



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE AGRONOMIA

BRUNO GABRIEL MONTEIRO DA COSTA BEZERRA

POTENCIAL DE CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO
EFLUENTE DA PISCICULTURA

FORTALEZA

2022

BRUNO GABRIEL MONTEIRO DA COSTA BEZERRA

POTENCIAL DE CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO EFLUENTE
DA PISCICULTURA

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

Co-orientador: Eng. Agrônomo Davi Rodrigues Oliveira

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B469p Bezerra, Bruno Gabriel Monteiro da Costa.
Potencial de cultivo de agrião hidropônico utilizando efluente da piscicultura / Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra. – 2022.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.
Coorientação: Prof. Davi Rodrigues Oliveira.

1. Hidroponia. 2. Produção de hortaliças. 3. Reuso de água de peixe. 4. *Oreochromis niloticus*. 5. *Nasturtium officinale*. I. Título.

CDD 630

BRUNO GABRIEL MONTEIRO DA COSTA BEZERRA

POTENCIAL DE CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO EFLUENTE
DA PISCICULTURA

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Agronomia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 15/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Agrônomo Davi Rodrigues de Oliveira (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Rafaela da Silva Arruda
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Me. Willame Cândido de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Marrocos e Sonieda, e meus
irmãos, Amanda e João Erick.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar e proteger.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alessandro e ao Eng. Agrônomo Davi, pela excelente orientação, paciência e dedicação na construção deste trabalho. Agradeço também a Bruna, ao Willame, ao Gilbenes e a Andreska pela grande colaboração e dedicação.

À Universidade Federal do Ceará, pelo espaço democrático e pelos mais diversos mecanismos de assistência fundamentais para minha permanência, tornando possível minha formação enquanto Engenheiro Agrônomo. Ao CNPq por todos anos de bolsa essenciais para minha formação enquanto cientista. Ao projeto Cientista Chefe na Agricultura da FUNCAP pelos recursos necessários à realização do experimento que abarcou meu trabalho de conclusão de curso.

Aos meus pais Sonieda e Marrocos, minha avó Eliene, minha avó Ieda e meu avô Damião, pela criação a qual me proporcionou resiliência, obstinação, coragem, proatividade, versatilidade e respeito. Amo muito todos vocês!

Aos meus professores, que tiveram papel essencial na minha formação profissional e construção do meu senso crítico nas questões mais complexas envolvendo as questões sociais na agricultura, a importância da utilização sustentável dos recursos, à preservação da natureza e aos impactos que devem ser considerados e continuamente problematizados pela academia para estimular inovações tecnológicas com impactos reais nas mais diversas escalas.

Aos meus queridos colegas da agronomia, estatística e geografia, pelos bons momentos juntos, além de todas as conversas e reflexões onde compartilhamos ideias e visões de mundo. Jamais esquecerei a grande importância que a minha colega de curso Carla Bruna teve e sempre terá na minha vida, pois nunca me abandonou e sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, me proporcionando muitas risadas, choros e afetos.

Em especial ao professor Dr. Claudivan e a todos do laboratório de Relação Solo-Água-Planta, que me orientaram por 5 anos enquanto integrante. Obrigado Emanuel e Júlia por todo aprendizado, vocês sempre serão um exemplo para mim. Agradeço também a Saúde, ao Aureliano, a Adriana, ao Eduardo, a Leila e ao Carlos Henrique por toda experiência e contribuição na minha jornada como cientista.

A família do meu amigo, namorado e futuro Engenheiro Agrônomo George, por ter me acolhido com muito amor, respeito e compreensão, sendo fundamentais na minha formação acadêmica e na minha vida. Obrigado Nala e Maggie por todo amor e companheirismo.

Somente após terdes cortado a última árvore, após terdes envenenado o último rio e pescado o último peixe, somente então descobrireis que o dinheiro não se pode comer. (PRIMAVESI, 2016, p. 195).

RESUMO

No manejo da piscicultura em tanques, há renovação diária de parte da água seguida de descarte, podendo causar poluição ambiental em função da presença de nutrientes e matéria orgânica. Diante disso, a hidroponia é estudada como uma alternativa para a reutilização dessa água residuária de peixes. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o reuso de águas advindas da produção de tilápias em fase de crescimento considerando as respostas de crescimento e fisiológicas da cultura do agrião hidropônico cultivado sob técnica de nutriente em filme. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com fatorial misto. Como fator primário aleatorizado, utilizou-se cinco diferentes misturas de águas (S1: 100% de águas advindas da piscicultura; S2: 25% de solução nutritiva e 75% de águas advindas da piscicultura; S3: 50% de solução nutritiva e 50% de águas advindas da piscicultura; S4: 75% de solução nutritiva e 25% de águas advindas da piscicultura; S5: 100% de solução nutritiva). Como fator secundário fixo, foram utilizados dois intervalos de tempo de circulação das soluções (T1: 15 minutos; T2: 30 minutos) cujo tempo de circulação era comum aos dois (T1 e T2: 15 min). Com 4 repetições foram totalizadas 40 unidades experimentais. Os dados de crescimento e fisiológicos das plantas foram submetidos à análise de variância por meio do software Sisvar. Observou-se que o fator mistura de soluções foi significativo a 1% de probabilidade às variáveis de crescimento, sendo a S3 a mistura que promoveu os maiores valores. O intervalo de tempo de circulação das soluções foi significativo a 5% apenas para o comprimento das raízes (CR), sendo o T1 o tratamento que promoveu um aumento de 17% no comprimento das raízes quando comparado ao T2. Os melhores índices de trocas gasosas foram obtidos utilizando a S5. Por meio da regressão, têm-se um nível ótimo de mistura com, aproximadamente, 35% de água advinda da piscicultura e 65% de solução nutritiva. Dessa forma, utilizando essa proporção combinada a recirculação T2, o reuso de água de tilápia afeta positivamente o crescimento do agrião hidropônico sem grandes prejuízos fisiológicos, tornando possível a economia de fertilizantes e energia elétrica em sua produção.

Palavras-chave: hidroponia; produção de hortaliças; reuso de água de peixe; *Oreochromis niloticus*; *Nasturtium officinale*.

ABSTRACT

In the management of fish farming in tanks, there is a daily renewal of part of the water followed by disposal, which can cause environmental pollution due to the presence of nutrients and organic matter. Therefore, hydroponics is studied as an alternative for the reuse of this fish wastewater. In this context, the present work aimed to evaluate the reuse of water from the production of tilapia in the growth phase, considering the growth and physiological responses of the hydroponic watercress culture cultivated in the NFT system. The experimental design was in subdivided plots with mixed factorial. As a randomized primary factor, five different water mixtures were used (S1: 100% water from fish farming; S2: 25% nutrient solution and 75% water from fish farming; S3: 50% nutrient solution and 50% water from fish farming; S4: 75% nutrient solution and 25% water from fish farming; S5: 100% nutrient solution). As a fixed secondary factor, two solution circulation time intervals were used (T1: 15 minutes; T2: 30 minutes) whose circulation time was common to both (T1 and T2: 15 min). With 4 repetitions, 40 experimental units were totaled. Plant growth and physiological data were submitted to analysis of variance (ANOVA) using Sisvar software. It was observed that the mixture of solutions factor was significant at 1% of probability to the growth variables, with S3 being the mixture that promoted the highest values. The solution circulation time interval was significant at 5% only for root length (CR), with T1 being the treatment that promoted a 17% increase in CR when compared to T2. The best gas exchange rates were obtained using the S5. Through regression, there is an optimal level of mixture with approximately 35% of water coming from fish farming and 65% of nutrient solution.. Therefore, using this proportion combined with T2 recirculation, water from fish farming positively affects the growth of hydroponic watercress without major physiological damage, making it possible to save fertilizers and electricity in its production.

Keywords: hydroponics; vegetable production; fish water reuse; *Oreochromis niloticus*; *Nasturtium officinale*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 —	Localização da área experimental na qual foi realizado o trabalho.....	22
Figura 02 —	Esquema do perfil hidropônico utilizado com seus respectivos componentes.....	23
Figura 03 —	Modelo do temporizador analógico utilizado para automação do intervalo de circulação das soluções na hidroponia (A) para o tempo de 15 (T1) e 30 min (T2) (B).....	24
Figura 04 —	Dreno do tanque de peixes a 30 centímetros da borda tampado com tela para impedir a passagem de peixes.....	26
Figura 05 —	Croqui do delineamento experimental.....	28
Figura 06 —	Análise de regressão para variável Altura do agrião cv. ‘Folha Larga’ submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso da piscicultura em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.....	30
Figura 07 —	Análise de regressão para variável Número de Folíolos do agrião cv. ‘Folha Larga’ submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso da piscicultura em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.....	31
Figura 08 —	Análise de regressão para variável Comprimento de Raiz do agrião cv. ‘Folha Larga’ submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso da piscicultura em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.....	31
Figura 09 —	Teste de Tukey para variável Comprimento de Raiz do agrião cv. ‘Folha Larga’ submetido a diferentes intervalos de recirculação da solução no sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.....	32
Figura 10 —	Análise de regressão para a variável razão entre concentração interna e externa de CO ₂ (C_i/C_a) em plantas de agrião em função a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso da criação de tilápia com diferentes intervalos de tempo de circulação da solução no perfil hidropônico NFT aos 27 DAT.....	33
Figura 11 —	Análise de regressão para as variáveis eficiência instantânea do uso da água ($EUA_{inst.}$) (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (B) em plantas de agrião cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso da criação de tilápia	

	com diferentes intervalos de tempo de circulação da solução no perfil hidropônico NFT aos 27 DAT.....	34
Figura 12 —	Média dos valores de Condutividade Elétrica (CE) e Potencial Hidrogeniônico (pH) das soluções (S1, S2, S3, S4 e S5) obtidas ao longo do experimento.....	34
Figura 13 —	Plantas de Agrião cv. ‘Folha Larga’ submetidas a soluções com diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso de tilápia aos 27 DAT.....	37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01 — Recomendação de sais/fertilizantes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva utilizados como fonte de macro e micronutrientes para hortaliças folhosas em sistema hidropônico..... 25
- Tabela 02 — Resumo das Análises de Variância (ANOVA) utilizando o quadrado médio referente à variável da Altura (ALT), do Número de Folíolos (NF) e do Comprimento da Raiz (CR) de plantas de agrião hidropônico cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso da criação de tilápia e diferentes intervalos de tempo de circulação da solução no perfil hidropônico aos 27 DAT..... 29
- Tabela 03 — Resumo da ANOVA para as variáveis razão entre concentração interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), eficiência instantânea do uso da água ($EUA_{inst.}$) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em plantas de agrião cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso da criação de tilápia com diferentes intervalos de tempo de circulação da solução no perfil hidropônico NFT aos 27 DAT..... 33

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Taxa fotossintética líquida
ART	Água de reuso de tilápia
ALT	Altura
ANOVA	Análise de variância
AP	Aquaponia
<i>Ca</i>	Concentração de CO ₂ atmosférico
CAP	Aquaponia complementada
CE	Condutividade elétrica
<i>Ci</i>	Concentração de CO ₂ interno do mesofilo foliar
CR	Comprimento de raiz
cm	Centímetros
cv	Cavalos
cv.	Cultivar
DAS	Dias após a semeadura
DAT	Dias após o transplântio
dS	Decissimens
<i>E</i>	Transpiração
EiC	Eficiência instantânea de carboxilação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>EUA inst.</i>	Eficiência instantânea de uso da água
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
g	Gramas
HP	Hidroponia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilograma
m	Metro
MOD	Matéria orgânica dissolvida

min	Minuto
NF	Número de folíolos
NFT	<i>Nutrient Film Technique</i>
OD	Oxigênio dissolvido
PVC	Policloreto de vinila
pH	Potencial hidrogeniônico
S	Sul
S1	Solução de água de reuso de peixe
S2	Solução com 25 de solução nutritiva e 75 % e água de reuso de tilápia
S3	Solução com 25 de solução nutritiva e 75 % e água de reuso de tilápia
S4	Solução com 25 de solução nutritiva e 75 % e água de reuso de tilápia
S5	Solução nutritiva pura
SN	Solução nutritiva
T1	Tempo de circulação de 15 minutos ligado e 15 minutos desligado
T2	Tempo de circulação de 15 minutos ligado e 30 minutos desligado
UFC	Universidade Federal do Ceará
W	Oeste
%	Porcentagem
°C	Graus celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Reúso de água na hidroponia	17
2.2 Aquaponia e hidroponia	18
2.3 Agrião hidropônico	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Caracterização do local do experimento	21
3.2 Material vegetal e preparo das mudas	22
3.3 Sistema hidropônico e solução nutritiva	23
3.4 Manejo da água residuária da criação de tilápia em tanque	25
3.5 Variáveis analisadas	27
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	27
4 RESULTADOS	29
5 DISCUSSÃO	35
4 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água potável é fundamental à existência de todo ser vivo, assim como para produção de alimentos sustentáveis. Entretanto, esse recurso vem sendo demandado de forma crescente devido ao crescimento populacional, visto que hoje o planeta abriga uma população de 8 bilhões de pessoas. Logo, torna-se ainda mais necessário o desenvolvimento de tecnologias e manejos que visem a maior eficiência do uso desse recurso estratégico (UNITED NATIONS, 2022).

As regiões semiáridas têm como característica a escassez hídrica devido ao ciclo hidrológico. Nessas regiões, além do baixo índice pluviométrico (menor que 800 mm), as chuvas são concentradas em alguns meses do ano. Somado as altas taxas de evapotranspiração e ao risco de secas e estiagens, torna inviável a produção agrícola que depende de chuvas, como acontece nos cultivos de sequeiro (TROLEIS; SANTOS 2011).

Frente às características apresentadas, torna-se preocupante a expansão da piscicultura no semiárido brasileiro por ser uma atividade com alto consumo de água doce quando utilizado o sistema de produção em tanques escavados, principalmente pela produção de água residuária devido às trocas parciais da água como manejo diário. Atualmente, esse sistema é mais aplicado na região do perímetro irrigado do baixo São Francisco (CAMPECHE, 2017).

Considerando a água residuária um subproduto que pode ser reutilizado, a hidroponia ganha destaque pela possibilidade de utilizar essas águas para compor as soluções nutritivas na produção de hortaliças. Isso é possível devido a presença de nutrientes essenciais às plantas nas excretas dos peixes, como nitrogênio e fósforo, advindos das rações ofertadas.

No cultivo hidropônico, a água é fornecida às plantas na forma de solução nutritiva, a qual é continuamente reutilizada, não havendo perdas por lixiviação. Nesse sistema, geralmente é empregada a utilização de ambiente protegido, como uma casa de vegetação, o que contribui para diminuir a evaporação. Por não haver lixiviação, não há perda de fertilizantes nesse sistema de cultivo, promovendo maior eficiência na utilização de recursos limitados tão importantes para o mundo (BRITO, 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do reuso da água da criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) na complementação da solução nutritiva considerando as respostas de crescimento e fisiológicas da cultura do agrião d'água (*Nasturtium officinale*) cultivar 'Folha Larga' em sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reuso de água na hidroponia

Frente à projeção de 9,7 bilhões de pessoas para 2050, a sustentabilidade é fundamental no desafio de alimentar a população mundial (UNITED NATIONS, 2022). Nesse contexto, por ser um recurso estratégico para a produção de alimentos, a água está submetida a uma maior pressão pelo seu uso por haver demandas por parte da indústria, para geração de energia, para dessedentação de animais e pela população para uso diário.

Dessa forma, Azevedo (2012) enfatiza a importância da gestão dos recursos hídricos com eficiência e sustentabilidade associada aos deveres sociais. Quando se trata das regiões semiáridas, onde há má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, os eventos climáticos se tornam ainda mais imprevisíveis. Essa irregularidade climática acaba, inclusive, proporcionando conflitos sociais quando em épocas de secas ou estiagens prolongadas (VAN OEL, 2008).

No mundo, a agricultura é a atividade que mais utiliza água potável, sendo responsável pelo consumo de 70%, podendo chegar a 95% em países em desenvolvimento (UNESCO, 2021). Como alternativa ao uso de água potável, as águas residuárias são um importante recurso que vêm se prestando como alternativa, sendo um instrumento adicional na gestão das águas a partir da sua viabilização para fins menos nobres e diminuindo a pressão de demanda sobre mananciais (BRAGA *et al.*, 2005).

Há um crescente aproveitamento de águas tratadas para sua reutilização em sistemas irrigados, possibilitando o uso sustentável e reduzindo ainda a aplicação de fertilizantes e consequentemente seus custos (LUBELLO, 2004). Assim, há ganhos tanto ambientais como econômicos, visto que o desenvolvimento sustentável moderno esses dois fatores devem estar associados.

Para Oliveira *et al.* (2016), é comum que em pequenas propriedades rurais sejam utilizadas águas provenientes de esgoto sem tratamento, o que gera problemas sanitários devido à presença de patógenos e metais contaminantes. Por isso, é importante a realização de estudos de tratamento de águas residuais para serem utilizadas na agricultura e principalmente por pequenos agricultores.

Segundo a FAO (1992), ao considerar a utilização de águas residuárias como fonte de irrigação, a escolha do sistema de produção adequado é decisiva, pois refletirá na produtividade, nível de contaminação da produção e do ambiente, salinidade, toxicidade e na

segurança humana. A escolha da cultura também é essencial para que a aplicação de águas residuárias tenha êxito.

As águas residuárias aplicadas em sistemas hidropônicos pelos produtores rurais é uma possibilidade que vem sendo estudada. Essa prática reduz a contaminação pela descarga direta de esgoto em cursos hídricos e dá um direcionamento para um recurso, que antes não tinha funcionalidade, melhorando seus aspectos físicos, químicos e biológicos a partir de tratamento prévio (MARTÍNEZ *et al.*, 2013).

A hidroponia consiste em uma técnica de produção de plantas onde o solo é substituído por uma solução nutritiva composta de água e elementos minerais que são essenciais às plantas completarem seu ciclo de vida (FURLANI, 1998). Nela, o meio que sustenta a planta pode ser líquido ou um substrato inerte, o reaproveitamento da solução nutritiva ocorre de forma circulante ou não circulante e fornecimento da solução nutritiva contínua ou intermitente.

Os sistemas hidropônicos podem ser abertos, quando utilizam a solução nutritiva uma única vez, e fechados, onde a solução nutritiva é reutilizada a partir da correção periódica da sua composição. O mais utilizado é o *Nutrient Film Technique* - NFT pela sua praticidade devido a utilização de tubos PVC em cultivos mais rudimentares (MARTINEZ, 2006)

Dessa forma, no cultivo em NFT são utilizadas canaletas posicionadas na horizontal a uma declividade de 2 a 5 %, permitindo a circulação da solução nutritiva em intervalos automatizados. As raízes ficam apenas parcialmente submersas na solução em fluxo laminar intermitente, proporcionando sua respiração. De acordo com Furlani (1998), esse sistema é composto de um tanque que armazena a solução nutritiva, sendo bombeada aos canais de cultivo e retornada ao tanque. O sistema NFT é o mais utilizado no Brasil e no mundo (MORAES, 1999; NETO, 2000).

A vantagem no aspecto sanitário da utilização de águas residuárias tratadas na hidroponia, é que a solução tem contato apenas com as raízes, órgão da planta responsável pela absorção da água. Assim, não há contato direto com a parte que será consumida, no caso, a porção aérea do vegetal (DEMARTELAERE, 2020). Dessa forma, uma água que antes era descartada, gerando impactos ambientais, passa a ser funcional no meio agrícola, mudando totalmente sua perspectiva de uso.

2.2 Aquaponia e hidroponia

A aquicultura, que consiste no cultivo de organismos aquáticos, é tida como estratégica à segurança alimentar mundial por ser um sistema produtivo que fornece uma fonte

de proteína de qualidade e com baixo teor de gorduras saturadas e calorias. Porém, existem impactos relacionados a essa prática que devem ser considerados antes da sua implementação, pois há uma produção de água residuária que causam eutrofização das águas de lençóis freáticos ou cursos hídricos (EMBRAPA, 2013; GONÇALVES, 2002).

A expansão da aquicultura é preocupante justamente por ser uma atividade com alto consumo de água doce a dependendo do sistema de produção adotado. Por isso, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que promovam o reaproveitamento da água residuária. Assim, é evitado o desperdício deste recurso e, conseqüentemente, impactos ambientais, sociais e econômicos (GONÇALVES; FLORES, 2002).

A aquaponia é um modelo de produção de alimentos a partir da integração entre a aquicultura e hidroponia, resultando em um sistema de cultivo intensivo com recirculação de água (EMBRAPA, 2015). Assim, com a crescente pressão sobre os recursos hídricos motivada pelo aumento demográfico mundial, essa técnica surge como uma alternativa viável para produção de alimentos, principalmente em regiões semiáridas devido ao uso mais eficiente da água (MENEZES, 2022).

Além do mais, o modelo de produção hidropônico é capaz de possibilitar controle total de todos os fatores limitantes do cultivo a depender do nível tecnológico investido (SANTOS *et al.*, 2008). Ao associar com a aquicultura, há um maior valor agregado aos produtos devido ao montante de tecnologia utilizada em ambos os sistemas. No entanto, as práticas devem ser conduzidas a partir de uma visão integrada de seus processos com procedimentos compatíveis com práticas sustentáveis para a aquicultura (EMBRAPA, 2013).

A partir disso, a criação de espaços com condições que favoreçam o cultivo de peixes associado ao cultivo de plantas amplifica a utilização sustentável dos recursos naturais, promovendo desenvolvimento desses sistemas integrados para produção sustentável. Dessa forma, a aquaponia se destaca como uma das alternativas, pois evita o despejo do efluente da aquicultura em corpos hídricos ao direcionar, após filtragem, às plantas de cultivo para aproveitamento dos nutrientes presentes (MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012).

Nesse sistema, a água dos peixes passa por um filtro mecânico e outro biológico para então chegar nas raízes das plantas e em seguida voltar ao tanque de peixes, sendo um sistema de recirculação. No filtro mecânico, os sólidos são retidos para posterior retirada do sistema e no biológico há um material poroso que abriga bactérias aeróbicas nitrificantes dos gêneros *Nitrosomona* e *Nitrobacter*, responsáveis por transformar a amônia, que é tóxica aos peixes, em nitrato que será absorvido em parte pelos vegetais. Nesse sistema, as plantas também funcionam como um filtro biológico, pois ao absorver parte dos nutrientes solúveis ela está

promovendo uma limpeza, retornando uma água mais limpa aos peixes (FAO, 2015; HUNDLEY, 2013).

Com relação a proporção de plantas e peixes, há uma forma baseada na quantidade de ração usada na alimentação diária, sendo utilizada uma proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro linear de hidroponia (RAKOCY, 2006). Outra forma, utilizando 7 quilos de plantas para 1 quilo de peixe (WILSON, 2005).

A aquaponia é uma técnica que merece mais estudos por possibilitar a produção de hortaliças, que são ricas em vitaminas e minerais, associada ao cultivo de peixes, que são fontes de proteínas animais de alto valor agregado. Como consequência, há ganhos ambientais devido menor poluição caso fosse apenas uma aquicultura, onde a água é descartada durante o manejo de renovação parcial (GONÇALVES; FLORES, 2002).

Frente ao uso da água de peixe no cultivo de hortaliça de forma integrada, como é feito na aquaponia, a hidroponia passa a ser considerada para utilizar essa água de forma independente, considerando o descarte desse recurso rico em nutrientes e matéria orgânica (DELAIDE, 2016).

2.3 Agrião hidropônico

O agrião d'água (*Nasturtium officinale*) é uma hortaliça folhosa, perene, semiaquática, pertencente à família das Brassicaceae. Trata-se de uma hortaliça adaptada a climas amenos, tendo como origem o sudeste da Ásia, sendo utilizada há séculos na Europa, principalmente por gregos e romanos por apreciarem especiarias e saladas picantes (ALVES, 2011).

Assim como outras hortaliças, o agrião é um alimento regulador por contribuir diretamente nas funções do organismo em virtude de sua composição nutricional e baixo valor calórico, sendo rico em fibras e minerais como Enxofre, Ferro e Fósforo, além de ser fonte de vitaminas do complexo A, B e C (EMBRAPA, 2012; ALVES, 2011).

A cultivar 'Folha Larga' é a mais utilizada e tem como características: alto vigor, alta capacidade de produção de vários ramos a partir de perfilhamento e suas folhas são tenras e arredondadas (VAZ; JORGE, 2006). Seu caule é rastejante, do qual se desenvolvem finas raízes adventícias, responsáveis por retirar nutrientes do meio líquido, e raízes pivotantes, que fixam a planta e também participam da absorção da solução (FILGUEIRA, 2000).

O consumo do agrião hidropônico é comum em saladas e também como planta medicinal, principalmente na adoção de um novo estilo de vida saudável (SANTOS *et al.*,

2021). Isso se dá por ser rico em vitaminas e sais minerais, sendo indicado como um estimulante de apetite e em casos de infecção das vias respiratórias. O caule com folhas é a parte mais utilizada, sendo recomendado o consumo *in natura* para uso medicinal (NETO & SIMÕES, 2007).

Por se tratar de uma planta semiaquática, o agrião é cultivado convencionalmente em áreas alagadas. Associado às dúvidas de como foram realizados o processamento mínimo e a distribuição, há desconfiança por parte dos consumidores pela possível contaminação com dejetos fecais. Isso se dá devido às condições impostas que podem favorecer a transmissão de patógenos ao homem como *Salmonella* sp., *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella* sp., *Aeromonas* sp. e *Listeria monocytogenes* (VIEIRA *et al.*, 2013; SHINOHARA *et al.*, 2014; SIMÕES *et al.*, 2001).

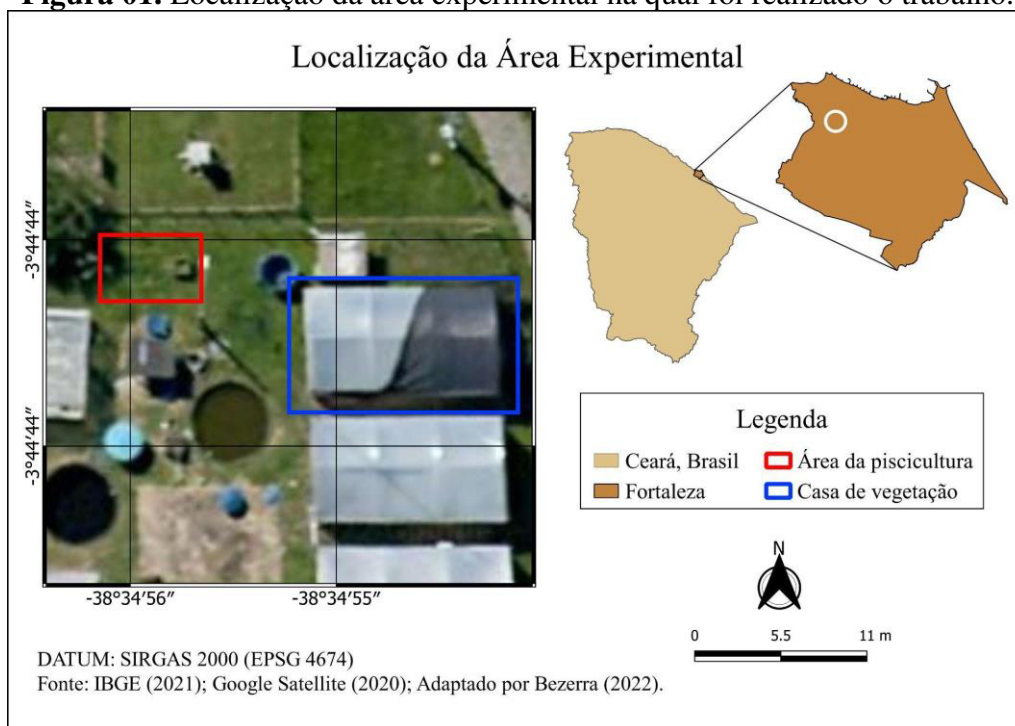
Como alternativa, surge a hidroponia como técnica que se encaixa perfeitamente à cultura do agrião devido ao seu hábito semiaquático. Assim, há maior garantia da sanidade por não haver contato da solução com a parte aérea comestível. Além do mais, esse sistema proporciona maior controle da água e dos nutrientes utilizados, associado a um consumo mais eficiente. Porém, a cultura mais utilizada na hidroponia atualmente é a alface (*Lactuca sativa*), havendo uma carência de estudos com agrião (ALVES, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

O experimento foi realizado de outubro a novembro de 2021, em casa de vegetação localizada na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza - CE, nas coordenadas geográficas 3°44'44''S e 38°34'55''W a uma altitude de 19,5 metros acima do nível do mar (Figura 01).

Figura 01. Localização da área experimental na qual foi realizado o trabalho.



O estudo foi conduzido em ambiente protegido com as seguintes dimensões: 6,25 m de largura com 12 metros de comprimento, totalizando 75 m², altura de 3,5 m nas laterais e 4,5 m no centro. O material de cobertura utilizado foi plástico agrícola transparente (filme de polietileno de baixa densidade) com 150 micras de espessura, posto por cima dele uma tela de sombreamento de 30%. Nas laterais foram utilizadas telas antiafídeos para impedir a entrada de insetos sugadores fitófagos, como pulgões e cochonilhas, impedindo também a entrada de outros insetos.

3.2 Material vegetal e preparo das mudas

A cultura utilizada foi o agrião d'água (*Nasturtium officinale*), cultivar 'Folha Larga'. A sementeira foi realizada em bandejas de 580 células. Foi utilizado somente o substrato inerte de fibra de coco para o preenchimento das células, onde foram dispostas cinco sementes por unidade. Para manter apenas uma planta por célula, fez-se o desbaste das plantas ao atingirem 5 cm, mantendo a mais vigorosa.

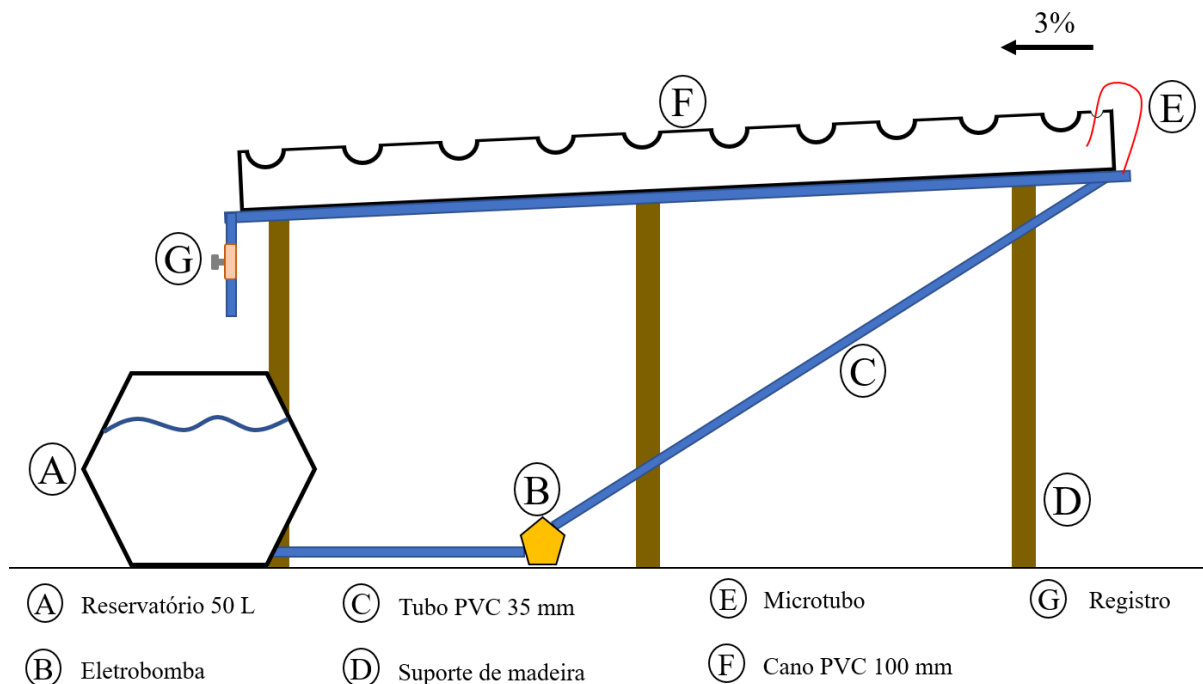
A irrigação foi feita apenas com água até a emergência da plântula do substrato, onde em seguida foi introduzida às plantas a solução nutritiva recomendada por Furlani (1998) diluída em 50%. O transplante para os perfis hidropônicos foi feito após as plantas completarem 29 dias de sementeira (DAS), onde os tratamentos foram iniciados.

3.3 Sistema hidropônico e solução nutritiva

A técnica de nutriente em filme (*Nutrient Film Technique* - NFT) foi utilizada no sistema hidropônico. Para isso, a estrutura contou com 40 perfis independentes compostos por canos de PVC de 100 mm de diâmetro, 2,7 m de comprimento e inclinados a 3%, os quais eram instalados a 0,85 m de altura média e sustentados por armação de madeira e presos com arame. Cada perfil era composto por dez orifícios de 5 cm de diâmetro feitos com serra copo, espaçados a 25 cm de distância. Dos dez, nove eram utilizados para o cultivo das plantas, sendo apenas as três centrais as que eram feitas as análises biométricas.

Cada perfil representou uma solução previamente estabelecida, possuindo seu próprio reservatório com capacidade de 50 litros, que era preenchido manualmente e sua eletrobomba com 35 watts de potência que era responsável por captar a solução e conduzir ela ao interior do perfil na porção mais alta a uma vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, para então retornar por gravidade, formando um filme. Como conexão havia uma tubulação de PVC com 35 mm de diâmetro, com microtubo inserido, que tinha continuidade até a entrada do reservatório com um registro para regular a vazão do filme formado (Figura 02).

Figura 02. Esquema do perfil hidropônico utilizado com seus respectivos componentes.



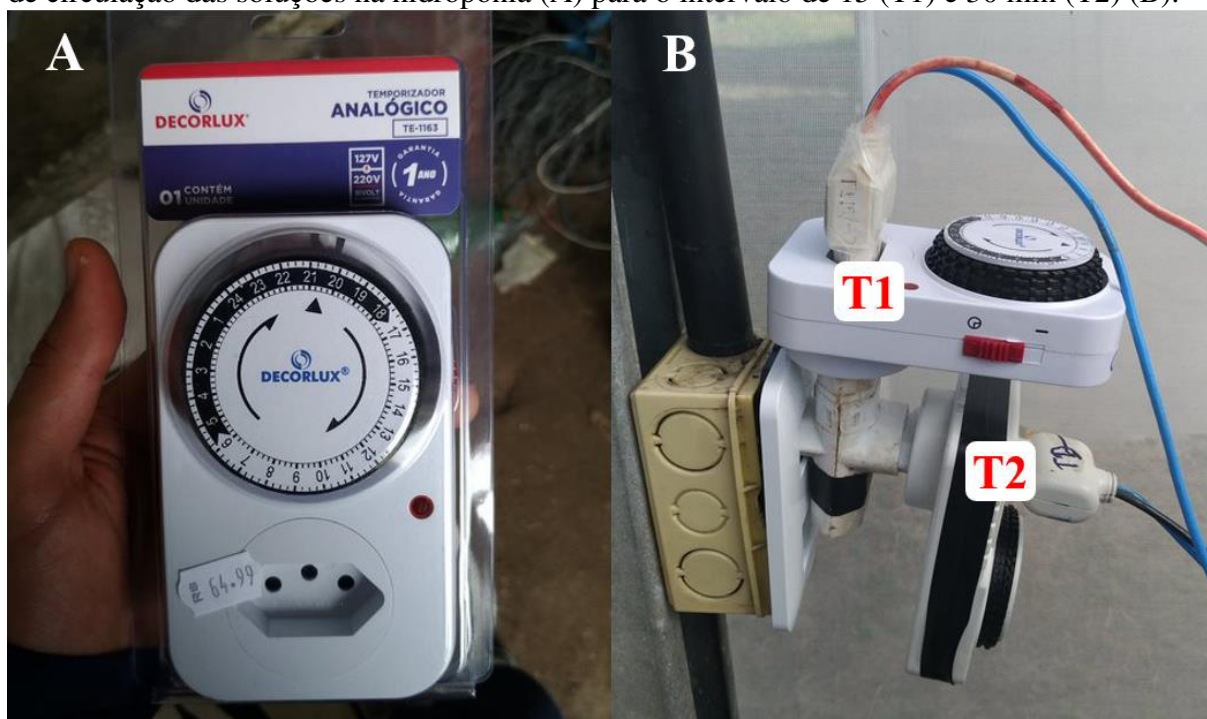
Fonte: autor (2022).

Na entrada de cada reservatório foi utilizado sombrite preto de 50% para bloquear parte da luz, a fim de impossibilitar a formação de microalgas, e impedir a entrada de

fragmentos de substrato no retorno da solução, evitando problemas de entupimento nas eletrobombas.

Para controlar o tempo de circulação das soluções, sendo este fixo a 15 min, e o intervalo de tempo de circulação das soluções no sistema, foram utilizados dois temporizadores analógicos para controlar o funcionamento das bombas instaladas de acordo com os tratamentos estabelecidos, sendo um para cada tempo. As programações estabelecidas para ambos os turnos (manhã e noite) foram de 15 min ligado e 15 desligado para o tratamento T1 e de 15 min ligado e 30 min desligado para o tratamento T2 (Figura 03).

Figura 03. Modelo do temporizador analógico utilizado para automação do intervalo de tempo de circulação das soluções na hidroponia (A) para o intervalo de 15 (T1) e 30 min (T2) (B).



Fonte: Lemos (2021); adaptado por Bezerra (2022).

Com relação à solução nutritiva aplicada às testemunhas, foi utilizada a recomendação desenvolvida por Furlani (1998) para hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT (Tabela 01). Os sais utilizados eram próprios para hidroponia, sendo totalmente solúveis em água. O preparo foi feito em caixa d'água de 1000 L, dissolvendo-os completamente individualmente, previamente pesado em balança de precisão, para então despejar no reservatório com água. O potencial hidrogeniônico (pH) da solução teve uma média, em todo experimento, de 6,1 e sua condutividade elétrica (CE) de 2,83 dS.m⁻¹, valores dentro do ideal ao cultivo de folhosas, garantindo a disponibilidade de macro e micronutrientes para o crescimento das plantas (CARVALHO, 2022).

Tabela 01 — Recomendação de sais/fertilizantes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva utilizados como fonte de macro e micronutrientes para hortaliças folhosas em sistema hidropônico.

Sal/Fertilizante	g 1000 L⁻¹
Nitrato de cálcio	750
Nitrato de potássio	500
Fosfato monoamônio (MAP)	150
Sulfato de magnésio	400
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,5
Sulfato de manganês	1,5
Ácido bórico ou	1,5
Bórax	2,3
Molibdato de sódio ou	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe® (FeEDDHMA-6%Fe) ou	30
Dissolvine® (FeEDTA-13%Fe) ou	13,8
Ferrilene® (FeEDDHA-6%Fe)	30

Fonte: Adaptada de Furlani (1998).

3.4 Manejo da água residuária da criação de tilápia em tanque

Na piscicultura, foi utilizado um tanque escavado próximo à casa de vegetação forrado com duas lonas plásticas de 200 micras, tendo como dimensões 2 m de largura, 4 m de comprimento e 0,90 m de profundidade os quais 0,30 m era mantido livre de água, comportando aproximadamente 4,8 m³ de água. Para manter o nível de 0,30 m abaixo da borda, havia um dreno de 100 mm de diâmetro coberto com uma tela (Figura 04) para impedir que as chuvas não provocassem o transbordamento e conseqüentemente a perda de peixes.

Figura 04. Dreno do tanque de peixes a 30 centímetros da borda tampado com tela para impedir a passagem de peixes.



Fonte: autor (2021).

A espécie de peixe escolhida foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por ser a mais utilizada na piscicultura brasileira, representando 63,5% do volume total de peixes produzidos (PEIXE BR, 2022). No período em que o experimento ocorreu os peixes estavam em fase de crescimento, com peso entre 60 a 300 g. Nesse estágio, a ração ofertada continha no mínimo 32% de proteína bruta, tendo sua quantidade calculada a partir do peso médio estimado dos peixes que era obtido semanalmente a partir da retirada de 10% do cardume.

De acordo com recomendação técnica da FAO (SOMERVILLE *et al.*, 2014), as tilápias foram mantidas ao nível de densidade máxima de estocagem, sendo de até 20 kg de peixes para 1 m³ de água. De acordo com a biometria feita, foram realizadas a despesca para um outro local, mantendo a densidade proposta. Antes do início do experimento foi realizada a retirada de todos os peixes para contagem.

A aeração foi proporcionada por uma queda d'água proveniente da saída de sistema de bombeamento de 1 cv responsável por recircular a água do tanque. O crivo da bomba ficava próximo ao fundo do tanque, a uma distância de 1,50 m da motobomba. Ela também era utilizada para esvaziar parcialmente o tanque quando necessário, a fim de manter a qualidade da água.

Dessa forma, no momento da troca parcial da água do tanque, parte dela era dedicada para utilização na hidroponia, sendo necessária a passagem por um sistema com dois processos de filtragem (física e biológica) composto por duas bombonas com capacidade de 240 L cada. Na filtragem física a água foi transferida para o reservatório para decantação dos sólidos presentes, como algas. Em seguida a ART passava para o filtro biológico preenchido com argila expandida para abrigar bactérias nitrificantes responsáveis pela conversão da amônia em nitrato. Por fim, a ART filtrado era conduzido e armazenado em caixa d'água de polietileno com capacidade de 310 L.

3.5 Variáveis analisadas

Aos 27 dias após o transplante (DAT), foram realizadas medições de trocas gasosas na planta central de cada perfil hidropônico utilizando um Analisador de Gases por Infravermelho (*Infra-red Gas Analyzer – IRGA*) modelo LI-6400 XT, para obtenção das estimativas de concentração interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), eficiência instantânea de uso da água ($EUA_{inst.}$) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC). As leituras foram realizadas sob luz saturante ($1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), com concentração de CO₂ constante (400 ppm) e temperatura ambiente.

Em seguida, as três plantas centrais de cada perfil analisadas foram coletadas para então obter a média das variáveis de crescimento como altura (ALT), número de folíolos (NF) e comprimento de raiz (CR). Para avaliação das variáveis ALT e CR, foi utilizado uma trena graduada em centímetros, onde a primeira era medida a partir da base da planta até a extremidade da folha mais alta e a segunda da base da planta até a ponta da raiz mais comprida. Quanto ao NF, foram contabilizados os folíolos basais até os da última folha completamente expandida.

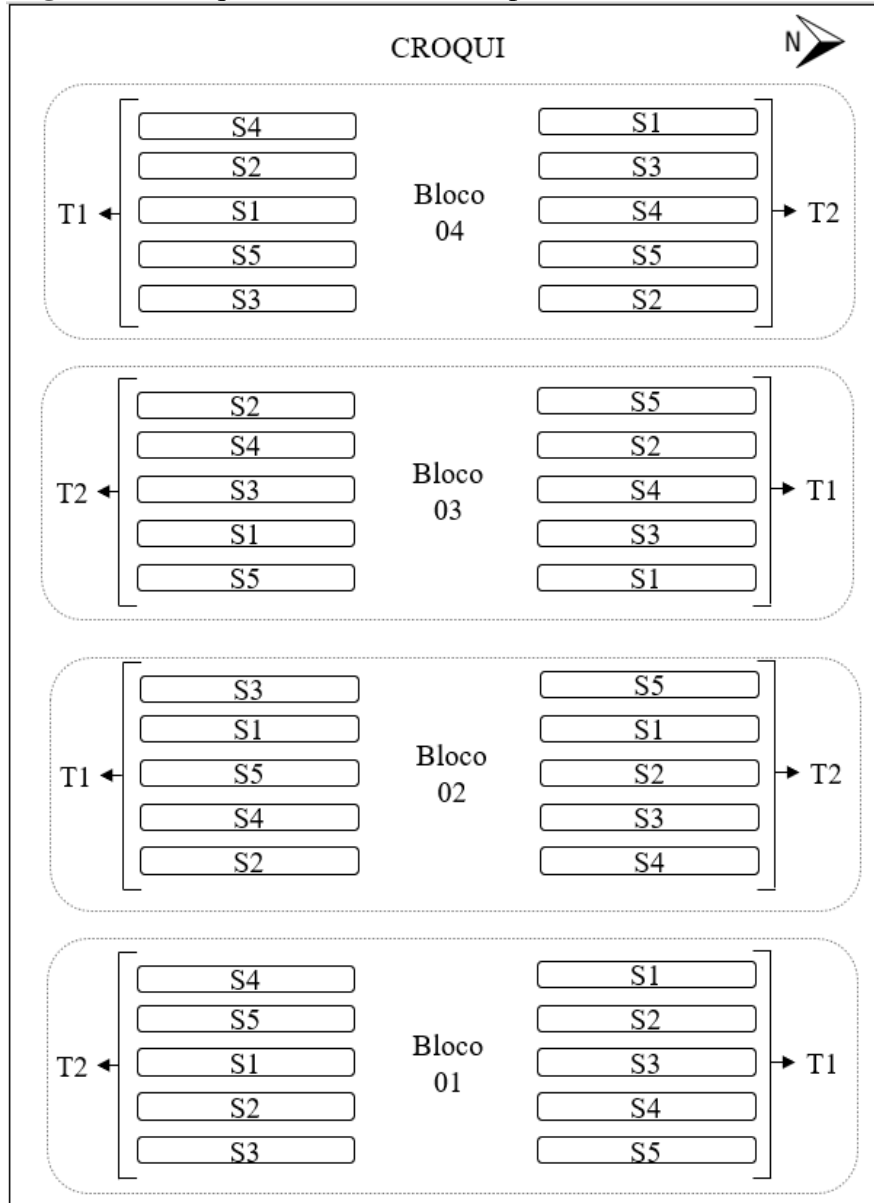
Além do mais, foram feitas medições dos valores de pH e CE das soluções de cada parcela semanalmente até o final do experimento, totalizando quatro leituras, para obtenção dos valores médios de cada solução utilizada.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com fatorial misto. Como fator primário aleatorizado, utilizou-se cinco diferentes misturas de águas (S1: 100% de águas advindas da piscicultura; S2: 25% de solução nutritiva e 75% de águas advindas da

piscicultura; S3: 50% de solução nutritiva e 50% de águas advindas da piscicultura; S4: 75% de solução nutritiva e 25% de águas advindas da piscicultura; S5: 100% de solução nutritiva). Como fator secundário fixo, foram utilizados dois intervalos de tempo de circulação das soluções (T1: 15 minutos; T2: 30 minutos) cujo tempo de circulação era comum aos dois (T1 e T2: 15 min). Com 4 repetições foram totalizadas 40 unidades experimentais (Figura 05).

Figura 05. Croqui do delineamento experimental.



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

As variáveis foram avaliadas pelo teste F utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As que apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$) foram submetidas à análise de regressão. Os dados qualitativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS

Não foi observado interação entres os fatores intervalo de tempo de circulação e solução. Para o estudo dos fatores isolados, a variável CR foi influenciada pelo intervalo de tempo de circulação das soluções, pelo teste F ($p < 0,01$). Por outro lado, todas as variáveis em estudo foram influenciadas pelas combinações de soluções, pelo teste F ($p < 0,05$) (Tabela 02).

Tabela 02 — Resumo das Análises de Variância (ANOVA) utilizando o quadrado médio referente à variável da Altura (ALT), do Número de Folíolos (NF) e do Comprimento da Raiz (CR) de plantas de agrião hidropônico cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e a água de reuso de tilápia com diferentes intervalos de tempo de circulação das soluções no perfil hidropônico NFT aos 27 DAT.

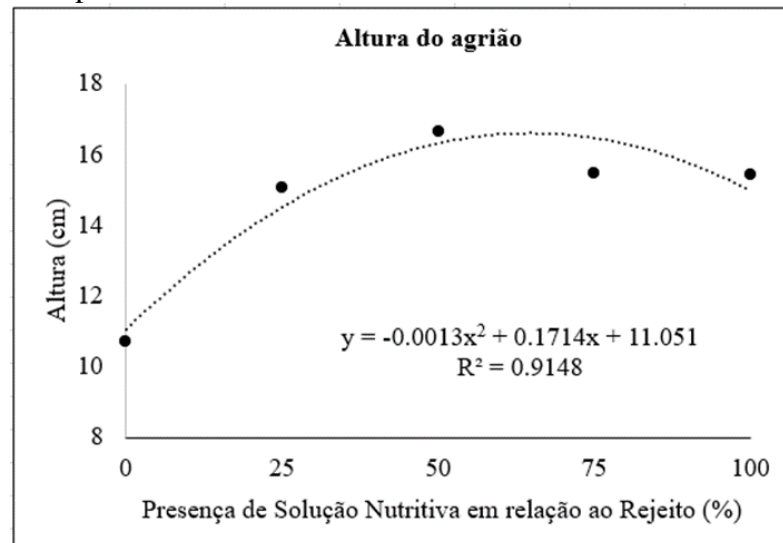
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ALT	NF	CR
Tempo (a)	1	9,025 ^{ns}	36,1 ^{ns}	21,76 [*]
Erro (a)	3	1,73	57,79	1,25
Bloco	3	9,542 ^{ns}	282,83 ^{ns}	6,51 ^{ns}
Solução (b)	4	41,81 ^{**}	355,16 ^{**}	9,44 ^{**}
Erro (b)	24	0,10	2,01	2,06
Interação (a x b)	4	0,29 ^{ns}	51,79 ^{ns}	2,42 ^{ns}
CV (%) (a)		15,56	57,12	11,9
CV (%) (b)		10,54	30,13	15,3

* e ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. Fonte: autor (2022).

As variáveis de crescimento (ALT, NF e CR) se ajustaram à equação quadrática, sendo possível calcular as melhores combinações entre SN e RP, bem como os melhores resultados que elas expressariam para cada variável.

A maior média de ALT (16,65 cm) ocorreu com a utilização da solução 3 (S3), composta por 50% de SN com 50% do RP, sendo superior ao tratamento controle S5, com 100% da SN. Ademais, a partir da equação obtida pela regressão ($y = -0,0013x^2 + 0,1714x + 11,051$) ($R^2 = 0,9148$), o ponto máximo da linha de tendência calculado resultou em uma solução composta por 65,90% de SN e 34,10% RP, considerada como taxa ótima para variável analisada (Figura 06).

Figura 06. Análise de regressão para variável Altura do agrião cv. 'Folha Larga' submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso de tilápia em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.

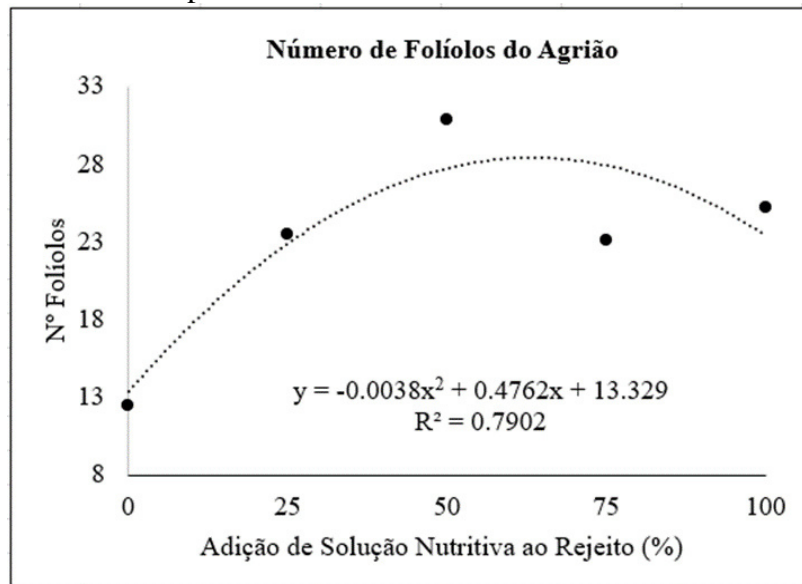


Fonte: autor (2022).

Os maiores valores no NF também foram observados em plantas quando submetidas ao tratamento S3, expressando uma média de 30 folíolos (Tabela 04). A taxa ótima calculada pela regressão ($y = -0,0038x^2 + 0,4762x + 13,329$) ($R^2 = 0,7902$) resultou em uma solução composta por 62,66% da SN (S5) e o restante pela ART (S1). Os menores valores foram observados no tratamento cuja solução era composta somente pela ART (S1) (Figura 07).

Ao realizar a média das três porcentagens ideais das três variáveis (ALT, NF e CR), estas obtidas pela regressão, tem-se que a utilização de aproximadamente 64% de SN com 36% da ART seria a proporção ideal para que o agrião atinja seus melhores índices de crescimento.

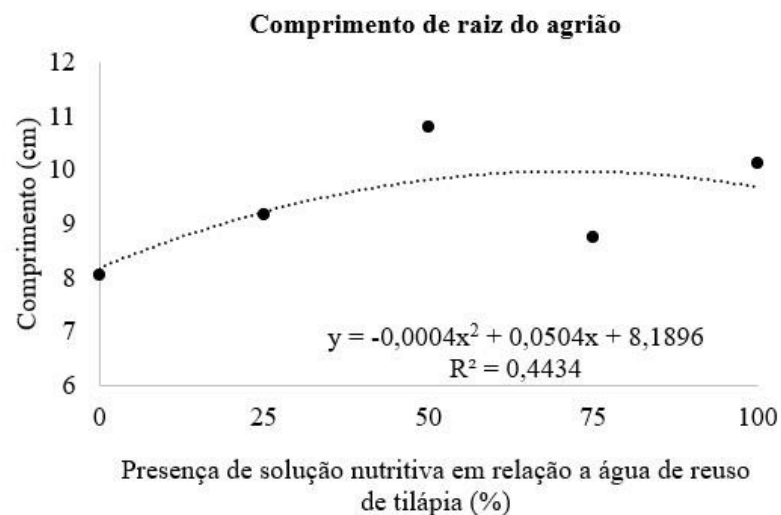
Figura 07. Análise de regressão para variável Número de Folíolos do agrião cv. 'Folha Larga' submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso de tilápia em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.



Fonte: autor (2022).

Com relação ao CR, o tratamento S3 também proporcionou os maiores valores, apresentando uma média de 10,79 cm. A taxa ótima obtida pela equação gerada na regressão ($y = -0,0004x^2 + 0,0504x + 8,1896$) ($R^2 = 0,4434$) resultou em uma solução composta por 63% de SN e 37% da ART (Figura 08).

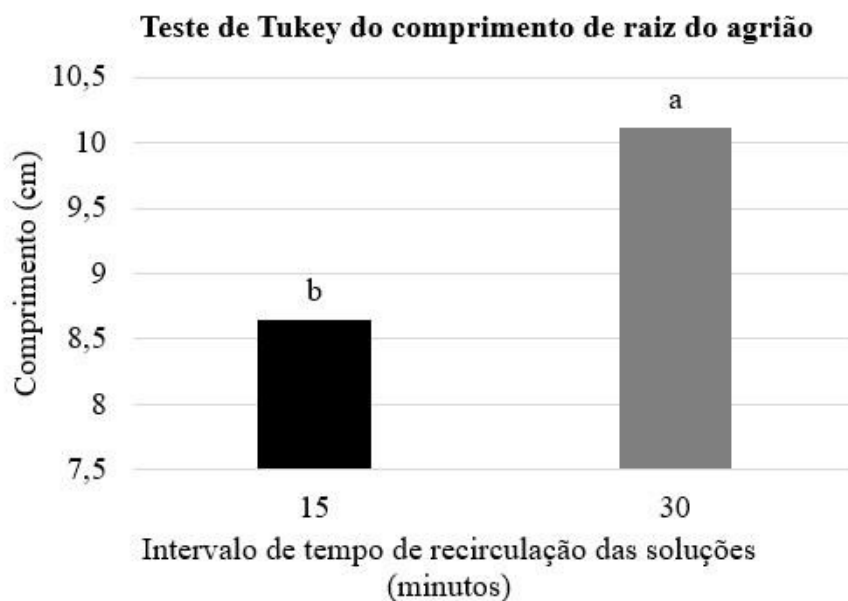
Figura 08. Análise de regressão para variável Comprimento de Raiz do agrião cv. 'Folha Larga' submetido a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso de tilápia em sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.



Fonte: autor (2022).

Também houve diferença significativa entre os intervalos de tempo de recirculação da SN utilizados no sistema. O tempo de 30 min promoveu uma média de crescimento de 10,12 cm contra 8,65 cm no intervalo de 15 min, ao nível de 5% ($p < 0,05$) pelo teste Tukey (Figura 09), representando um aumento relativo de 17%.

Figura 09. Teste de Tukey para variável comprimento de raiz do agrião cv. 'Folha Larga' submetido a diferentes intervalos de recirculação da solução no sistema hidropônico NFT aos 27 DAT.



Letras minúsculas diferem entre si ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: autor (2022).

Com relação aos dados fisiológicos das trocas gasosas, as variáveis razão entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a), eficiência instantânea de uso da água ($EUA_{inst.}$) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) houve efeito significativo a 1% pelo teste F da análise de variância ($p < 0,01$) (Tabela 03).

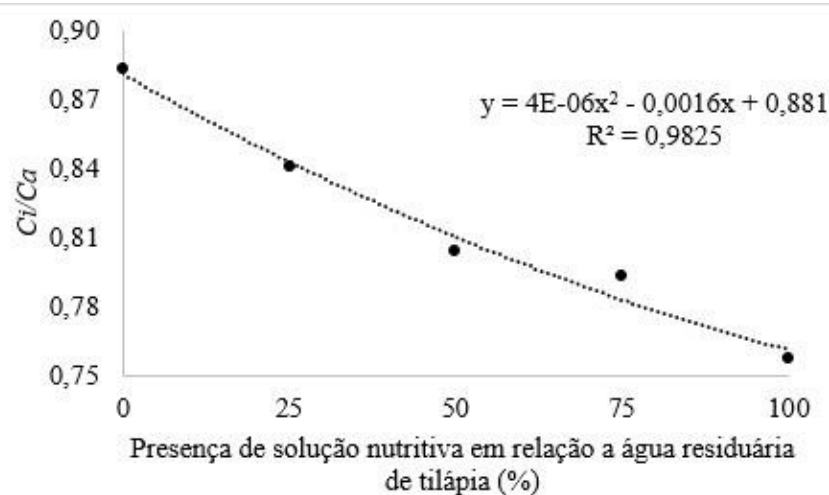
Tabela 03 — Resumo da ANOVA para as variáveis razão entre concentração interna e externa de CO₂ (*Ci/Ca*), eficiência instantânea do uso da água (*EUA inst.*) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*) em plantas de agrião cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso de tilápia com diferentes intervalos de tempo de circulação das soluções no perfil hidropônico NFT aos 27 DAT.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		<i>Ci/Ca</i>	<i>EUA inst.</i>	<i>EiC</i>
Tempo (a)	1	0,0010 ^{ns}	0,0460 ^{ns}	0,00054 ^{ns}
Erro (a)	3	0,0193	1,5839	0,00161
Bloco	3	0,0092 ^{ns}	1,4481 ^{ns}	0,00087 ^{ns}
Solução (b)	4	0,0184 ^{**}	1,7568 ^{**}	0,00186 ^{**}
Erro (b)	24	0,0013	0,0692	0,00012
Interação (a x b)	4	0,0010 ^{ns}	0,0968 ^{ns}	0,00016 ^{ns}
CV (%) (a)		17,05	76,07	94,47
CV (%) (b)		4,36	15,09	25,72

* e ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo; GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação. Fonte: autor (2022).

Todas as variáveis de trocas gasosas se ajustaram à equação quadrática e, com isso, foi possível calcular as melhores combinações entre SN (S5) e ART (S1), bem como os melhores resultados que elas expressariam para cada variável. Para razão *Ci/Ca*, houve um aumento na relação com a incrementação da ART à SN, apresentando a maior média de 0,88 nas plantas submetidas ao tratamento S1, enquanto o menor (0,76) foi observado com a utilização da solução S5 (Figura 10).

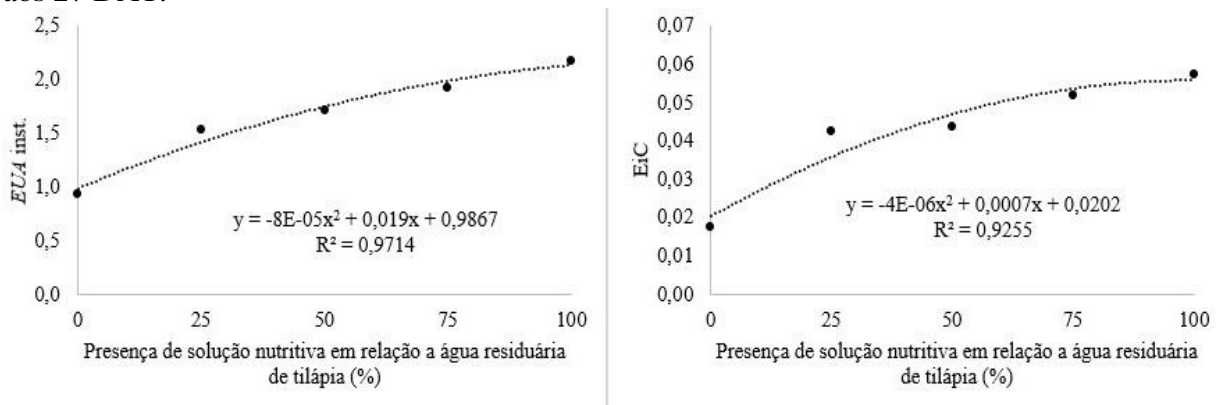
Figura 10. Análise de regressão para a variável razão entre concentração interna e externa de CO₂ (*Ci/Ca*) em plantas de agrião em função a diferentes combinações de solução nutritiva e água de reuso da criação de tilápia com diferentes intervalos de tempo de circulação das soluções no perfil hidropônico aos 27 DAT.



Fonte: autor (2022).

Com relação às eficiências, a de uso instantânea da água ($EUA_{inst.}$) foi obtida pela razão entre a taxa fotossintética líquida e a transpiração (A/E), apresentando valores mínimo e máximo de 0,93 e 2,17 sob os tratamentos S1 e S5, respectivamente (Figura 11A). Já a EiC , a melhor combinação entre SN e ART encontrada foi de 87,50 e 12,50%, respectivamente, com valor de 0,05 (Figura 11B).

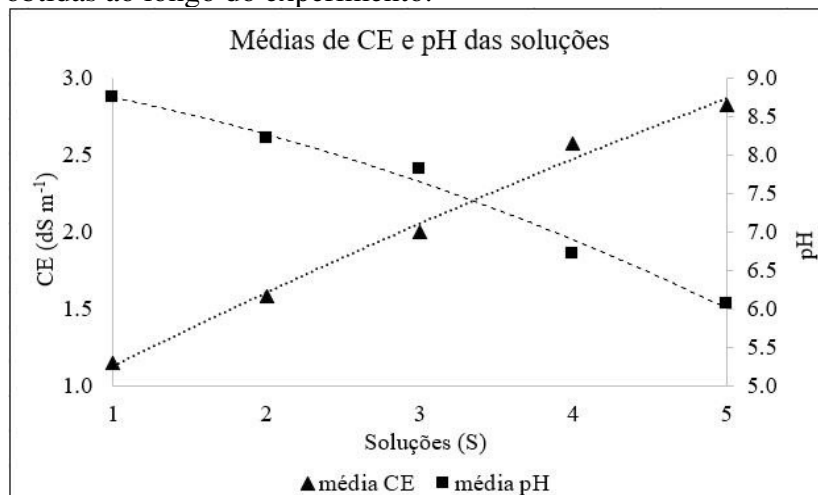
Figura 11. Análise de regressão para as variáveis eficiência instantânea do uso da água ($EUA_{inst.}$) (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (B) em plantas de agrião cv. ‘Folha Larga’ em função de diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso de tilápia aos 27 DAT.



Fonte: autor (2022).

Além do mais, é importante que sejam consideradas as médias de CE, que é uma estimativa indireta relacionada à concentração de íons, e pH das soluções expostas na Figura 12. Nela, é possível perceber que a solução composta somente pela ART (S1) teve a menor média de CE ($1,15 \text{ dS.m}^{-1}$) e maior pH (8,75).

Figura 12. Média dos valores de Condutividade Elétrica (CE) e Potencial Hidrogeniônico (pH) das soluções (S1, S2, S3, S4 e S5) obtidas ao longo do experimento.



Fonte: autor (2022).

5 DISCUSSÃO

É sabido que o cultivo de peixes gera grande quantidade de água residuária que não recebem tratamento adequado, sendo despejados em cursos hídricos e promovendo impactos ambientais a partir da poluição e eutrofização da água (EMBRAPA, 2013; GONÇALVES, 2002). Porém, existem manejos que utilizam essa água residuária associando ao cultivo de plantas, como a própria hidroponia, semelhante ao que ocorre em sistema aquapônico (EMBRAPA, 2015).

O aumento da ALT e do NF das plantas à substituição de 50% da SN pela ART pode indicar que as plantas se desenvolveram bem com metade da solução nutritiva. Porém, por ter sido superior ao tratamento com 100% da SN (S5), a ART (S1) pode ter sido o promotor dessa diferença, possivelmente, pela presença de compostos nitrogenados, comum em água proveniente de peixes (CAMPECHE, 2017).

A presença de nutrientes no efluente da piscicultura contribui para a nutrição das plantas. Isso acontece devido a presença de fósforo e, principalmente, nitrogênio, sendo ambos provenientes tanto pela ração que é ofertada aos peixes quanto pelas excretas produzidas por eles, como subproduto da alimentação (MEDEIROS *et al.*, 2013; ARAUJO *et al.*, 2017). Já a presença e acúmulo de matéria orgânica dissolvida (MOD) está relacionada com a retirada inadequada de ração não consumida e do material fecal, além de outros fatores como a dieta estabelecida, digestibilidade alimentar, taxas de recirculação e volume retirado no manejo de troca parcial de água (CHAVES, 2020).

A superioridade do tratamento S3 frente ao controle (S5) pode estar relacionado a fatores que estimulam a absorção de nutrientes e/ou o crescimento das plantas, como a presença de MOD e/ou a presença de microrganismos (micorrizas e/ou rizobactérias), que produzem substâncias promotoras de crescimento como fitormônios, ambos provenientes da água advinda da piscicultura (HAMBLY, 2015). O mesmo ocorreu com Delaide (2016) ao trabalhar com suplementação de água de peixe à solução nutritiva (CAP), aquaponia (AP) e hidroponia (HP), onde a cultura da alface (*L. sativa*) apresentou valores de biomassa e absorção dos nutrientes nos tratamentos CAP e AP superiores ao tratamento HP.

Os valores de CE e pH demonstram que, além da baixa concentração de sais, ainda há a baixa disponibilidade de alguns elementos essenciais como nitrogênio, enxofre, fósforo, boro, ferro, cobre, manganês e zinco, pois estes ficam menos disponíveis na solução por efeito indireto do pH quando maior que 6,5 (COMETTI, 2018). A depender do pH, há ainda a formação de complexos insolúveis de íons, resultando na precipitação.

Além do mais, a CE da solução S1 tinha valores inferiores a $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$. Dessa forma, não é possível afirmar se havia nutrientes insolúveis na solução S1 e S2 ($\text{pH} > 8$), se os nutrientes necessários estavam presentes na solução ou se ambas as situações ocorriam mutuamente. Assim, a CE e o pH podem estar relacionados indiretamente às respostas inferiores de ALT, NF e CR das plantas submetidas ao tratamento S1.

As plantas submetidas aos tratamentos S1 e S2, cujo pH era alcalino (8,75 e 8,23), apresentaram sintomas de deficiência de macro e micronutrientes, como redução do crescimento e folhas cloróticas, principalmente no tratamento S1, enquanto a S2 se mostrou mais verde, com maior NF e ALT do que as submetidas ao S1 (Figura 13). Esse maior desenvolvimento das plantas submetidas a S2, apesar de não significativo, pode estar associado a CE de $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$ devido a presença de 25% da SN na solução.

Figura 13. Plantas de Agrião cv. ‘Folha Larga’ submetidas a soluções com diferentes combinações entre solução nutritiva e água de reuso de tilápia aos 27 DAT.



Fonte: Oliveira (2021); adaptado por Bezerra (2022).

Para Cometti *et al.* (2018), a partir de experimentos com alface utilizando a solução de Furlani (1998) diluída a 75% da original, as plantas tiveram melhor crescimento em CE próximo a $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$, não diferindo estatisticamente até $1,84 \text{ dS.m}^{-1}$. O desempenho das plantas a esse baixo valor de CE, segundo os autores, está associado à utilização do sistema NFT devido à constante agitação e renovação da solução que flui com velocidade nas raízes, sendo possível a redução da concentração de nutrientes, associada indiretamente à CE.

Assim como a ALT e o NF, o CR também foi superior com a utilização da solução S3, ultrapassando o tratamento com S5 com 100% da SN, considerada ideal para cultura por Furlani (1998). Esse baixo desempenho do S5 pode ter ocorrido devido a CE elevada ($2,85 \text{ dS.m}^{-1}$), já que a maioria das hortaliças folhosas se desenvolvem bem em até no máximo $2,5 \text{ dS.m}^{-1}$.

Avaliando o crescimento do marmeleiro (*Croton blanchetianus*) utilizando efluentes da piscicultura e água salobra, Andrade *et al.* (2021) observaram que leves incrementos de salinidade ocasionaram nas plantas um eu-estresse. Esse termo refere-se a uma condição de estresse leve, e ao mesmo tempo estimulante, para alguns vegetais. O eu-estresse torna-se um fator favorável e positivo, pois incrementa as atividades fisiológicas da planta para se preparar para esse estresse imposto a partir do favorecimento do metabolismo celular, crescimento e desenvolvimento vegetal (LICHTENTHALER, 2004).

Dessa forma, o aumento do CR obtido com tempo de recirculação de 30 min pode estar relacionado a um leve estresse hídrico, favorecendo um eu-estresse, similar ao osmótico ocasionado pela salinidade no estudo citado anteriormente, promovendo um maior crescimento

do órgão como resposta metabólica justamente para lidar com o período de menor disponibilidade hídrica.

Com relação a composição de aproximadamente 64% de SN e 36% de ART, as médias de CE e pH foram de de 2,2 dS.m⁻¹ e 7,5, respectivamente. Apesar do pH estar acima do limite máximo ideal (6,5), a média dos valores ainda chegaram a ultrapassar o tratamento controle (S5), considerada dentro dos parâmetros ideais. Quando a solução tem elevada concentração de sais, a entrada de água na planta se torna mais dificultosa devido ao efeito de estresse osmótico (COMETTI *et al.*, 2018), podendo justificar o menor desempenho das plantas submetidas a S5 e o melhor desempenho frente a S3. No caso dos outros tratamentos (S1 e S2), o fator pH pode ter impossibilitado as plantas de demonstrarem seu desempenho frente aos nutrientes presentes, afetando a disponibilidade deles.

O agrião se desenvolve melhor em climas amenos, apesar de ter certa resistência a temperaturas elevadas (BARBOSA *et al.*, 2009). Porém, no decorrer do experimento as plantas sofreram devido à elevada temperatura da casa de vegetação, tendo o valor médio de 34,7 °C, mínima de 31,8 °C e máxima de 37 °C, perdendo o turgor em grande parte do dia. Como consequência, houve a redução da transpiração devido ao fechamento dos estômatos, levando a planta a diminuir a capacidade de absorver água e nutrientes e realizar fotossíntese.

Ao associar o efeito osmótico pela presença ou ausência de sais, há variações no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, influenciando nas respostas das trocas gasosas realizadas pelas plantas. Com o fechamento estomático, há um decréscimo na concentração de CO₂ no espaço intercelular (C_i) do mesófilo foliar devido a sua utilização no processo de fotossíntese, diminuindo o valor da razão entre C_i/C_a . Porém, quando há um aumento excessivo da razão C_i/C_a por longos períodos pode ser um indicativo de uma limitação bioquímica, caracterizado pelo comprometimento dos cloroplastos e da atividade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RUBISCO), responsável pela assimilação do CO₂ no processo de fotossíntese (CHAVES; OLIVEIRA, 2004; TAIZ, 2017).

Diante do exposto, fica evidente que as plantas submetidas aos tratamentos com maior presença de ART (S1 e S2) tiveram o mecanismo de fotossíntese comprometido, evidenciado pelos elevados valores de C_i/C_a . Isso foi observado por Tabagira *et al.* (2014) em plantas de tomateiro submetidas à irrigação salina, atribuindo a elevação da relação C_i/C_a pelo dano ao aparato fotossintético na fase bioquímica ou de carboxilação devido ao estresse salino por um longo período, sendo confirmado ao restabelecer as condições normais e a fotossíntese manter-se inalterada. Como neste experimento não houve problemas de salinidade, provavelmente a causa danos se deram por fatores nutricionais, sendo necessário análise

bioquímica dos tecidos vegetais para confirmação. Assim, devido à ausência de nutrientes em quantidades ideais na RP, refletida pela baixa CE, e/ou indisponibilidade devido ao pH, houve prejuízo na formação e manutenção das clorofilas, além de todo aparato metabólico (TAIZ, 2017).

Apesar das plantas submetidas ao tratamento S5 terem tido menos índices de crescimento, quando comparadas às submetidas ao S3, a relação Ci/Ca apresentou a menor média, demonstrando que não houve comprometimento no processo de fixação de CO_2 (KRAMER E BOYER, 1995). Situação semelhante ocorreu com Lima (2014) em mudas de coqueiro irrigado com água salina, onde as plantas apresentaram redução do Ci/Ca mesmo em níveis elevados de CE, indicando um estresse momentâneo, sem o comprometimento do mecanismo responsável pela fotossíntese.

Com relação à maior EUA inst. no tratamento S5 pode estar relacionado com um fechamento parcial dos estômatos, elevando-a pela diminuição de perda de água para o ambiente. Já os maiores valores de EiC (taxa fotossintética líquida/ Ci) com a utilização do S5 pode estar relacionado com a maior taxa de fotossíntese, já que a menor Ci/Ca está relacionada com a diminuição do Ci ao considerar a Ca constante (TABAJIRA *et al.*, 2014; TAIZ, 2017).

De modo geral, outros fatores relacionados à SN que não foram registrados podem ter atuado nos resultados das variáveis analisadas. Dentre eles, pode-se citar a temperatura e oxigênio dissolvido (OD), além de outros fatores físico-químicos relacionados a água utilizada para o preparo da S5 como a concentração de sólidos em suspensão, substâncias dissolvidas, dureza total, cloretos e cloro residual livre, fluoretos, alumínio, pH, e concentração de íons (COMETTI *et al.*, 2018; MAROUELLI *et al.*, 2001).

4 CONCLUSÃO

A solução composta somente pela água residuária de tilápia, em fase de crescimento, é insuficiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, afetando-as negativamente.

A partir da regressão, pode-se concluir que a utilização de 64% de solução nutritiva e 36% de água de reuso de tilápia, em fase de crescimento, pode melhorar os índices de crescimento das plantas de agrião, indicando uma possível redução na quantidade de fertilizantes utilizados e do custo de energia com a utilização do intervalo de circulação de 30 minutos.

Frente ao exposto, as características físicas, químicas e biológicas das soluções são relevantes para tomada de decisão no sistema produtivo, pois são variantes com grande importância para discussão do que realmente influenciam as respostas fisiológicas e que afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo necessário novos estudos que abranjam mais variáveis analisadas e que padronizam mais o ambiente de estudo para que os efeitos dos tratamentos avaliados ocorram mais isoladamente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M da S. **Reuso de efluente de piscicultura na irrigação de plantas de *Croton blanchetianus*: aspectos fisiológicos e bioquímicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró – RN, 2021. Disponível em: https://www.uern.br/controldepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212dissertaa%E2%80%A1a%C6%92o__marcelo_andrade.pdf. Acesso em: 03 dez. 2022.
- ALVES, M. da S. **Estratégias de usos de águas salobras no cultivo de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, Bahia, 2011. Disponível em: http://www.repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/563/1/Marcio_da_Silva_Alves.pdf. Acesso em: 27 ago. de 2022.
- AZEVEDO, D. C. F de. Água: Importância e gestão no semiárido nordestino. Vol. 11, n.1, 2012. Versão online ISSN: 1676-0727. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/2992/2165>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**, 2005. São Paulo: Prentice Hall, ed. 2.
- CAMPECHE, D. F. B. Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades. **Aquicultura atual no semiárido**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - PE, 2017, v.12, ed. 2. ISSN 2526-2556
- CARVALHO, A. L. S. de. **Hidroponia como alternativa na produção de rúcula em Ribeira do Pombal - BA**. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário AGES. Paripiranga, Bahia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/24219>. Acesso em: 03 set. de 2022.
- CARVALHO, P. G. B. de; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. de N. **Hortaliças como alimentos funcionais**. Horticultura Brasileira, v. 24, no 4, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/L9XJQJkrsnCgrKSGYQPHd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 ago. de 2022.
- CHAVES, R. C. **Matéria orgânica dissolvida como indicadora dos impactos de piscicultura de tanque-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Furnas**. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.
- COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; GENUNCIO, G. C. Soluções Nutritivas: composição, formulação, usos e atributos. *In*: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - SBCS, 2018. p. 9-46. ISBN 978-85-86504-23-5.
- CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, v. 55, n. 407, p. 2365–2384, 2004.

DELAIDE, B.; GODDEK, S.; GOTT, J.; SOYEURT, H.; JIJAKLI, M. H. **Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Sucrine*) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics**. *Water*, [s. l.] v. 8, n 10, p. 467, 2016.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al.* **O cultivo hidropônico de alface com água de reuso**. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v.6, n. 11, p. 90206-90224, nov. 2020. ISSN 2525-8761. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/20199/16179>. Acesso em: 06 ago. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>. Acesso em 09 ago. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cores e sabores: a importância nutricional das hortaliças**. *Hortaliças em Revista*, ano 1, no 2, 16 p., 2012. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/revista_ed2.pdf/74bbe524-a730-428f-9ab0-ad80dc1cd412. Acesso em: 26 ago de 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, 2015. disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>. Acesso em 09 ago. 2022.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2011.

FURLANI, P. R. **Instrução para o cultivo de hortaliça de folha pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. 30p. (Documentos IAC, 168).

GONÇALVES, T. G.; FLORES, G. S. M. **Recursos Hídricos para a Aquicultura: Reflexões temáticas**. I Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - ANPPAS. Anais, Indaiatuba, São Paulo. 2002.

GUIMARÃES, A. Z.; TRINDADE, E. N. O.; LAGE, F. C. **Fazendas urbanas aquaponia e hidroponia: sistemas para uma produção independente**. 2020. *Revista Exatamente Newton*. n. 1. p. 107-124. Disponível em: <http://revistas.newtonpaiva.br/revista-exatamente/wp-content/uploads/2020/12/REVISTA-EXATAMENTE-NEWTON-N.1-ART9.pdf>. Acesso em: 01 set. de 2022.

HAMBLY, A.C.; ARVIN, E.; PEDERSEN, L. -F.; PEDERSEN, P.B.; SEREDYNSKA-SOBECKA, B.; Stedmon, C.A. Characterising organic matter in recirculating aquaculture systems with fluorescence EEM spectroscopy. *Water Res.* 2015, 83, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.037>.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press. 1995. 495p.

LICHTENTHALER, H. K. **El estrés y la medida del estrés en plantas**. In: Reigosa, M.J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. *La Ecofisiología Vegetal – Una ciencia de 84 síntesis*. Madrid. Thomson. 2004. cap. 2, p. 59-111. ISBN 84-9732-267-3.

LIMA, B. L. C. **Respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com água salina**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10566/1/2014_dis_blclima.pdf. Acesso em: 04 dez. 2022.

LUBELLO, C.; GORI, R.; NICESE, F. P.; FERRINI, F. **Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation**. *Water Research*, v. 38 p. 2939-2947, 2004.

MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. **Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production**. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: EMBRAPA-SPI; EMBRAPA-CNPQ. Brasília, DF. 2008. 2ª ed. ISBN 978-85-7383-428-4.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: UFV. 271 p. 2006.

MARTÍNEZ, S.; SUAY, R.; MORENO, J.; SEGURA, M.L. **Reuse of tertiary municipal wastewater effluent for irrigation of Cucumis melo L**. *Irrigation Science*, v. 31, p. 661–672, 2013. DOI 10.1007/s00271-012-0342-4. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257392042_Reuse_of_tertiary_municipal_wastewater_effluent_for_irrigation_of_Cucumis_melo_L. Acesso em: 06 ago. 2022.

MENEZES, V. V. S. **Aplicação da aquaponia no nordeste brasileiro, uma revisão**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64817/3/2022_tcc_vvsmenezes.pdf. Acesso em: 08 ago. 2022.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P.R. **Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/2001, p.105-113, 1999.

NETO, E. B.; BARRETO, L.P. **Técnicas de cultivo hidropônico**. Recife. UFRPE. 2000. *FAO –Wastewater treatment and use in agriculture. Irrigation and Drainage Paper n. 47* Roma, Itália: FAO, p. 125, 1992.

NETO, E. B. *Cadernos do Semiárido: Riquezas & Oportunidades. Hidroponia*. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - PE, 2017, v.6, ed. 2. ISSN 2526-2556

NETO, F. C.; SIMÕES, M. T. F. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares da terra fria transmontana. Portugal**. 2007. 30p. ISBN 978-972-8506-74-2. Disponível em:

<https://docplayer.com.br/47062312-As-plantas-mediciniais-aromaticas-e-condimentares-da-terra-fria-transmontana.html>. Acesso em: 01 de set. de 2022.

OLIVEIRA, W. S. N.; SOUSA, B. A. A. de; RIBEIRO, B. S. **Sistema hidropônico com água de reuso**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, João Pessoa-PB, v. 4, p. 1141-1151, 2016. ISSN 2318-7603. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2016/anais2016.html>. Acesso em: 05 ago. 2022.

PEIXE BR. **Anuário 2022: Peixe BR da piscicultura**. Associação brasileira de piscicultura. São Paulo – SP, 2022. 156 p.

RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture**. SRAC Publication, v.454, p.1-16, 2006.

ROCHA, P. S. G.; CANOVA, D. V.; ADONA, L.; AMARAL, A. S. do; MOSELE, S. H. **Produção de agrião hidropônico sob diferentes intensidades luminosas com leds**. Anais. XII ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA. 2018. ISSN 2448-1807. Florianópolis, SC. p. 95-99. Disponível em: http://www.encontrohidroponia.com.br/images/site/ANAIS_2018_Final.pdf#page=214. Acesso em: 01 set. de 2022.

SANTOS, A. O.; NETO, B. L. R.; ZWIRTES, D. S.; SILVA, R. B.; YONENAGA, W. H. **Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas**. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Sistemas - Uni-FACEF, Franca, SP. v.1, 2008. Disponível em: https://legacy.unifacef.com.br/quartocbs/artigos/j/j_139.pdf. Acesso em: 09 ago. 2022.

SANTOS, R. S. *et al.* **Qualidade microbiológica e parasitória de plantas medicinais conhecidas como agrião (*Nasturtium officinale*) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) comercializadas em feiras livres**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 2021. ISSN: 1516-0572 Versão on-line ISSN: 1983-084X. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Miranda-11/publication/354100222_Qualidade_microbiologica_e_parasitologica_de_plantas_mediciniais_conhecidas_como_agriao_Nasturtium_officinale_e_mastruz_Chenopodium_ambrosioides_comercializadas_em_feiras_livres/links/6124ff360c2bfa282a6abc0a/Qualidade-microbiologica-e-parasitologica-de-plantas-mediciniais-conhecidas-como-agriao-Nasturtium-officinale-e-mastruz-Chenopodium-ambrosioides-comercializadas-em-feiras-livres.pdf. Acesso em: 01 set. de 2022

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura: manejo da água**. Brasília: Senar, 2019. 52 p.; il. 21 cm (Coleção Senar, 262) ISBN: 978-85-7664-230-5

SIMÕES, M. *et al.* **Hygienic-sanitary conditions of vegetables and irrigation water from kitchen gardens in the municipality of Campinas, SP. Brazilian Journal of Microbiology**. v.32, p.331- 333, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/93STkzTXg9xTTCpDyLtTLMx/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 01 set. de 2022

SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, T. B. N.; SIQUEIRA, L. P.; PEREIRA, J. A. P.; PADILHA, M. R. F. **Avaliação da qualidade microbiológica de alfaces (*Lactuca sativa*)**

comercializadas em feiras livres e supermercados do Recife, Brasil. 2014. Revista Eletrônica Diálogos Acadêmicos, v. 6, p. 102-112, 2014. ISSN 0486-6266. Disponível em: http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170627112227.pdf. Acesso em: 01 de set. de 2022.

SOMERVILLE, C., COHEN, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A., LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming.** FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, [s.l.], n. 589, p. I, 2014.

TABAJIRA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. **Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas.** 2014. Revista Engenharia Na Agricultura - REVENG, 22(2), 138–149. eISSN: 2175-6813. DOI: 10.13083/1414-3984.v22n02a05. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/444>. Acesso em: 05 dez. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p. ISBN 978-85-8271-367-9

THE United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. UNESCO, Paris-FR, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>. Acesso em: 06 ago. 2022.

TROLEIS, A. L.; SANTOS, A. C. V. **Estudos do semiárido.** Natal: EDUFRN, 2011. 2 ed. 168 p. ISBN 978-85-7273-869-9.
United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, 2022. **World Population Prospects 2022: Summary of Results.** UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. ISBN 978-92-1-148373-4.

VAN OEL, P. R.; KROL, M. S.; HOEKSTRA, A. Y.; ARAÚJO, J. C. **The impact of upstream water abstraction on reservoir yield: the case of the Oros Reservoir in Brazil.** Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques, v. 53, n. 4, 857-867, 2008. <https://doi.org/10.1623/hysj.53.4.857>.

VAZ, A. P. A.; JORGE, M. H. A. **Agrião.** Embrapa Pantanal-Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2006.

WILSON, G. **Australian barramundi farm goes aquaponic.** Aquaponics Journal, v.37, p.12-16, 2005.