada e boa aceitação no mercado, sendo o peixe mais produzido no Brasil e no mundo, e também o mais consumido (PeixeBR, 2019). Entre os países produtores, o Brasil se posiciona como o maior produtor.

Assim como a tilápia, o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é um vegetal mundialmente produzido e consumido. Possui benefícios nutricionais e seus compostos contém atividades anti-inflamatórias, antioxidantes, como β -caroteno, licopeno, vitaminas C e E, flavonóides e compostos fenólicos (Olajire & Azeez, 2011). Estima-se que o tomate é a hortaliça que ocupa a segunda posição mundial em área cultivada, onde o Brasil se destaca, ocupando a nona posição (CONAB, 2019).

Apesar de existir um grande número de hortaliças já cultivadas em sistemas hidropônicos, que vão desde folhosas a plantas que produzem frutos, e que apresentam potencial para cultivo em sistema aquapônico, é interessante o estudo para a escolha de variedades que se adaptem melhor ao sistema aquapônico, devido a diferença que este apresenta em relação a hidroponia, quanto a concentração de nutrientes.

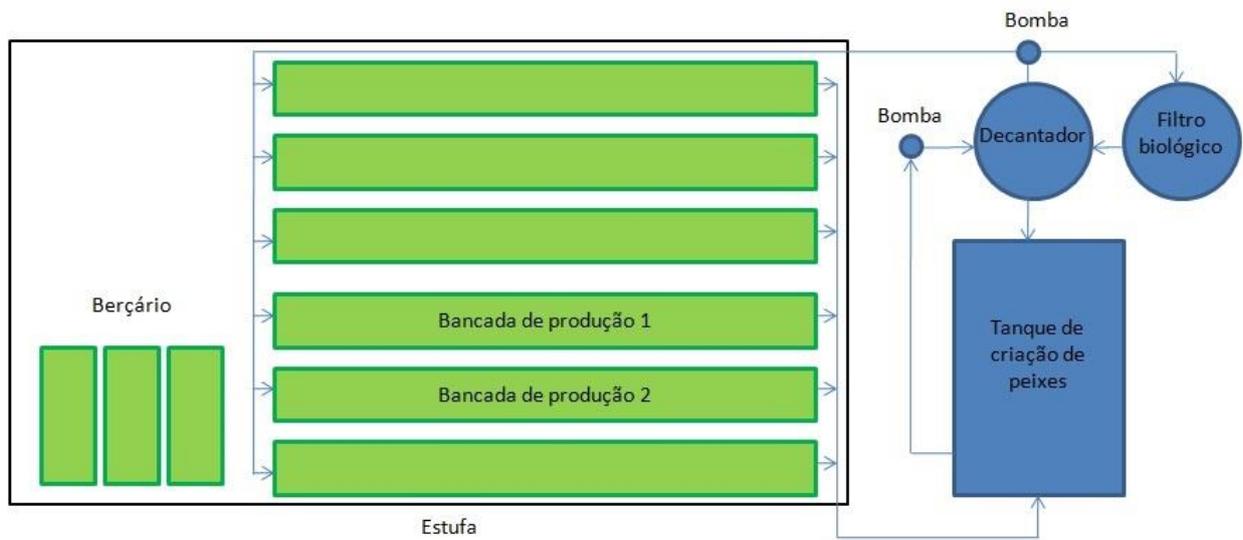
No caso do tomate, existe uma enorme variedade ao redor do mundo, com cores e formatos diferentes, onde a utilização de híbridos já é consolidada, e vêm atender todos os mercados para a produção de tomate, principalmente dos dois grandes grupos, tomates para a indústria e tomates de mesa (CONAB, 2019).

Tendo em vista a importância da sustentabilidade na produção de alimentação e da aquaponia nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar a produtividade de híbridos de tomate em um sistema aquapônico associado a criação de tilápias.

2. Metodologia

Na pesquisa de laboratório realizada em um sistema de aquaponia instalado na Área Experimental de Aquaponia da UFGD, foram cultivados 5 híbridos de tomate. O sistema de aquaponia utilizado, denominado de grande porte, pois existiam outros sistemas de menor porte instalados na área experimental, sendo detalhado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Fluxograma do sistema de aquaponia de grande porte.



Fonte: Própria (2020).

Figura 2 - Vista geral do sistema de aquaponia grande porte: tanque escavado, decantador e filtro biológico.



Fonte: Própria (2020).

Originalmente o sistema de aquaponia foi projetado para comportar até 6 mil peixes da espécie Tilápia-do-Nilo e 3 mil pés de alface em um sistema associado, em bancadas de cultivo tipo floating, apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Bancadas de produção vegetal tipo floating da aquaponia associada ao sistema de grande porte.



Fonte: Própria (2020).

Quando o experimento de cultivo de tomate foi instalado, o sistema de aquaponia contava com 1500 peixes da espécie Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), com peso médio de 535 g, os quais eram alimentados diariamente, nos horários de 8 e 16 horas, com ração comercial extrusada, com 40% de proteína bruta. O manejo adotado foi *ad libitum*, ou seja, a ração era oferecida à vontade até os peixes pararem de comer. A água enviada as bancadas de cultivo de tomates, era captada a partir do filtro decantador. Após passar pelas bancadas, a água retornava ao tanque de criação.

O período de realização do experimento foi de 7 de outubro de 2017 (semeadura) a 24 de janeiro de 2018 (última colheita). As mudas de tomate foram produzidas no local do experimento, dentro da mesma estufa, em uma bancada berçário em copos de plásticos de 80 mL e perfurados, apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Mudas de tomate na banca berçário.



Fonte: Própria (2020).

Após a fase de berçário as mudas são encaminhadas diretamente para bancada de cultivo (Figura 5), o que ocorreu 27 dias após a sementeira, quando as mudas se encontravam com uma altura variando entre 10 e 15 cm, dependendo do híbrido.

Figura 5 - Tomates transplantados na banca de cultivo de aquaponia.



Fonte: Própria (2020).

A classificação da pesquisa foi realizada de acordo com as definições propostas por Pereira et al. (2018) e Prodanov & Freitas (2013). O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (variedades de tomate) e quatro repetições. Cada repetição compreendeu um bloco de cultivo, uma área de um metro quadrado com 6 plantas. Assim, foram utilizadas, no total, 24 plantas de cada híbrido. A distribuição dos blocos de cultivo nas bancadas de cultivo, foi feita de forma aleatória, por sorteio, ficando a distribuição conforme a Figura 6.

Figura 6 - Distribuição das repetições (blocos de cultivo com 6 plantas).

Bancada de cultivo 1									
Vento	Pioneiro	Apolo	Serato	Candieiro	Vento	Pioneiro	Apolo	Serato	Candieiro

Bancada de cultivo 2									
Candieiro	Apolo	Vento	Serato	Pioneiro	Pioneiro	Apolo	Candieiro	Serato	Vento

Fonte: Própria (2020).

Na bancada aquapônica de cultivo, as plantas foram conduzidas verticalmente em haste única, utilizando-se para isso fita plástica para tutoramento (Figura 5). A amarração dos tomateiros a fita plástica foi feita com barbante de poliestireno. A desbrota e a amarração foram realizadas semanalmente até a colheita. Foram feitas duas aplicações de defensivos: sulfato de cobre (30/10/2017) como preventivo para fungos e Mospilan (10/11/2017) para controle da mosca branca.

Durante o período da introdução na bancada de cultivo, até o início da colheita, foram monitorados os seguintes parâmetros da água: oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, temperatura mínima e máxima. Para medição de temperatura e oxigênio dissolvido, foi utilizado um medidor portátil de oxigênio modelo HI 9146, da marca Hanna.

A colheita foi realizada semanalmente entre o período de 05/01/2018 a 24/01/2018, totalizando quatro colheitas. Eram colhidos os frutos maduros, com coloração totalmente vermelha e aqueles que já estavam apresentando a mudança de coloração de verde para vermelho. No momento da colheita, foi determinada a massa e as medidas de cada fruto (diâmetro transversal e comprimento longitudinal). A pesagem foi realizada com uma balança digital modelo UX4200H (Marte) com precisão de 0,1 g. Para avaliar a produtividade, foi

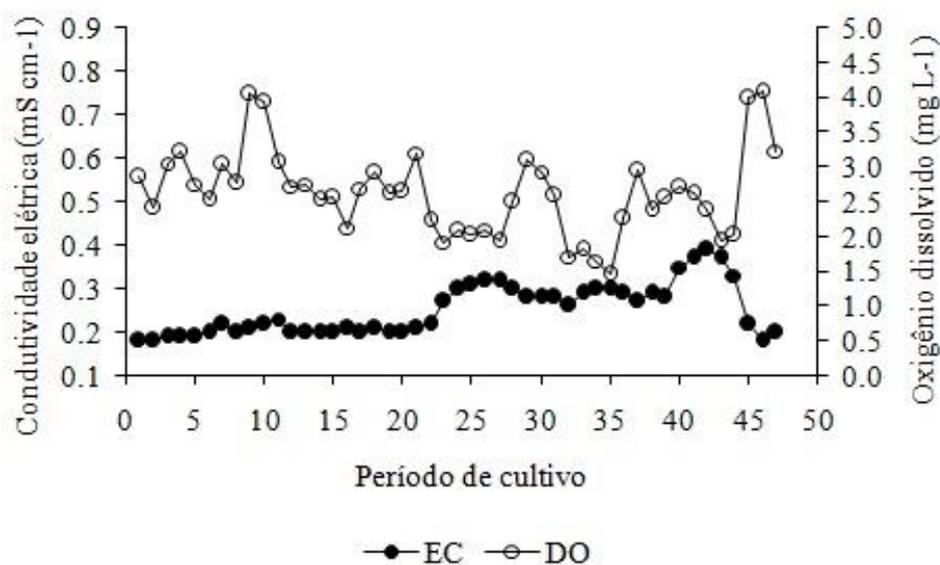
quantificada a produção total de cada híbrido em todas as colheitas.

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 7 e 8 mostram os dados dos parâmetros de monitoramento da água que circulava pelas bancadas de cultivo.

Figura 7 - Comportamento condutividade elétrica (EC) e do oxigênio dissolvido (DO) da água da bancada de cultivo.



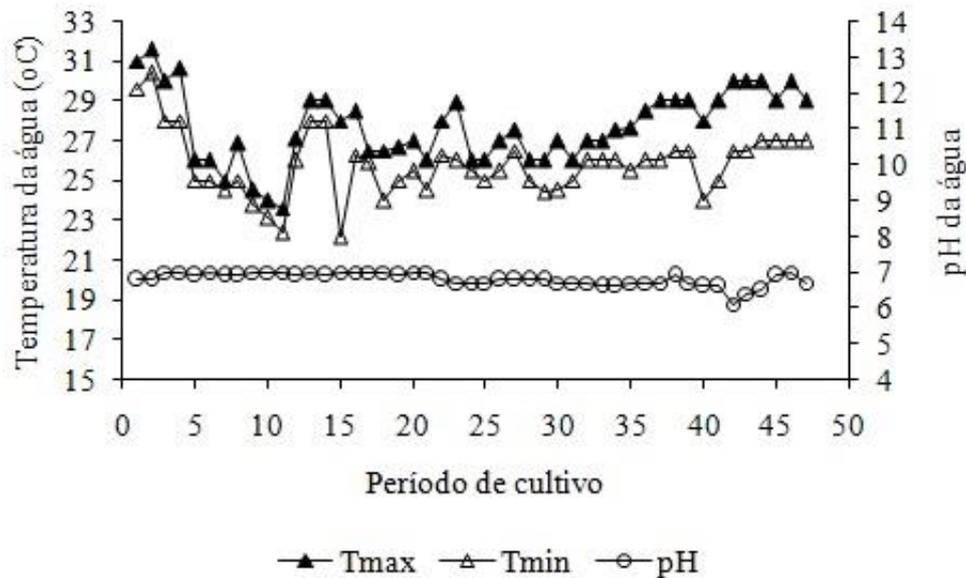
Fonte: Própria (2020).

Os valores de oxigênio dissolvido oscilaram um pouco devido a variação de temperatura e problemas com o sistema de oxigenação, se mantendo abaixo do valor mínimo recomendado, que é de 3 mg L⁻¹ (Rakocy et al., 2006; Jordan et al., 2018) em algumas leituras. A necessidade de oxigênio das plantas aumenta com a temperatura, e a diminuição da concentração para valores abaixo de 3 mg L⁻¹ inibi o crescimento das raízes (Hosseinzadeh et al., 2017), afetando assim o desenvolvimento das plantas.

A condutividade elétrica também se manteve um pouco abaixo do valor mínimo reportado para sistemas aquapônicos, que é de 0,3 mS cm⁻¹ (Jordan et al., 2018), até a primeira metade do período de observação. Depois esse valor subiu e se manteve acima do valor mínimo

quase até o final do experimento. Segundo Rakocy et al. (2006), níveis entre 0,3 a 0,6 mS cm⁻¹, produzem bons resultados na aquaponia, porque os nutrientes são gerados continuamente.

Figura 8 - Comportamento da temperatura e do pH da água da bancada de cultivo.



Fonte: Própria (2020).

O oxigênio dissolvido acompanhou a variação da condutividade elétrica, porém, com comportamento inverso, isso pelo fato da condutividade elétrica refletir maior quantidade de nutrientes na água, implicando em maior consumo de oxigênio (Danner et al., 2019).

Como o experimento foi conduzido num período com temperaturas ambientes mais elevadas, os valores de temperatura da água se mantiveram acima da faixa de temperatura recomendada para o cultivo de vegetais em sistemas hidropônicos (18 - 24 °C). De acordo com Rakocy et al. (2006), a temperatura de 24 °C é a melhor para o cultivo hidropônico. As menores temperaturas registradas estiveram sempre no limite superior da faixa ótima. Na maior parte do período observado a temperatura da água esteve entre 25 e 30 °C, o que, por outro lado, é uma faixa boa para as tilápias (Jordan et al., 2011; Danner et al., 2019).

A elevação da temperatura da solução nutritiva em torno da zona da raiz (rizosfera) é um fator importante, pois limita o crescimento da cultura hidropônica devido à mudança nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) na solução nutritiva. Al-Rawahy et al. (2019) observaram aumento do oxigênio dissolvido e melhoria de todos os atributos de crescimento, produção e qualidade em pepino cultivado em solução hidropônica resfriada, com temperaturas entre 22 e 25 °C.

Já os valores de pH se mantiveram, durante todo o período, estáveis e dentro da faixa recomendada para melhor absorção de nutrientes pelas plantas, entre 6,7 e 7,0 (Jordan, et al., 2018; Danner et al., 2019). A faixa boa de pH para nitrificação nos filtros biológicos é de 7,0 a 9,0. Por outro lado, valores de pH acima de 7,0 afeta a capacidade de absorção pelas plantas. Assim, um ponto de equilíbrio para o sistema aquapônico em alcançado com pH em torno de 7,0 (Rakocy et al., 2006).

A respeito das características produtivas, diâmetro transversal (DT) e comprimento longitudinal (CL), no que se refere a classificação (Figura 9), os resultados demonstraram que os híbridos Apolo, Serato e Vento se enquadram no grupo redondo, sendo grande, médio e pequeno, respectivamente. Enquanto que os híbridos Candieiro e Pioneiro foram classificados como oblongo e pequeno (Fernandes et al., 2007; Ferreira et al., 2004).

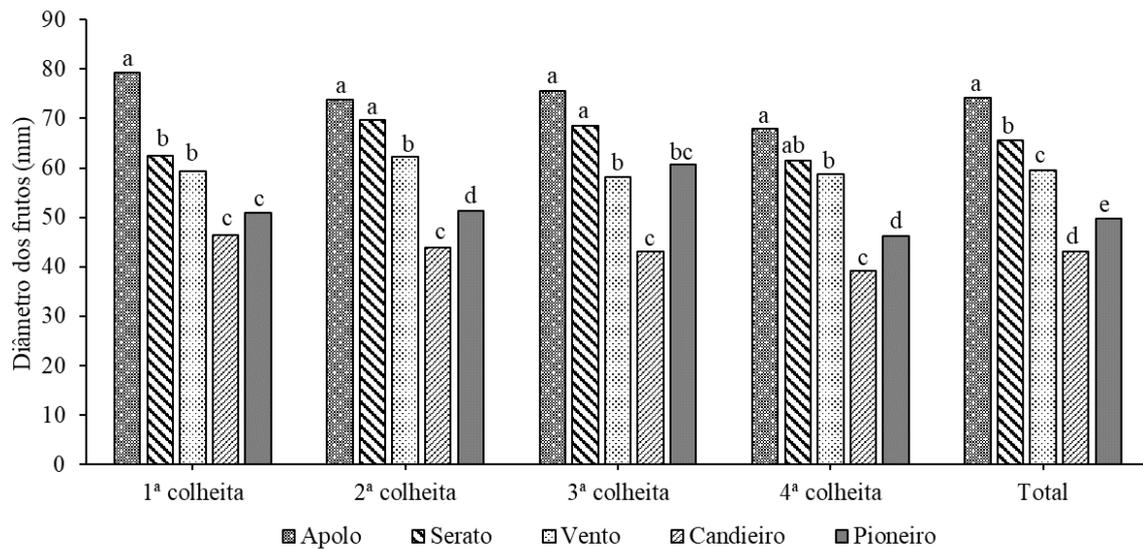
Figura 9 - Híbridos Apolo (a), Candieiro (b) e Vento (c), cultivados no experimento.



Fonte: Própria (2020).

Em relação ao diâmetro transversal dos frutos, o híbrido Apolo apresentou maiores diâmetros em todos os períodos de colheita, com diâmetro médio total de 74,1 mm. O híbrido Candieiro apresentou menor diâmetro médio total (43,1 mm). Comparando o diâmetro dos frutos em função de grupos frutos, observa-se que entre os enquadrados no grupo redondo, Apolo apresentou maior diâmetro e Vento menor diâmetro de frutos (59,5 mm). Entre os frutos do grupo oblongo, Pioneiro apresentou maior diâmetro (49,7 mm) (Figura 10). Os valores de diâmetro transversal reportados nesta pesquisa foram semelhantes aos relatados por Matos et al. (2012), em cultivo tradicional, no solo, obtiveram valores de DT variando entre 50 a maiores que 80 mm.

Figura 10 - Diâmetro transversal dos frutos (mm) de diferentes híbridos de tomate cultivados em sistema aquapônico.



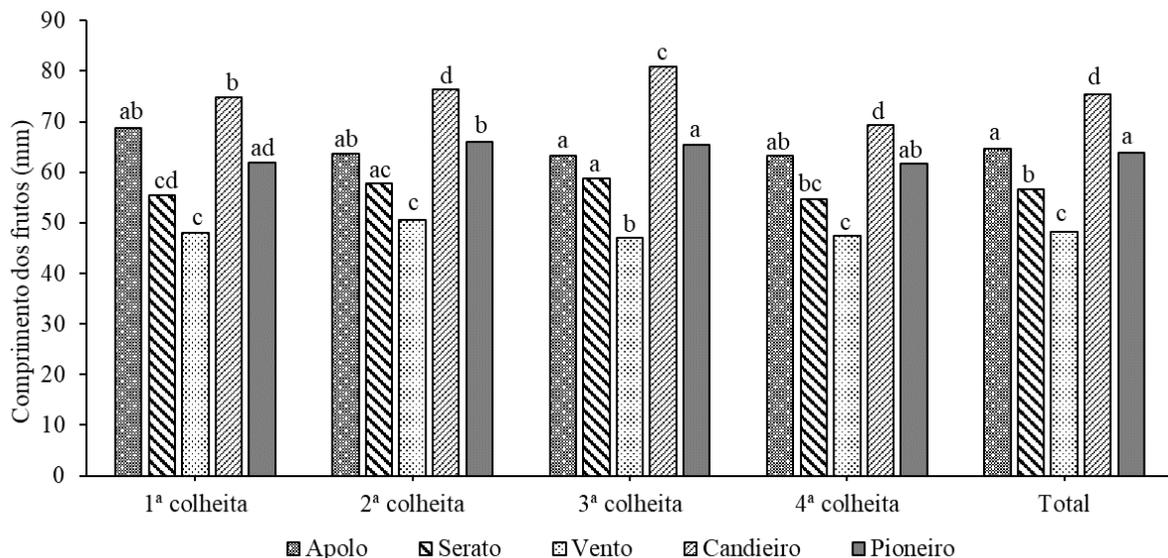
Fonte: Própria (2020).

Além de influenciar quantitativamente na massa dos frutos de tomate, o diâmetro transversal também é um parâmetro qualitativo, interferindo no preço do produto, no grau de aceitabilidade do consumidor, na comercialização in natura ou processamento industrial e até mesmo na classificação botânica (Almeida et al., 2011). Gatta et al. (2015) em cultivo tradicional, no solo, obtiveram valores de diâmetro variando de 38,2 a 50,04 mm na primeira e última colheita, respectivamente. Os autores atribuíram essa diferença a posição dos frutos de tomate na planta, em que os frutos que apareceram primeiro tenderam a ser maiores. Essa tendência não foi observada nesta pesquisa. Em cultivo tradicional, no solo, existem diversos fatores que interferem na disponibilidade de nutrientes para as plantas, podendo variar significativamente durante o ciclo das culturas, proporcionando irregularidade da produção ao longo de sucessivas colheitas. Entretanto, no cultivo aquapônico, existe maior uniformidade no teor de nutrientes disponibilizados às plantas, uma vez que neste sistema, em geral, os parâmetros como condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e temperatura da solução são monitorados com frequência (Bittsánszky et al., 2016; Danner et al., 2019; Jordan et al., 2018).

Em relação ao comprimento longitudinal dos frutos, entre os tomates enquadrados no grupo redondo, enquanto que o híbrido Apolo apresentou maior comprimento (64,7 mm), o híbrido Vento apresentou menor comprimento dos frutos (4,83 mm). O híbrido Candieiro apresentou maior comprimento (75,4 mm), tanto quando comparado aos híbridos enquadrados no grupo oblongo, como quando comparado com todos os híbridos avaliados. Considerando a

média total dos períodos de colheita, os Híbridos Apolo e Pioneiro apresentaram comprimentos de frutos estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$) (Figura 11). Em cultivo convencional, no solo, os valores de comprimento longitudinal semelhantes foram reportados por Almeida et al. (2011) de 69,4 e 70,1 mm e Moura et al. (2004) de 73,0 mm.

Figura 11 - Comprimento dos frutos (mm) de diferentes híbridos de tomate cultivados em sistema aquapônico.



Fonte: Própria (2020).

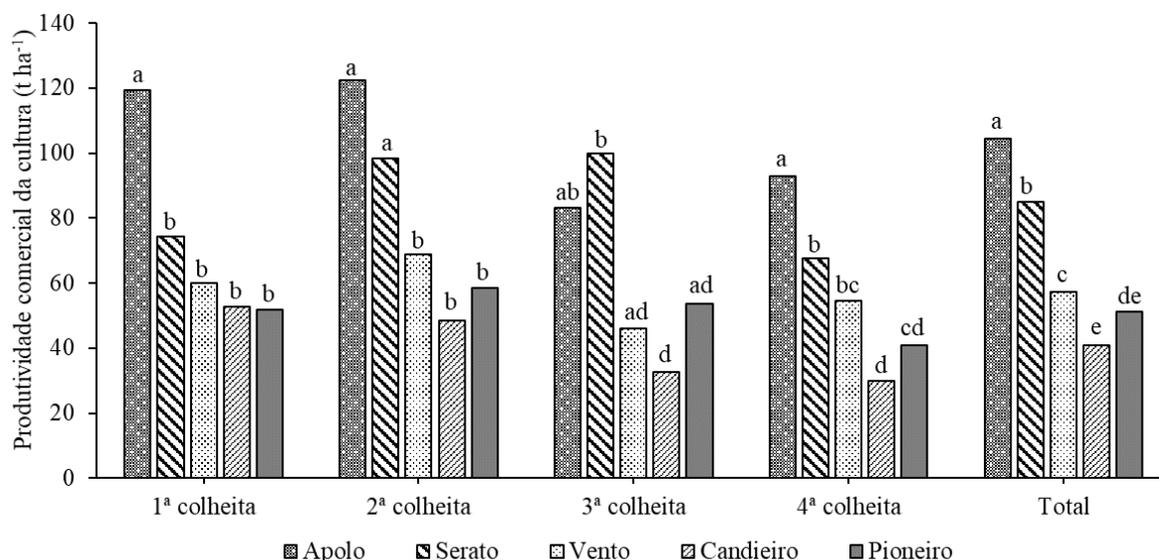
O tamanho dos frutos de tomate depende, primeiramente, do grupo em que se enquadra o híbrido, redondo ou oblongo, depois, da maneira como a cultura foi conduzida e do armazenamento no processamento pós-colheita (Almeida et al., 2011; Matos et al., 2012; Silva et al., 2019). Pesquisas relatam que a manutenção da umidade do solo proporciona frutos maiores (Ferrerira et al., 2004), e ocorre redução do tamanho à medida que os frutos ultrapassam o estágio de amadurecimento (Almeida et al., 2011).

Em geral, quando o destino da produção é a comercialização *in natura*, frutos maiores apresentam maior aceitabilidade pelo mercado consumidor (Almeida et al., 2011; Moura et al., 2004). Os resultados desta pesquisa apresentaram valores de tamanho (DT e CL) semelhantes aos reportados em cultivo tradicional, no solo (Matos et al., 2012) e hidropônico (Gualberto et al., 2002). Neste sentido, o cultivo aquapônico se torna tecnicamente viável, uma vez que além de proporcionar valores semelhantes aos reportados por outras técnicas de cultivo, é uma técnica altamente sustentável, em que a água proveniente da criação de peixes é reutilizada no cultivo de plantas, sendo repostada apenas o equivalente à evapotranspiração do sistema (Jordan

et al., 2018; Kloas et al., 2015; Mauricieri et al., 2018).

Quanto à produtividade comercial de cultura (PCC), o híbrido Apolo apresentou maior produtividade média total (104,53 t ha⁻¹). No terceiro período de colheita o híbrido Serato proporcionou maior produtividade, apesar de ser estatisticamente semelhante ao híbrido Apolo ($p < 0,05$). Considerando a média total das quatro colheitas, o híbrido Candieiro apresentou menor produtividade comercial da cultura (40,95 t ha⁻¹) (Figura 12).

Figura 12 - Produtividade dos frutos (t ha⁻¹) de diferentes híbridos de tomate cultivados em sistema aquapônico.



Fonte: Própria (2020).

O incremento em produtividade obtido pelo híbrido Apolo variou de 19 a 61% em relação aos demais híbridos. As produtividades alcançadas nesta pesquisa podem ser consideradas elevadas. Em cultivo convencional, no solo, foram reportadas produtividades semelhantes em diversas pesquisas, com valores de 108,0 t ha⁻¹ obtidas pelo híbrido Alambra (Matos et al., 2012), 115,0 t ha⁻¹, com o híbrido Carmem (Carvalho et al., 2005) e 104,8 t ha⁻¹, com o híbrido Bari Tomato-7 (Khaled et al., 2015).

Entretanto, na literatura especializada também são relatadas grandes diversidades de valores de produtividade em cultivo convencional, no solo. Monte et al. (2013) avaliando diferentes lâminas de irrigação, obtiveram produtividade de 60,0 t ha⁻¹. Delate et al. (2012) avaliando diferentes maneiras de cultivo de solo, reportaram máxima produtividade de 64,7 t ha⁻¹. Yeshiwas et al. (2016) comparando diferentes híbridos de tomate cultivado, cultivado em casa de vegetação e em campo aberto, obtiveram máxima produtividade comercial de tomate

de 72,1 t ha⁻¹, com o híbrido Marglobe, em casa de vegetação. Al-Mohammadi et al. (2011), avaliando diferentes lâminas de irrigação e fertilização no cultivo de tomate, obtiveram produtividade máxima de 71,5 t ha⁻¹. Em cultivo hidropônico, avaliando diferentes concentrações iônicas de solução nutritiva e três híbridos de tomate, também obtiveram grande diversidade nos valores de produtividade da cultura, com valores variando de 33 a 101,3 t ha⁻¹ (Genúncio et al., 2006).

Observa-se que os valores de produtividades de tomate obtidos pelo sistema aquapônico foram satisfatórios, pois foram semelhantes a diversos valores de produtividades obtidos pelo sistema hidropônico e convencional reportados por diversas pesquisas, indicando grande potencialidade para serem cultivados em escala comercial nas condições brasileiras.

O cultivo aquapônico é considerado uma das formas mais sustentáveis de produção do século XXI (Oladimeji et al., 2020), apresentado diversos benefícios ambientais, como: reutilização de água residuária (Li et al., 2019; Oladimeji et al., 2020); baixa reposição de água no sistema (Mauricieri et al., 2018); baixo ou até ausência de uso de inseticidas e fungicidas (Vallance et al., 2011); além da questão socioeconômica, uma vez que proporciona duas fontes de renda para os produtores, uma proveniente da produção de peixe e, outra, do cultivo de plantas (Sunny et al., 2019). Além disso, o produto comercial de origem vegetal (folhas ou frutos), geralmente, apresenta qualidade maior ou igual em relação aos provenientes de técnicas de cultivo convencionais, no solo (Ntinis et al., 2019; Suhl et al., 2016; Yang & Kim, 2020).

4. Considerações Finais

O cultivo de tomate em sistema aquapônico associado se mostrou viável e com nível de produtividade comparado ao cultivo em solo, mesmo com valores de temperatura da água e de condutividade elétrica fora da faixa recomendada. Todos os híbridos cultivados apresentaram valores de produtividade que podem ser comparados a valores de produtividade em solo.

O híbrido Apolo, com frutos maiores, classificados como redondo, apresentou a maior produtividade nas condições do experimento. Os híbridos classificados como pequenos e oblongos apresentaram menor produtividade. Assim, o tamanho do fruto teve influência na produtividade.

Como sugestões para trabalhos futuros recomenda-se o estudo de parâmetros pós-colheita, como vida de prateleira e atributos físicos e químicos, bem como a avaliação nutricional das plantas.

Agradecimentos

A empresa Vetseed Distribuidora/Topseed Premium pela sessão das sementes dos híbridos utilizadas para a produção das mudas de tomate para o experimento.

Referências

Al-Rawahy, M. S., Al-Rawahy, S. A., Al-Mulla, Y. A., & Nadaf, S. K. (2019). Influence of nutrient solution temperature in its oxygen level and growth, yield and quality of hydroponic cucumber *Journal of Agricultural Science*, 11(3), 75-92.

Al-Mohammadi, F. & Al-zu'bi, Y. (2011). Soil chemical properties and yield of tomato as influenced by different levels of irrigation water and fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(2), 289–299.

Almeida, E. I. B.; Sizenando Filho, F. A.; Santos, S. R. B.; Barbosa, J. A. & Côrrea, M. C. M. (2011). Qualidade física de tomates comercializados na empresa paraibana de abastecimento e serviços agrícolas de Campina Grande. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 5(3), 33–37.

Anuário Peixe BR da Piscicultura. Anuário Brasileiro da piscicultura Peixe BR 2019. Peixe BR Associação Brasileira da Piscicultura. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>. Acesso em: 19 ago 2020.

Bittsánszky, A.; Uzinger, N.; Gyulai, G.; Mathis, A.; Junge, R.; Villarroel, M.; Kotzen, B. & Kömíves, T. (2016). Nutrient supply of plants in aquaponic systems. *Ecocycles*, 2(2), 17–20.

Carvalho, L. A.; Tessarioli Neto, J. (2005). Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. *Horticultura Brasileira*, 23(4), 986–989.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. *Compêndio de Estudos Conab - V. 21*, 2019.

Danner, R. I.; Mankasingh, U.; Anamthawat-Jonsson, K. & Thorarinsdottir, R. I. (2019). Designing aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming. *Water*, 11(10), 2123.

Dediu, L.; Cristea, V. & Xiaoshuan, Z. (2012). Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce. *African Journal of Biotechnology*, 11(9), 2349-2358.

Delate, K.; Cwach, D. & Chase, C. (2012). Organic no-tillage system effects on soybean, corn and irrigated tomato production and economic performance in Iowa, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27(1), 49–59.

Fernandes, C.; Corá, J. E. & Braz, L. T. (2007). Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira*, 25(2), 275–278.

Ferreira, S. M. R.; Freitas, R. J. S. & Lazzari, E. N. (2004). Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. *Ciência Rural*, 34(1), 329–335.

Gatta, G.; Libutti, A.; Gagliardi, A.; Beneduce, L.; Brusetti, L.; Borruso, L.; Disgiglio, G. & Tarantino, E. (2015). Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil. *Agricultural Water Management*, 149(1), 33–43. doi: 10.1016/j.agwat.2014.10.016

Genúncio, G. da C.; Majerowicz, N.; Zonta, E.; Santos, A. M. Dos; Gracia, D.; Ahmed, C. R. M. & Silva, M. G. da. (2006). Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 24(2), 175–179.

Geisenhoff, L. O.; Jordan, R. A.; Santos, R. C.; Oliveira, F. C. de. & Gomes, E. P. (2016). Efeito de diferentes substratos na produção de alface aquapônica associada à criação intensiva de tilápia com recirculação de água. *Engenharia Agrícola*, 36(1), 291-299. doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p291-299/2016

Graber, A. & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1-3), 147-156.

Gualberto, R.; Oliveira, P. S. R. & Resende, F. V. (2002). Long-Life tomato cultivars growing under the hydroponic nutrient film technique. *Scientia Agricola*, 59(4), 803–806.

Hosseinzadeh, S.; Verheust, Y.; Bonarrigo, G.; Van Hulle, S. (2017). Closed hydroponic systems: operational parameters, root exudates occurrence and related water treatment. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 16(1), 59-79.

Hundley, G. C. (2013). Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília.

Jordan, R. A.; Cortez, L. A. B.; R, Baldassin Jr.; Scorvo Filho, J.; Frascá-Scorvo, C.; Rigolino, M. & Tabata, Y. (2011). Sistema intensivo de criação de peixe com recirculação de água e controle de temperatura via bomba de calor de duplo efeito térmico. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 5(1), 12-22.

Jordan, R. A.; Cavichiolo, F.; Geisenhoff, L. O.; Santos, R. C.; Silveira Jr., V. & Neves Filho, L. (2013). Aquicultura em sistema fechado e controlado – integração biodigestor/aquaponia - produção sustentável de peixes, hortaliças e bioenergia. In: XIII CONBRAVA, 2013, São Paulo. XIII CONBRAVA.

Jordan, R. A.; Ribeiro, E. F.; Oliveira, F. C.; Geisenhoff, L. O.; Martins, E. A. S. (2018). Yield of lettuce grown in hydroponic and aquaponic systems using different substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(8), 525–529.

Jordan, R. A.; Martins, V. P.; Almeida, A. C. S.; Oliveira, F. C.; Quequeto, W. D.; Siqueira, V. C.; Martins, E. A. S. & Santos, R. C. (2020). Potencial de produção de biogás de resíduos provenientes da criação de tilápia em sistema aquapônico. *Research, Society and Development*, 9(9), e155997131.

Khaled, A. M.; Sikder, S.; Islam, M. R.; Hasan, M. A. & Bahadur, M. (2015). Growth Yield and Yield Attributes of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as Influenced by Indole Acetic Acid. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 8(1), 139–145.

Kloas, W.; Grob, R.; Baganz, D.; Graupner, J.; Monsees, H.; Schmidt, U.; Staaks, G.; Suhl, J.; Tschirner, M.; Wittstock, B.; Wuertz, S.; Zikova, A. & Rennert, B. (2015). A new concept for aquaponic systems to improve sustainability, increase productivity, and reduce environmental impacts. *Aquaculture Environment Interactions*, 7(2), 179–192.

Li, C.; Zhang, B.; Luo, P.; Shi, H.; Li, L.; Gao, Y.; Lee, C. T.; Zhang, Z.; Wu, W. M. (2019). Performance of a pilot-scale aquaponics system using hydroponics and immobilized biofilm treatment for water quality control. *Journal of Cleaner Production*, 208(1), 274–284. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.170

Matos, E. S.; Shirahige, F. H. & Melo, P. C. T. (2012). Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. *Horticultura Brasileira*, 30(2), 240–245.

Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Junge, R.; Schmautz, Z.; Sambo, P.; Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. *Italian Journal of Agronomy*, 13(1), 1–11.

Medina, M.; Jayachandran, K.; Bhat, M.G. & Deoraj, A. (2016). Assessing plant growth, water quality and economic effects from application of a plant-based aquafeed in a recirculating aquaponic system. *Aquac. Int.* 24(1), 415–427.

Monte, J. A.; Carvalho, D. F. de; Medici, L. O.; Da Silva, L. D. B. & Pimentel, C. (2013). Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(9), 926–931.

Moura, M. L.; Fogaça, C. M.; Moura, M. A. De; Galvão, H. L. & Finger, F. L. (2004). Crescimento e desenvolvimento de frutos do tomateiro “Santa Clara” e do seu mutante natural “Firme”. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(6), 1284–1290.

Ntinas, G. K.; Kadoglidou, K.; Tsivelika, N.; Krommydas, K.; Kalivas, A.; Ralli, P. & Irakli, M. (2019). Performance and hydroponic tomato crop quality characteristics in a novel greenhouse using dye-sensitized solar cell technology for covering material. *Horticulturae*, 5(2), 1–15.

Oladimeji, A. S.; Olufeagba, S. O.; Ayuba, V. O.; Sololmon, S. G. & Okomoda, V. T. (2020). Effects of different growth media on water quality and plant yield in a catfish-pumpkin aquaponics system. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 60–66. doi: 10.1016/j.jksus.2018.02.001

Olajire, A. A. & Azeez, L. (2011). Total antioxidant activity, phenolic, flavonoid and ascorbic acid contents of Nigerian vegetables. *African Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 22-29.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1> Acesso em: 14 setembro 2020.

Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. de. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*, 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>> Acesso em: 14 setembro 2020.

Rakocy, E. J.; Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC Publication, 454(1), 1-16.

Silva, J. P. R.; Schoeninger, V.; Oliveira, F. C.; Jordan, R. A.; Siqueira, V. C.; Martins, E. A. S.; Seno, L. O.; Hoscher, R. H.; Quequeto, W. D. & Mabasso, G. A. (2019). Postharvest quality of yellow pear tomato cultivated in aquaponic system. *Journal of Agricultural Science*, 11(15), 227–235.

Suhl, J.; Dannehl, D.; Kloas, W.; Baganz, D.; Jobs, S.; Scheibe, G. & Schmidt, U. (2016). Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. *Agricultural Water Management*, 178(1), 335–344.

Sunny, A. R.; Islam, M. M.; Rahman, M.; Miah, M. Y.; Mostafiz, M.; Islam, N.; Hossain, M. Z.; Chowdhury, M. A.; Islam, M. A. & Keus, H. J. (2019). Cost effective aquaponics for food security and income of farming households in coastal Bangladesh. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(1), 89–97. doi: 10.1016/j.ejar.2019.01.003

Vallance, J.; Deniel, F.; Floch, G. L.; Guérin-Dubrana, L.; Blancard, D. & Rey, P. (2011). Pathogenic and beneficial microorganisms in soilless cultures. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(1), 191–203.

Yang, T. & Kim, H. J. (2020). Characterizing nutrient composition and concentration in tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. *Water*, 12(5), 1–27.

Yeshiwas, Y.; Belew, D.; Tolessa, K. (2016). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield and fruit quality attributes as affected by varieties and growth conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 12(6), 404–408.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Rodrigo Aparecido Jordan – 15%

Elton Bruno Giordano – 15%

Fabício Correia de Oliveira – 10%

Wellytton Darci Quequeto – 10%

Karoline Kovaleski Bertoldo Drehmer – 10%

Luiz Paulo Pinto da Silva – 10%

Elton Aparecido Siqueira Martins – 10%

Rodrigo Couto Santos – 10%

Valdiney Cambuy Siqueira – 10%