

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA VEGETAL

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO SOMBREAMENTO NOS
PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS EM PLANTAS
DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*) DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA**

KAMILA PAIS DE VASCONCELOS

VILA VELHA - ES
AGOSTO – 2023

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA VEGETAL

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO SOMBREAMENTO NOS
PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS EM PLANTAS
DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*) DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA**

Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Biotecnologia Vegetal
para a obtenção do título de Mestre em
Biotecnologia Vegetal.

KAMILA PAIS DE VASCONCELOS

VILA VELHA - ES
AGOSTO – 2023

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

V329a Vasconcelos, Kamila Pais.
Avaliação do efeito do sombreamento nos parâmetros morfológicos e fisiológicos em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) de um sistema de aquaponia / Kamila Pais de Vasconcelos - 2023.

60 f.: il.

Orientador: Alessandro Coutinho Ramos
Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) –
Universidade Vila Velha, 2023.

Inclui bibliografias.

1. Biotecnologia Vegetal. 2. Tilápia (Peixe).
I. Ramos, Alessandro Coutinho. II. Universidade Vila Velha.
III. Título.

CDD 660.6

KAMILA PAIS DE VASCONCELOS

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO SOMBREAMENTO NOS
PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS EM PLANTAS
DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA**

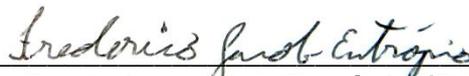
Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Biotecnologia Vegetal
para a obtenção do título de Mestre em
Biotecnologia Vegetal.

Aprovada em 14 de agosto de 2023.

Banca Examinadora:



Dra. Amanda Azevedo Bertolazi (UVV)



Dr. Frederico Jacob Eutrópio (FAESA)



Dr. Romildo Rocha Azevedo Junior (UFES)



Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos (UVV)
Orientador

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo que me concede todos os dias.

Aos meus pais, Fátima e Bruno, pelos puxões de orelha e por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e incentivando. Agradeço também ao meu irmão, João Vitor, mesmo ainda criança consegue me dar forças para seguir os objetivos.

Gostaria de agradecer a minha parceira de vida Livia, por não me deixar desistir dos meus propósitos, entrar junto comigo em todos os projetos que busco fazer e agregar pessoas que também me incentivam e acreditam no meu potencial.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Alessandro Coutinho Ramos, por ter me recebido com carinho, por toda orientação e ensinamentos. Agradeço também toda equipe do Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia – LMAB, por terem me acolhido, por tudo que aprendemos juntos e pela amizade que foi construída durante esse processo.

Deixo um agradecimento especial para Amanda Bertolazi, Clarisse Arpini e Thiago Bernardo, pessoas e profissionais que foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigada, também, aos amigos, em especial Luciana, que estão sempre torcendo e acreditando em mim, e me confortando nos momentos mais difíceis, vocês são muito especiais.

Agradeço a minha psicóloga Ana Graziela, por me auxiliar no processo de autoconhecimento e maturidade emocional.

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Biotecnologia vegetal pela oportunidade de realizar esse curso e a FAPES por todo apoio financeiro.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação!
Muito Obrigada!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 – Impactos da produção convencional de alimentos	15
2.2 - Aquaponia.....	16
2.3 – Cultivo de plantas sob sombreamento.....	17
3 – OBJETIVOS.....	19
3.1 - Objetivo Geral	19
3.2 - Objetivos Específicos	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 – Material biológico	20
4.3 – Parâmetros de crescimento das plantas.....	21
4.4 – Conteúdo de nutrientes na parte aérea	21
4.5 – Desenvolvimento e quantificação proteica dos peixes.....	22
4.6 - Determinação de coliformes totais	22
4.7 – Isolamento e identificação presuntiva de bactérias nitrificantes.....	23
4.8 - Isolamento e identificação presuntiva de bactérias desnitrificantes	24
4.9 – Análise estatística	24
5. - RESULTADOS	25
5.1 – Respostas no crescimento de Plantas de Alface	25
5.2 – Conteúdo de nutrientes na parte aérea	29
5.3 – Desenvolvimento e quantificação proteica dos peixes.....	34
5.4 – Determinação de coliformes totais	34
5.5 – Isolamento e identificação presuntiva bactérias nitrificantes	34
5.6 – Isolamento e identificação presuntiva bactérias desnitrificantes.....	35
6 - DISCUSSÃO.....	37

7 - CONCLUSÃO	41
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Avaliação da matéria fresca da parte aérea (A), matéria fresca da raiz (B), em plantas de alface submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 16

Figura 2. Avaliação da matéria seca da parte aérea (A), matéria seca da raiz (B), em plantas de alface submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 17

Figura 3. Avaliação do volume da raiz (A) em plantas de alface submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 18

Figura 4. Alface pós-colheita, grupo controle (A) e grupo sombreamento (B). Fonte: Arquivo pessoal..... 18

Figura 5. Conteúdo de N, P e K na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 20

Figura 6. Conteúdo de Ca, Mg e S na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média ± erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 21

Figura 7. Conteúdo de Fe, Cu, Zn e Mn na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média ± erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 22

Figura 8. Conteúdo de B, Cd e Ni na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média ± erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa... 23

Figura 9. Avaliação do peso (A) e comprimento (B) das tilápias no início (0 dias $n=32$) e ao final (45 dias $n=31$) do experimento. Os resultados foram expressos como média ± erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. Letras diferentes indicam diferença significativa..... 24

Figura 10. Identificação de bactérias por meio da coloração de Gram..... 25

Figura 11. Identificação de bactérias por meio da coloração de Gram..... 27

RESUMO

VASCONCELOS, KAMILA PAIS, M. Sc, Universidade Vila Velha – ES, agosto de 2023. **Avaliação do efeito do sombreamento nos parâmetros morfológicos e fisiológicos em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) de um sistema de aquaponia.** Orientador: Dr. Alessandro Coutinho Ramos.

O método de produção alimentar convencional está gerando consequências negativas ao planeta, esse método usa acentuadamente fertilizantes e pesticidas químicos, causando degradação do solo, poluição do meio ambiente em geral e resistência de pragas nas plantações. Devido à estimativa crescente da população e, conseqüentemente, da produção de alimentos, é preciso pensar em alternativas de produções alimentares menos agressivas ao meio ambiente. Assim, surgem a aquaponia, método de produção alimentar que prioriza um menor uso de água, e o sombreamento, condição que pode trazer benefícios à produtividade da planta. O objetivo do trabalho foi dispor metade das plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) (n=32) de um sistema de aquaponia sob 75% de sombreamento e, após 45 dias, analisar os parâmetros de crescimento por meio das massas fresca e seca da parte aérea e da raiz e o acúmulo de nutrientes da parte aérea, além de verificar o desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio das taxas de conversão alimentar (FCR), crescimento específico (SGR) e de sobrevivência (SR), a quantidade de proteína na carne da tilápia foi determinada pelo método de Kjeldahl. Os resultados indicaram que as plantas expostas ao sombreamento apresentaram redução significativa em seus parâmetros de crescimento, em relação ao conteúdo de nutrientes, foi observado um maior acúmulo de B, Cu, Fe e Ni nas plantas sombreadas. A tilápia desenvolvida no sistema apresentou SGR e SR dentro dos parâmetros esperados (baseados na literatura) e a FCR se mostrou acima do recomendado. A quantidade de proteína na carne da tilápia se mostrou dentro do adequado.

Palavras-chaves: sombreamento; aquaponia; morfofisiológico; tilápia.

ABSTRACT

VASCONCELOS, KAMILA PAIS, M. Sc, Universidade Vila Velha – ES, agosto de 2023. **Evaluation of effect the of shading on morphological and physiological parameters in lettuce plants (*Lactuca sativa L.*) of a aquaponics system.**

Advisor: Dr. Alessandro Coutinho Ramos.

The conventional method of food production is having negative consequences for the planet. This method makes intensive use of fertilizers and pesticides chemical, causing soil degradation, pollution of the environment in general and pest resistance in crops. Due to the increase in population and, consequently, food production, it is necessary to think of alternative forms of food production that are less aggressive to the environment. Hence aquaponics, a food production method that prioritizes less water use and shading, a condition that can benefit plant productivity. The aim of this work was to place half of the lettuce plants (*Lactuca sativa L.*) (n=32) of a aquaponic system under 75% shading and, after 45 days, to analyze the growth parameters through the fresh and dry masses of the aerial part and root and the accumulation of nutrients in the aerial part, as well as to verify the performance of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through the feed conversion rate (FCR), specific growth rate (SGR) and survival rate (SR), the amount of protein in the tilapia meat was determined using the Kjeldahl method. The results indicate that the plants exposed to shading showed a significant reduction in their growth parameters, and in relation to nutrient content, a greater accumulation of B, Cu, Fe and Ni was observed in the shaded plants. The tilapia grown in the system has SGR and SR within the expected parameters (based on the literature) and FCR was higher than recommended. The amount of protein in the tilapia meat was within the appropriate range.

Keywords: shading; aquaponics; morphophysiological; tilapia

1. INTRODUÇÃO

A procura por alimentos desenvolvidos a partir de uma produção mais sustentável em relação ao meio ambiente, que gere mais lucro do que gastos aos produtores e que agreguem benefícios à saúde do consumidor, tem sido tendência mundial (RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

A aquaponia se mostra uma ótima alternativa para atender esses critérios, com ela é possível unir a aquicultura e a hidroponia em um mesmo sistema de recirculação de água, tornando capaz a produção de uma boa quantidade de alimentos com baixo volume de água, com as hortaliças e peixes produzidos pelo sistema de aquaponia é possível ter um rendimento de 100 dólares gastando apenas 500 L de água enquanto, em uma produção de bovinos, esse gasto de água é 100 vezes maior (RAKOCY et al., 2004; ALKHALID; KHAWAJA; ABUSUBAIH, 2020). Além disso, existe a junção de dois sistemas de produção que apresentam expectativas promissoras.

A aquicultura cresceu a uma taxa de mais de 8% ao ano e atualmente fornece aproximadamente metade dos frutos do mar destinados à alimentação humana (FAO, 2018; EDWARDS et al., 2019). Em relação ao mercado hidropônico, é esperado que ele apresente uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 20,7% até 2028, incluindo o Brasil entre os principais países produtores (GVR, 2021).

A aquaponia também beneficia os consumidores ao fornecer alimentos saudáveis e proteína de alta qualidade. A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é um dos peixes mais comuns em produções aquapônicas, a carne da tilápia possui uma proteína de alto valor biológico e importantes ácidos graxos como ácido docosaheptaenóico (DHA) e ácido eicosapentaenóico (EPA), além de conter minerais como fósforo, ferro, magnésio e cálcio (JUSTEN et al., 2017). A alface (*Lactuca sativa L.*) é um dos vegetais folhosos mais buscados para ser produzido na aquaponia e hidroponia, e, também, um dos mais consumidos no mundo todo, além disso, ela é rica em fibras e é fonte de ferro, potássio, cálcio, magnésio e zinco, minerais essenciais para a saúde humana (BRYCHKOVA et al., 2023).

De acordo com Sebrae (2019), para 28% dos brasileiros, o consumo de alimentos nutricionalmente ricos é de suma importância e 22% da população dá preferência à compra de alimentos sem conservantes e naturais. Destaca-se ainda que o setor de alimentos saudáveis cresceu 98% entre o ano de 2009 e 2014 no Brasil e, na matéria intitulada “Alimentação saudável cria ótimas oportunidades de negócios”, cita a agência internacional de mercado, Euromonitor, que diz que a pandemia de covid-19 estimulou ainda mais a busca por esses alimentos, levando a um lucro de R\$ 100 bilhões no Brasil no ano de 2020 (SEBRAE, 2022).

Embora a aquaponia apresente muitas vantagens, alguns desafios podem ser enfrentados no decorrer da produção. Por exemplo, para o melhor crescimento das plantas, pode ser necessário realizar a suplementação de alguns macronutrientes como cálcio, ferro e potássio, além disso, na tentativa de combater qualquer estresse ou doença que a planta venha sofrer, pode ser inevitável o uso de insumos químicos (RAKOCY et al., 2004; ROOSTA, 2014; BITTSANSZKY et al., 2016; NGUYEN et al., 2016). Em função desses fatores, os gastos podem aumentar, colocando em risco a proposta de baixo custo com a implementação deste sistema.

Uma alternativa para a possível solução desses problemas seria a dispor a produção sob áreas com menor intensidade de luz ou sombreadas, diversos estudos têm demonstrado que a sombra ou intensidades reduzidas de luz podem atuar de forma significativa nos parâmetros morfofisiológicos das plantas (PALMER, VAN IERSEL, 2020; ROEBER et al., 2020; LAUR et al., 2021), porém os estudos relacionando a aquaponia geralmente são para comparar com a hidroponia, e é posto o sistema completo sob a sombra. O presente estudo pretende avaliar como as plantas de um único sistema de aquaponia se comporta sendo colocadas parte delas em sol pleno e a outra parte na sombra.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Impactos da produção convencional de alimentos

A agricultura convencional é a principal maneira de produção de alimentos no mundo, porém, sua alta produtividade foi estabelecida com o incentivo do desmatamento para ampliar as áreas de lavoura, com a intensificação dos gases do efeito estufa, devastamento da biodiversidade, uso excessivo de água doce e com uso acentuado de fertilizantes e pesticidas (SGRELLES, 2004; ARAUJO, 2020).

Segundo relatório da Associação Nacional de Difusão de Adubos (ANDA), de Janeiro a Abril de 2023, foram distribuídos no Brasil 2.320 mil toneladas de fertilizantes. Um dos principais nutrientes utilizados na produção agrícola é o nitrogênio, seu uso exorbitante está associado aos processos de desnitrificação, volatilização e imobilização, também está relacionado com níveis elevados de nitrato e outras toxinas no solo, podendo contribuir com a poluição do lençol freático (HOULTON et al., 2019). Além disso, as áreas ocupadas pela agricultura convencional apresentam características negativas como pouca matéria orgânica nos solos e maior dificuldade do solo em absorver fertilizantes orgânicos (KNAPP; VAN DER HEIJDEN, 2018).

Esse modelo de produção alimentar é muito dependente de um clima estável e água irrestrita, portanto, é necessário buscar alternativas para melhorar o aproveitamento desses recursos, a fim de atender a demanda de alimentos no futuro. Estima-se que em 2050 o número de habitantes na Terra seja de 9,3 bilhões, situação que trará a necessidade de aumentar a produção de alimentos em 60% (GRAZIANO, 2021). Devido à previsão de crescimento na população e, conseqüentemente, na produção de alimentos, é importante recorrer aos sistemas de produção que visam reduzir a aplicação de insumos sintéticos, utilizando como alternativas esterco animal, biofertilizantes, compostagem e controle biológico de pragas (SANTOS et al., 2012; PAWLAK; KOLODZIEJCZAK, 2020). Essas mudanças ajudam a gerenciar os ecossistemas de maneira mais sustentável e trazem maiores benefícios aos consumidores, visando a segurança alimentar e mais independência dos agricultores (CAMPANHOLA; VAALARINI, 2001).

Uma alternativa para reduzir o uso de fertilizantes químicos e pesticidas nos sistemas agrícolas e alcançar sustentabilidade ambiental e socioeconômica, é o uso de sistema de aquaponia, método de produção alimentar que utiliza menos água, prioriza o não uso de defensivos químicos, fornece alimentos de boa qualidade alimentar e nutricional e, além disso, pode ser montado em meio urbano, tornando-se uma possibilidade de gerar renda (VAN et al., 2015; DAVID et al., 2022).

2.2 - Aquaponia

A intenção de usar para fertilização os dejetos dos peixes se mostrou presente nas civilizações antigas como os Maias e Astecas, mas foi ao final do ano de 1970 que instituições acadêmicas norte-americanas e europeias fizeram esse sistema avançar próximo ao que se tem atualmente (MULLINS et al., 2015).

A aquaponia é um sistema de produção que engloba a hidroponia (cultivo de plantas na água) e a aquicultura (cultivo de organismos aquáticos), tudo isso em um conjunto de recirculação de água (LENNARD; GODDEK, 2019).

A água do sistema circula de maneira que o ambiente fique adequado para todos os envolvidos, os peixes são colocados no tanque onde está presente a água e soltam seus excrementos que servem de matéria orgânica para as plantas, a amônia, advinda dessa excreção, é remodelada por bactérias nitrificantes do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* em nitrito e, em seguida, nitrato e, dessa maneira, é absorvida pelas plantas servindo de nutriente para o seu desenvolvimento (SOMERVILLE et al., 2014; DUARTE et al., 2013; ZOU et al., 2016). O nitrito pode prejudicar o desenvolvimento dos peixes, mas para as plantas, nas quantidades ideais, ele não é prejudicial, assim, ao circular da água pela parte hidropônica do sistema, as plantas absorvem o nitrito, deixando a água reutilizável para os peixes e permitindo que a reposição de água no sistema seja feita apenas por conta da evapotranspiração (LAM et al., 2015), esse recurso possibilita que peixes, plantas e bactérias enriqueçam simbioticamente e vivam em equilíbrio.

A tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies frequentemente utilizada na aquaponia, isso acontece por ser um peixe extremamente adaptável e resistente, possui um rápido desenvolvimento, suporta concentrações de amônia entre 0,2-3 mg/L e tolera uma grande variedade de temperatura (15-30°C) (RAKOCY et al., 2004). Ela também dispõe de uma taxa de conversão alimentar

(FCR) baixa, esse parâmetro corresponde à capacidade que o peixe tem de transformar ração em biomassa e, quanto menor for o FCR, melhor é a eficiência alimentar do sistema, fato economicamente vantajoso, visto que, os custos com ração costumam ser elevados (KLOAS et al., 2015).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça habitualmente consumida e produzida em sistemas de aquaponia em conjunto com a tilápia, a produção de ambos no mesmo sistema demonstra possível rendimento positivo para os produtores (TOKUNAGA et al., 2015).

Além de proporcionar lucratividade, a produção de peixes e plantas ao mesmo tempo colabora com a redução no gasto de água, uma vez que, no sistema aquapônico, a reposição de água é menor que 5% e nos sistemas tradicionais esse gasto fica entre 20-25%, essa redução no gasto de água que o sistema pode oferecer contribui com a biodiversidade aquática e com a segurança alimentar e nutricional (FAO, 2014; NASR et al., 2017; MAĆKIEWICZ et al., 2019).

A aquaponia se desenvolveu ao ponto de possibilitar a montagem do sistema em pequena escala, trazendo a oportunidade de produção de alimentos em locais como áreas urbanas, a elaboração do sistema em prédios e telhados pode colaborar com a sustentabilidade e a economia, além de reduzir o custo no transporte de alimentos (HART et al., 2014; GENELLO et al., 2015). Além disso, Paliwall et al. (2021) realizaram um estudo simulando prédios altos em cidade 3D e observaram que áreas como corredores, janelas e fachadas eram locais apropriados para o cultivo de plantas que demandam luz mais branda como a alface.

2.3 – Cultivo de plantas sob sombreamento

As circunstâncias ambientais são fatores importantes para a produção de hortaliças, um elemento crucial no desenvolvimento das plantas é a luz, a intensidade e qualidade de luz recebida irá interferir na morfologia e fisiologia das plantas, vários estudos trazem relatos de como a luz consegue modificar a absorção de alguns nutrientes e elementos minerais e, também, o crescimento da biomassa vegetal (CHEN et al., 2016; CUI et al., 2019; ZHAI et al., 2019; XU et al., 2021).

Um mecanismo que tem sido utilizado a fim de manipular as condições de luz e as demais eventualidades ambientais é o sombreamento. Temperaturas muito altas, climas extremos, radiação, doenças, pragas e falta de água são condições que podem interferir de maneira negativa na produção (NIU; MASABNI, 2018). Na intenção de preservar as plantas desses eventos inoportunos, encobri-las para manter sob área sombreada não só as resguarda contra esses eventos, como também, possibilita que o ambiente de produção seja remodelado de forma que venha a favorecer o desenvolvimento e rendimento dos vegetais (GRUDA; TANNY, 2014; THOKCHOM et al., 2023).

Existem muitos trabalhos que testam as plantas em diferentes porcentagens de sombreamento e intensidades de luz, e os resultados são variados, por exemplo, Thakur et al. (2019) avaliou o rendimento e composição do óleo essencial de rosa damascena (*Rosa damascena Mill.*) em níveis de sombreamento de 25% e 50% e constatou que as cultivadas em sol aberto apresentaram melhores parâmetros, em contrapartida, Yang et al. (2021) analisou o efeito do sombreamento na biossíntese de teanina, aminoácido encontrado de forma quase exclusiva em plantas de chá (*Camellia sinensis L.*), e observou que o sombreamento aumentou significativamente a biossíntese de teanina e a expressão dos genes transportadores dessa substância. De maneira geral, culturas diferentes mostram comportamentos distintos quando são mantidas sob sombra (SHAO et al., 2014).

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma das hortaliças largamente cultivadas no mundo todo, por conta do seu desenvolvimento acelerado e pela alta aceitação comercial (HONG et al., 2022). Muitos são os estudos testando a resposta da alface a diferentes situações envolvendo luz e níveis de sombreamento por ela mostrar grande sensibilidade a esses fatores (BORTHWICK et al., 1954; WANG; WEI; JEONG, 2021; FORMISANO et al., 2021; TARAKANOV et al., 2022).

3 – OBJETIVOS

3.1 - Objetivo Geral

- Avaliar a eficiência do sombreamento na promoção do crescimento vegetal, através dos parâmetros nutricionais, fisiológicos e bioquímicos de plantas de alface, visando novas estratégias para o aumento da produtividade em um sistema de aquaponia.

3.2 - Objetivos Específicos

- Analisar o acúmulo de nutrientes da parte aérea de plantas de alface submetidas ou não ao sombreamento.

- Verificar a influência do sombreamento no crescimento das plantas de alface do sistema de aquaponia.

- Averiguar o desempenho dos peixes e a quantidade de proteína na carne da tilápia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Material biológico

As mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e os juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foram cedidos pelo setor de Aquicultura do IFES – Campus de Alegre – ES.

4.2 –Montagem do sistema de aquaponia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus Biopráticas da Universidade Vila Velha – ES (Latitude de 20°21'03" S; Longitude de 40°18'08" W; Altitude de 10m) por 45 dias, o sistema de aquaponia foi construído em microescala baseado nos projetos da FAO (2014), com modificações para facilitar o manejo e funcionamento das instalações. Foi arquitetado um sistema contendo um tanque de 150 L para a criação dos peixes, um filtro decantador para remover sólidos, um biofiltro para renovar os nutrientes, um setor de aeração e as canaletas da parte hidropônica, todas as etapas ficaram interligadas e interagindo pela circulação da mesma água. Os peixes foram estocados com peso médio inicial de 2,21g, alimentados com ração comercial contendo 36% de proteína, três vezes ao dia (07h/13h/17h).

A água do sistema foi monitorada por um medidor multiparâmetro, o pH se manteve entre 6,5-7 e a temperatura entre 26,7-26,9°C, dentro das recomendações para aquaponia (pH 6-7 e temperatura 18-30°C) (FAO, 2014). A salinidade ficou entre 0,1-0,5 ppt, dentro do recomendado que é de 0-8 ppt (BHATNAGAR, 2013; VLAHOS et al., 2023). A condutividade elétrica (CE) permaneceu entre 114,9-128,2 µS/cm e o teor de sólidos totais (TDS) ficou entre 76,1-83,5 mg/L, ambos conseguiram respeitar as orientações de manter CE entre 100-2000 µS/cm e TDS <2500 mg/L (STONE; THOMFORDE, 2003).

A parte hidropônica do sistema possuía 8 canaletas com 8 poços em cada uma delas, totalizando 64 plantas, as plantas foram divididas em 2 grupos, a saber: foi realizada a medição da emissão de luz por meio de um medidor de plantas para jardinagem e a unidade de medida era dada em lúmen. O lado exposto ao sol pleno

recebeu 2000 lumens, a parte exposta a sombra recebeu 500 lumens, dessa forma, as plantas submetidas ao sombreamento estavam recebendo 75% a menos de iluminação em relação as da luz natural. Os grupos foram separados em controle (T1), contendo 32 plantas sob luz natural e o grupo sombreamento (T2) contendo 32 plantas sujeitas ao sombreamento de 75%.

4.3 – Parâmetros de crescimento das plantas

O experimento passou-se por 45 dias e, ao final, foram avaliadas as massas frescas da parte aérea e da raiz por meio de pesagem em balança analítica de precisão (AUW220D-Shimadzu). Após essa pesagem, a parte aérea e a raiz das plantas foram separadas e dispostas em sacos de papel, individualmente, identificados e secas por 72h em estufa microprocessada de circulação forçada de ar (Q314M-Quimis) a 75°C. Por meio de pesagem em balança analítica de precisão (AUW220D-Shimadzu), foi determinada a massa seca da raiz (MSR) (g) e a massa seca da parte aérea (folha/caule) (MSPA) (g).

4.4 – Conteúdo de nutrientes na parte aérea

As amostras da parte aérea das plantas dos respectivos tratamentos foram lavadas em água corrente e água deionizada, e, em seguida, secas em estufa de circulação forçada de ar a 60-70°C, por um período de 72h, e pesadas. Após secagem as amostras foram moídas e o material resultante foi armazenado em recipientes de plástico hermético, visando uma melhor preservação, para posteriores análises químicas.

Para a determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica, na qual o nitrogênio foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Os outros nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Mn, Cu, e Ni foram quantificados por ICP-OES, após digestão com HNO₃ concentrado e H₂O₂ em sistema de digestão aberta. Condições do ICP: gás plasma 8,0 L min⁻¹, gás a auxiliar 0,70 L min⁻¹ e gás carreador 0,55 L min⁻¹ (Peters, 2005).

4.5 – Desenvolvimento e quantificação proteica dos peixes

Os peixes foram monitorados diariamente quanto ao seu estado de saúde, e, ao final do experimento, o desempenho deles foi avaliado por meio do cálculo de conversão alimentar (FCR), da taxa de crescimento específico (SGR) e taxa de sobrevivência (SR) (BAGENAL, 1978).

$$\text{FCR} = \frac{\text{Quantidade total de ração consumida (gm)}}{\text{Ganho de peso total (gm)}}$$

$$\text{SGR (\%)} = \frac{(\ln \text{ Peso médio final}) - (\ln \text{ Peso médio inicial})}{\text{Dias}} \times 100$$

Sendo *ln*: logaritmo dos pesos médios.

$$\text{SR (\%)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de peixes colhidos} \times 100}{\text{n}^\circ \text{ de peixes estocados}}$$

A quantificação de proteínas foi realizada através do método Kjeldahl (AOAC, 2005), a proteína total foi calculada por meio da multiplicação do nitrogênio por 6,25 e um fator de conversão foi calculado a partir da amostra total de aminoácidos. Os resultados foram expressos em gramas por 100 gramas de amostra.

4.6 - Determinação de coliformes totais

A metodologia foi baseada em Vanderzant e Splittstosser (1992). Foram preparados tubos com caldo lactosado (CL), dispostos em estantes formando 3 fileiras de tubos, primeira fileira com CL em concentração dupla, segunda e terceira em concentrações simples. As amostras foram homogeneizadas no mínimo 25 vezes para em seguida ser feita semeadura asséptica, foram utilizadas 10 ml dos tubos em concentração dupla e os de concentração simples 1ml e 0,1ml da segunda e terceira fileira respectivamente. As placas semeadas foram levadas à estufa de incubação por 48h.

Foi feita a leitura do número de tubos em cada série inoculada, separando os tubos CL positivos e descartando os que deram negativos. Em seguida, foi realizado repique dos tubos CL positivos em meio verde brilhante de bile 2% (VB) e incubados durante 48h para analisar presença de coliformes totais (CT). Após as horas de incubação, foi feita a leitura e considerado positivo para CT os tubos que apresentaram formação de gás no tubo de Durham invertido, a leitura dos tubos positivos em cada uma das séries inoculadas foi anotada para se calcular o número mais provável (NMP) para CT.

4.7 – Isolamento e identificação presuntiva de bactérias nitrificantes

Para elaboração do meio de cultura amônia-carbonato de cálcio foram adicionados em 1000 mL de água destilada, 0,302g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 1g de K_2HPO_4 ; 0,03 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,3 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 3,33 g de CaCO_3 . Após preparo do meio, foram concedidos 3 mL da solução para tubos de ensaio e em seguida esterilizados em autoclave.

Foram preparadas 3 soluções para a formulação do reagente Griess – liosvay. Para a primeira solução foram dissolvidos 0,6 g de ácido sulfanílico em 70mL de água destilada quente. Ao esfriar da solução, foram adicionados 20 mL de HCL concentrado, em seguida, dilui-se a mistura para 100 mL com água destilada. Para a segunda solução, foram dissolvidos 0,6 g de alfa-naftalamina em 10 a 20 mL de água contendo 1 mL de HCL concentrado, e depois diluído para 100 mL de água. A terceira solução teve 16,4 g de $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ em água e teve o volume completado para 100 mL com água. As soluções foram acondicionadas independentemente em frascos escuros e guardados sob refrigeração.

O preparo do reagente de nitrato foi feito dissolvendo 50 mg de difenilamina em 25 mL de H_2SO_4 concentrado, logo após foi adicionado em frascos escuros por 14 dias no máximo.

Foi inoculado 1mL da amostra de água e 1 alíquota das bolas biológicas de plástico e cultivados sob agitação de 110rpm a 25°C por 7 dias. Após, foi retirada uma alíquota de 1mL e feita uma nova incubação por mais 7 dias a 25°C.

Ao final, foi realizado o isolamento em placas, contendo a composição do meio de cultura para o isolamento de bactérias nitrificantes acrescido de 15%/L de agar bacteriológico. A técnica de gram foi realizada segundo Tortora et al (2016).

4.8 - Isolamento e identificação presuntiva de bactérias desnitrificantes

Para o preparo do meio mínimo para desnitrificação de bactérias é necessário aprontar 1000 mL de 3 soluções e misturá-las ao final. Todas as soluções preparadas devem ser autoclavadas e guardadas em frascos estéreis para resfriamento.

Para a primeira solução foram dissolvidos em água 5g de KNO₃; 4g de fonte de carbono; 1g de (NH₄)₂SO₄; 0,87g de K₂HPO₄.3H₂O e 0,54g de K₂HPO₄, em água destilada e completar volume até 1000 mL. A segunda solução foi preparada ao dissolver 2g de MgSO₄.7H₂O em água destilada. Para a terceira solução, foram dissolvidos em água destilada 0,2g de CaCl₂.2H₂O; 0,1g de FeSO₄.7H₂O; 0,05g de MnSO₄.H₂O; 0,01g de CuSO₄.5H₂O; 0,01g de Na₂Mo₄.2H₂O em 1000mL de HCL concentrado. Após o preparo das soluções, foi necessário coletar 980mL da primeira solução, 10mL da segunda e 10mL da terceira, misturar as 3 soluções e distribuí-las em tubos estéreis.

Foi inoculado 1mL de amostra de água e de 1 alíquota das bolas biológicas de plástico. Os tubos foram incubados a 25°C por 15 dias sob anaerobiose (SONG; PALLERONI; HAGGBLOM, 2000). A técnica de gram foi realizada segundo Tortora et al (2016).

4.9 – Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste *t* de Student um nível de 5% de significância no software GraphPad Prism 7.0.

5. - RESULTADOS

5.1 – Respostas no crescimento de Plantas de Alface

As plantas de alface submetidas ao sombreamento (T2) apresentaram uma redução significativa ($p < 0,0001$) nos parâmetros de crescimento analisados, comparado ao grupo controle (T1).

Em relação a massa fresca da parte aérea e da raiz, as alfaces do T2 manifestaram uma redução significativa de 80,35% ($p < 0,0001$) e 77,86% ($p < 0,0001$), respectivamente (Figura 1). Nos dados de massa seca da parte aérea, a redução foi de 73,16% ($p < 0,0001$), e, para a massa seca da raiz, foi de 82% ($p < 0,0001$) (Figura 2). Também foi observado um decréscimo significativo no volume das raízes das alfaces do T2, sendo ele de 82,8% ($p < 0,0001$) (Figura 3).

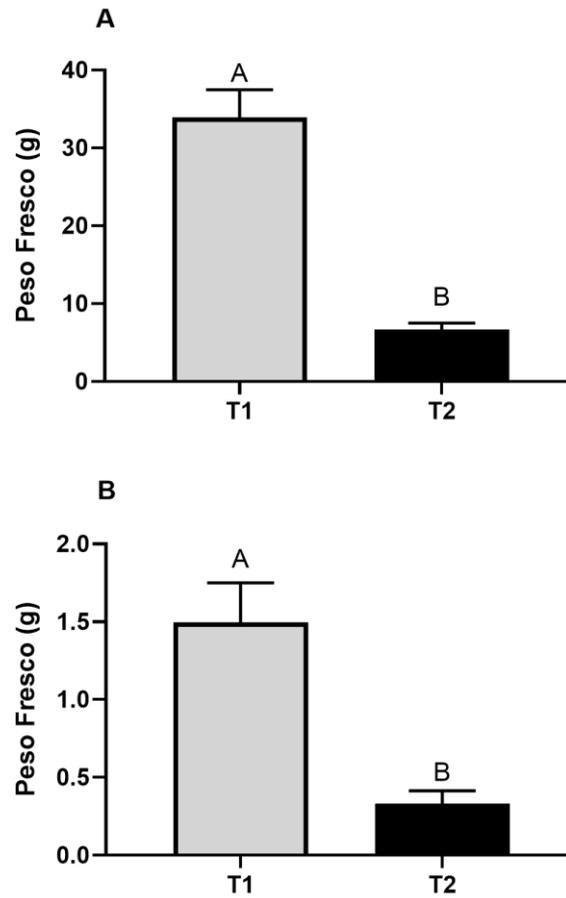


Figura 1. Avaliação da matéria fresca da parte aérea (A) e da matéria fresca da raiz (B), em plantas de alface submetidas à luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa.

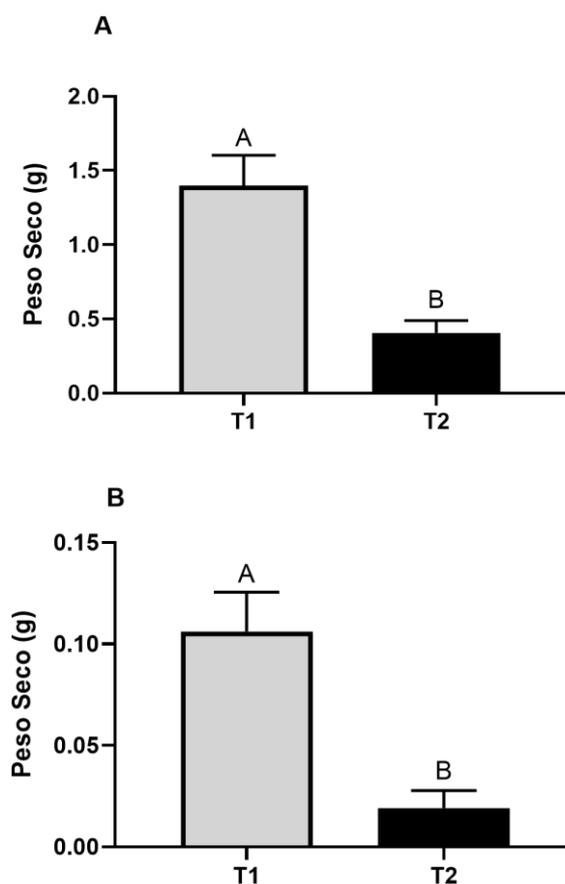


Figura 2. Avaliação da matéria seca da parte aérea (A), matéria seca da raiz (B), em plantas de alface submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle (n=32). T2 = Alface grupo sombreamento (n=32). Letras diferentes indicam diferença significativa.

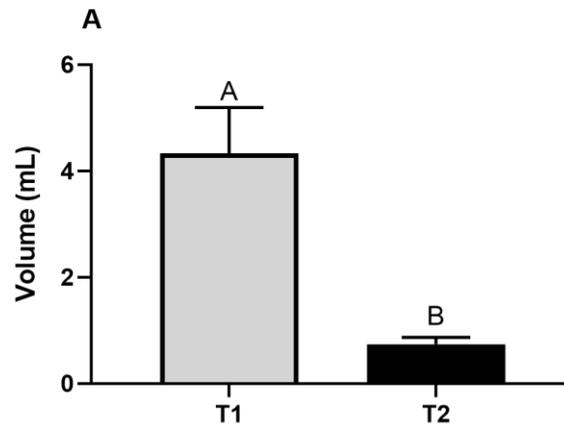


Figura 3. Avaliação do volume da raiz (A) em plantas de alface submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle (n=32). T2 = Alface grupo sombreamento (n=32). Letras diferentes indicam diferença significativa.



Figura 4. Alface pós-colheita, grupo controle (A) e grupo sombreamento (B).
Fonte: Arquivo pessoal.

5.2 – Conteúdo de nutrientes na parte aérea

No presente trabalho, foram analisados a acumulação de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Boro (B), Níquel (Ni) e Cadmio (Cd).

A análise estatística não apresentou diferenças significativas no conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea das plantas, todavia, alguns micronutrientes apresentaram diferença. A concentração de Fe do T2 mostrou-se 41,58% ($p < 0,0001$) maior do que T1, também foi observado um aumento de 41,28% ($p < 0,0001$) de Ni no T2 em relação ao T1. Além disso, B e Cu do T2, mostraram um aumento de 27,04% ($p < 0,0001$) e 12,5% ($p < 0,0001$), respectivamente, comparado ao T1.

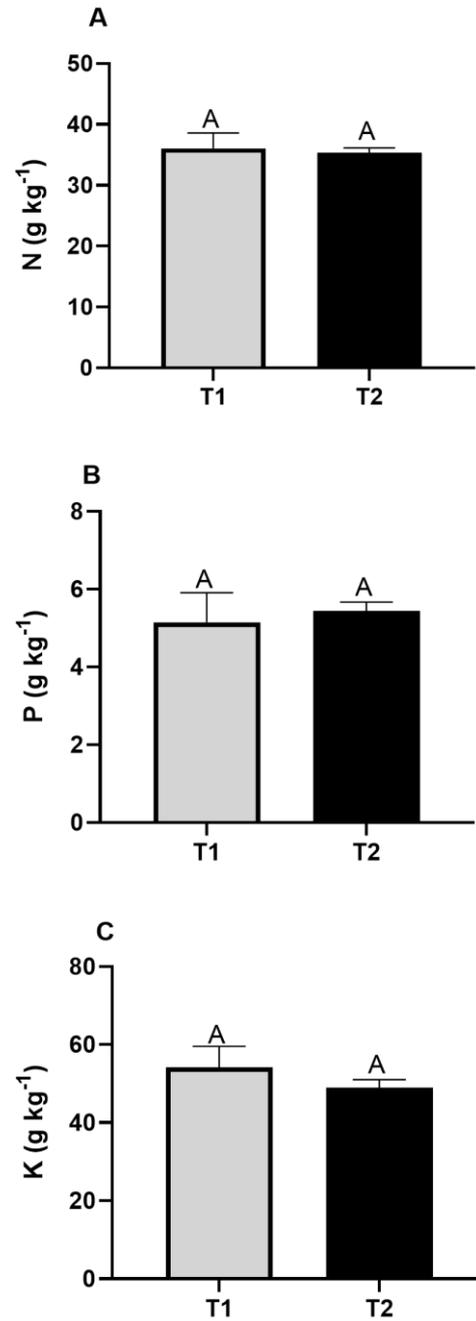


Figura 5. Conteúdo de N, P e K na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa.

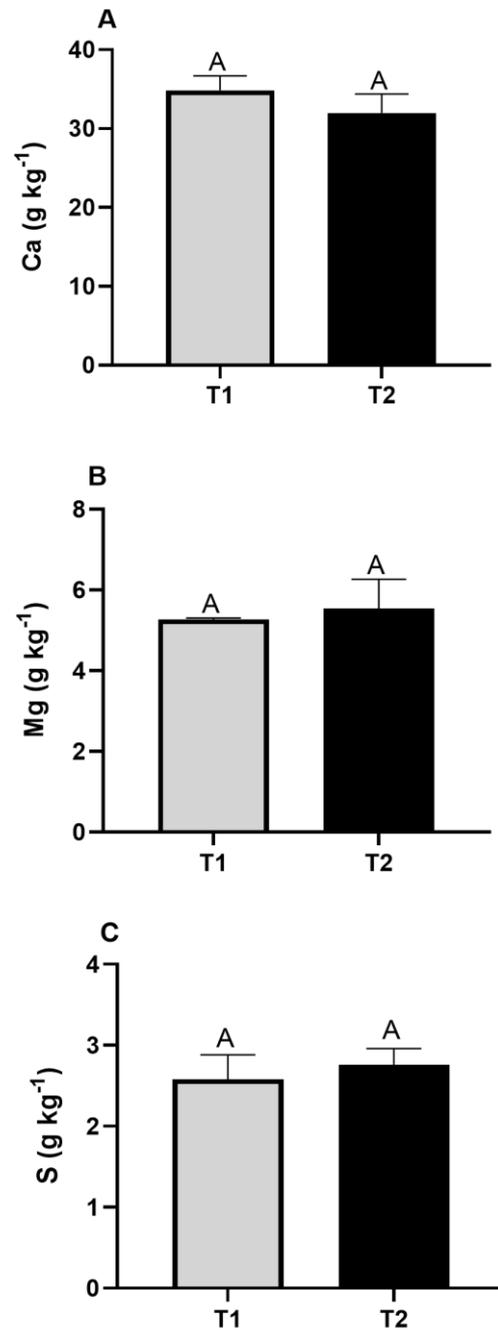


Figura 6. Conteúdo de Ca, Mg e S na Parte Aérea de plantas de alfices submetidas à luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão, e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alfice grupo controle. T2 = Alfice grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa.

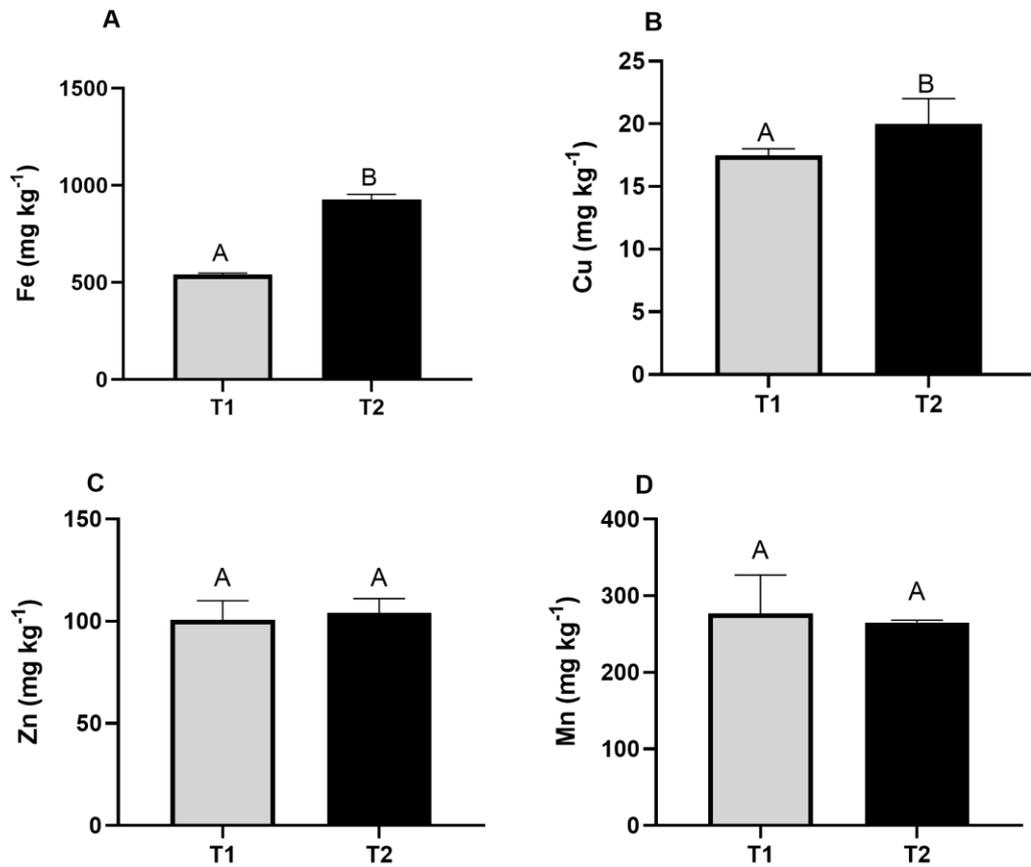


Figura 7. Conteúdo de Fe, Cu, Zn e Mn na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas à luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão, e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa.

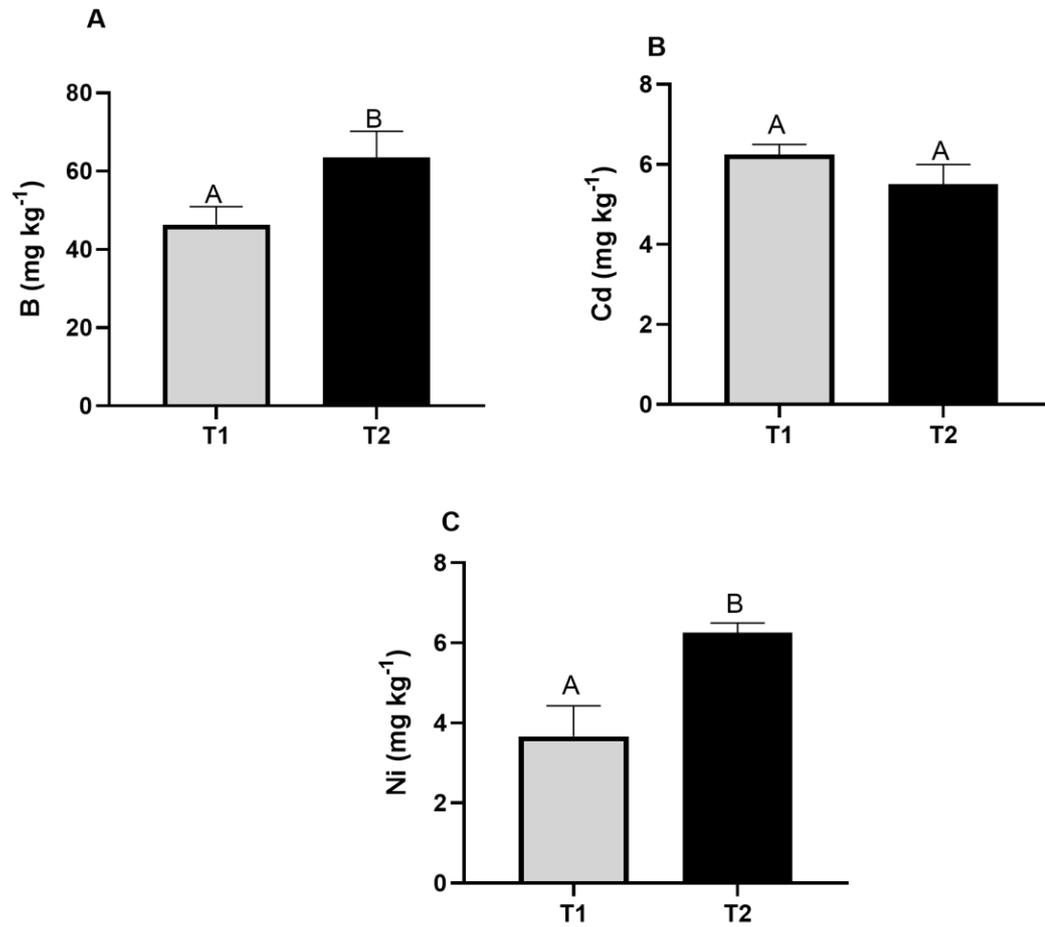


Figura 8. Conteúdo de B, Cd e Ni na Parte Aérea de plantas de alfaces submetidas a luz natural e ao sombreamento, aos 45 dias após a exposição. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão, e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. T1 = Alface grupo controle. T2 = Alface grupo sombreamento. Letras diferentes indicam diferença significativa.

5.3 – Desenvolvimento e quantificação proteica dos peixes

Os parâmetros zootécnicos avaliados nos peixes foram a taxa de crescimento específico (SGR), conversão alimentar (FCR) e a taxa de sobrevivência (SR). A SGR apresentou um resultado de 1,85%/dia, a FCR resultou em 2,85 e a SR foi de 96,87%.

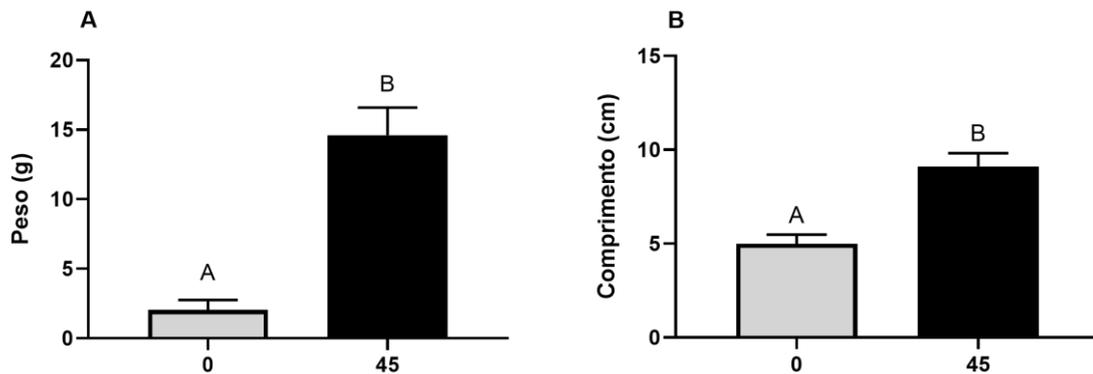


Figura 9. Avaliação do peso (A) e comprimento (B) das tilápias no início (0 dias n=32) e ao final (45 dias n=31) do experimento. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão e as diferenças consideradas estatisticamente significativas para $p < 0,0001$. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Na análise de proteínas, a carne da tilápia manifestou uma quantidade de $22,83 \pm 0,63\text{g}/100\text{g}$ de proteína.

5.4 – Determinação de coliformes totais

A contagem de coliformes fecais foi positiva e apresentou um número mais provável (NMP) de $2,4 \times 10^5$ UFC/100mL.

5.5 – Isolamento e identificação presuntiva bactérias nitrificantes

As bactérias isoladas apresentaram formato de bacilos e se mostraram gram-negativas, características que são manifestadas por bactérias nitrificantes (ALEXANDER; CLARK, 1982).

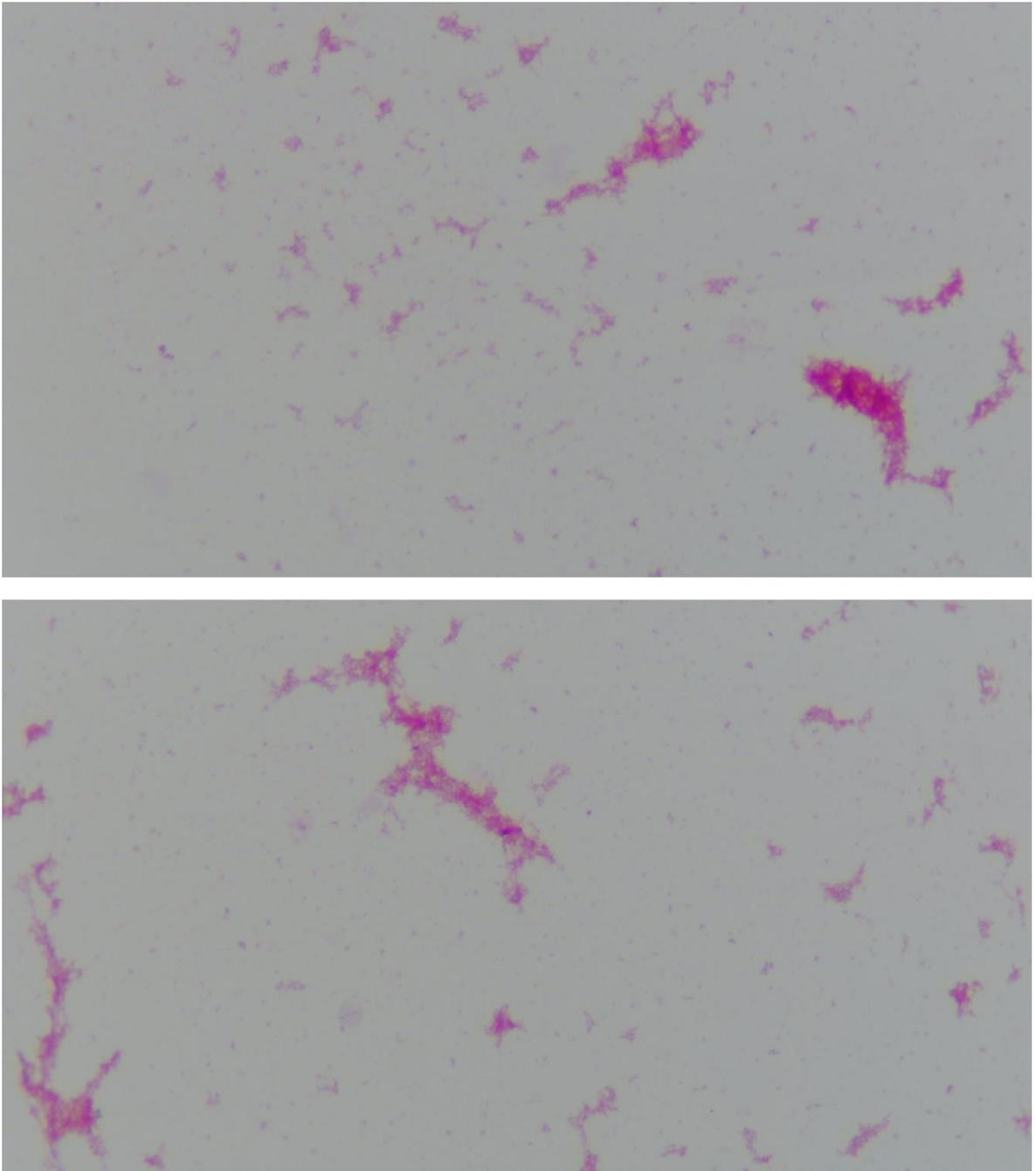


Figura 10. Identificação de bactérias por meio da coloração de Gram.

5.6 – Isolamento e identificação presuntiva bactérias desnitrificantes

As bactérias isoladas apresentaram formato de bacilos e se mostraram como gram-negativas. A maioria das bactérias desnitrificantes são gram-negativas, algumas gram-positivas (VERBAENDERT et al., 2011), no entanto, as partes que

possuem coloração roxa possuem características de artefatos, não correspondendo a algum microrganismo.

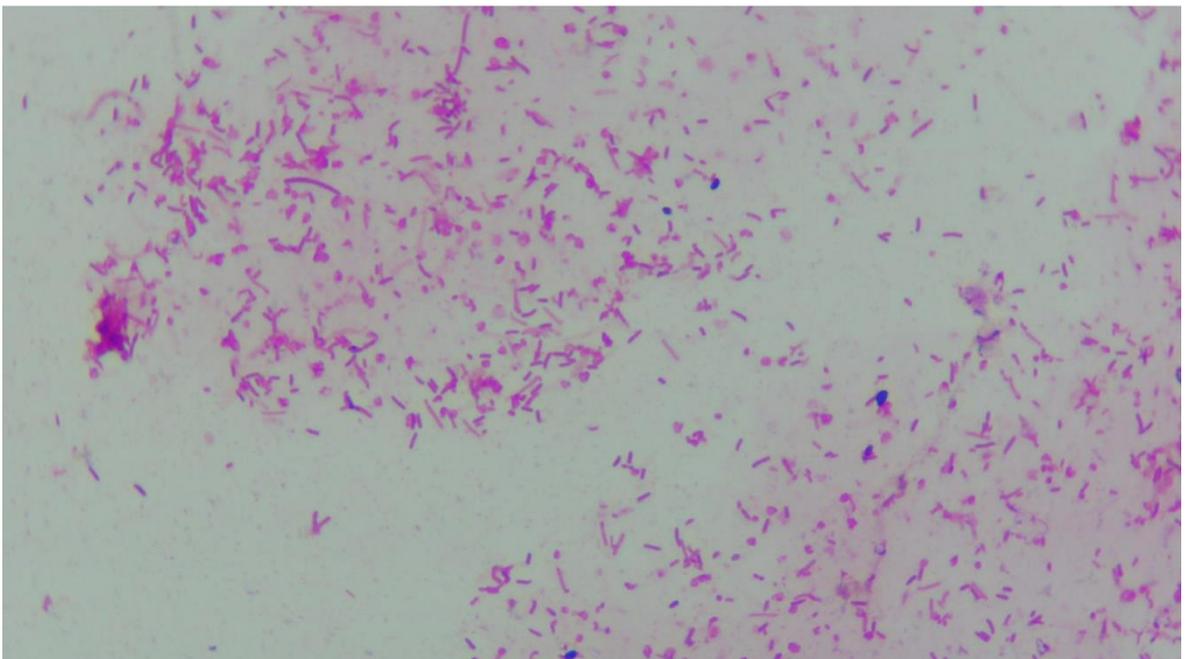
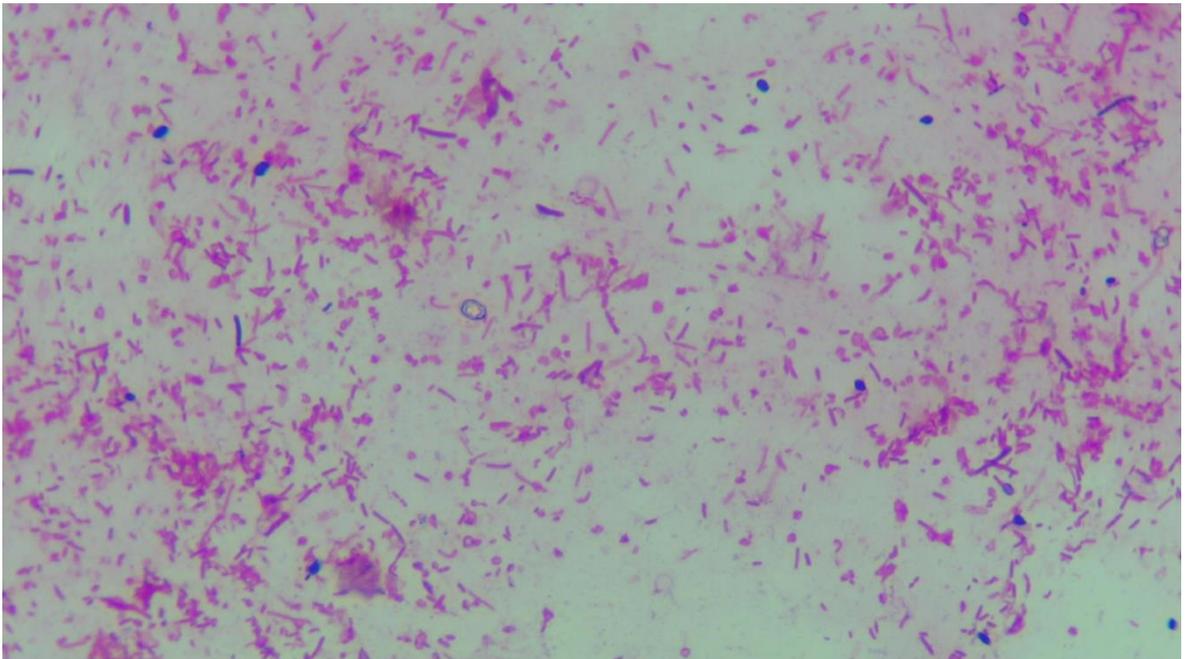


Figura 11. Identificação de bactérias por meio da coloração de Gram.

6 - DISCUSSÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma planta muito expressiva em relação à luz, dependendo da qualidade e intensidade de luz recebida por ela, mudanças morfológicas e fisiológicas podem ser observadas (LIN et al., 2013; AMARO DE SALES et al., 2021).

O presente estudo demonstra mudanças na biomassa das plantas ao serem cultivadas sob sombreamento, de forma que foi possível notar uma diferença muito grande na resposta ao crescimento quando se comparam os grupos estudados, uma vez que as plantas do T2 apresentaram parâmetros de crescimento muito inferiores em relação ao T1. Estudos relatam que baixa emissão de luz diminui a transpiração, condutância estomática e a taxa fotossintética, reduzindo o crescimento da planta e, conseqüentemente, a biomassa vegetal (DE SALVADOR et al., 2008; WANG et al., 2009; ZERVOUDAKIS et al., 2012; CHENG, 2022).

Analisando o acúmulo de nutrientes na parte aérea, foi encontrado uma quantidade de Cd elevada, por mais que Cd não tenha mostrado diferença significativa entre os grupos, ele apresentou uma concentração de $5,5 \text{ mg/kg}^{-1}$ na parte aérea das alfaces do T2, passando do valor necessário para as plantas, que é de $0,2 \text{ mg/kg}^{-1}$. (TRANI; RAIJ, 1997; ANVISA, 2013). Aqeel et al. (2021) retrataram que Cd em concentrações elevadas pode interferir no crescimento e eficiência das plantas. Isso acontece porque o efeito tóxico dele leva à produção de O_2 , H_2O_2 e OH, espécies reativas de oxigênio (ROS) que danificam a membrana celular (PEREIRA et al., 2002; KHAN et al., 2022). As plantas do T1 também apresentaram quantidades de Cd acima do necessário ($6,25 \text{ mg/kg}^{-1}$), sendo até maior do que a quantidade encontrada no T2, este resultado foi parecido com o estudo de Han et al. (2020), quando algas marinhas foram submetidas a ambientes claros e escuros para comparação, e as algas do ambiente claro apresentaram um maior acúmulo de Cd, indicando que a eficiência da fotossíntese influencia na bioacumulação de Cd.

As únicas fontes de nutrição para as plantas foram a ração dos peixes e seus excrementos, é possível que o excesso de Cd encontrado na parte aérea das plantas seja por conta da ração, alguns estudos evidenciaram contaminação por metais pesados na alimentação fornecida para os peixes e essa contaminação

pode acontecer durante o processamento dessa ração ou em algum componente da matéria-prima utilizada (BASHIR; SHUHAIMI-OTHMAN; MAZLAN, 2012).

Apesar das plantas do sombreamento terem apresentado uma grande diferença de biomassa vegetal em relação ao controle, o conteúdo de macronutrientes e alguns micronutrientes, não apresentaram tanta diferença, isso pode ter acontecido devido à presença dos compostos orgânicos presentes na água dos peixes (KASOZI et al., 2021), sugerindo que esses compostos conseguiram proporcionar os nutrientes necessários para as plantas. B, Cu, Fe e Ni foram os nutrientes que se mostraram significativamente maior no T2, outros estudos também relataram maior acúmulo de nutrientes, especialmente Fe, em plantas cultivadas sob a sombra (LIU et al., 2003; DÍAZ-PÉREZ, 2013; GENT, 2017; LAUR et al., 2021), isso pode ocorrer porque a sombra é capaz de amenizar o estresse térmico, possibilitando uma absorção de nutrientes mais eficiente (DÍAZ-PÉREZ, 2013).

Alguns estudos relatam sobre a maior intensidade de luz provocar um crescimento mais eficiente de biomassa vegetal nas plantas (WANG et al, 2020; NEGI et al., 2020; LIU; ZHA; ZHANG, 2020), o aumento na intensidade de luz viabiliza a fotossíntese, provocando esse incremento de massa, com isso, o conteúdo de elementos minerais nessas plantas pode ficar mais diluído (COLONNA et al., 2016; MALES, 2017), essa descrição encaixa-se com o presente estudo, uma vez que, as plantas do sombreamento, que apresentaram uma menor massa vegetal, manifestaram uma maior concentração de alguns elementos minerais.

Outro nutriente que não mostrou diferença significativa entre os grupos, mas merece destaque foi o Ca, ele apresentou concentrações de $34,85 \text{ g/kg}^{-1}$ no T1 e $31,99 \text{ g/kg}^{-1}$ no T2, essas concentrações diferem de estudos envolvendo aquaponia como os de Delaide et al. (2016) e Yang et al. (2020) que apresentaram $6,36 \text{ g/kg}^{-1}$ e $3,5 \text{ g/kg}^{-1}$ de Ca, respectivamente, na parte aérea de alfaces. O tipo de água de abastecimento nos estudos citados fora diferente da utilizada no presente estudo, Delaide et al. (2016) diluíram a água do sistema em 1:10 com água de chuva e Yang et al. (2020) usaram água de osmose reversa, já o atual estudo utilizou água encanada para abastecer o sistema. Esse fato pode ter colaborado com a maior concentração de Ca nas alfaces, visto que, o acúmulo de Ca na água pode variar conforme a região e, água encanada é capaz de acrescentar quantidades instáveis

de minerais como Ca e Fe no sistema (AZOULAY; GARZON; EISENBER, 2001; SAMBANDH BHUSAN DHAL et al., 2022).

Os dados obtidos das análises de nutrientes foram muito interessantes, uma vez que, a aquaponia costuma apresentar deficiência em alguns nutrientes, como por exemplo, Fe, Ca, B e Mg (RAKOCY, 2012; SUHL et al., 2016) e as plantas produzidas no sistema não apresentaram deficiência em nenhum dos nutrientes citados.

Observando o desempenho dos peixes, tem-se uma conversão alimentar (FCR) de 2,85, valor esse que diverge do que se recomenda para tilápias. Normalmente a tilápia apresenta uma FCR abaixo de 2, mais próximo de 1 (RAKOCY, 2012; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2016). Uma situação que pode causar aumento na FCR é a qualidade da ração fornecida aos peixes, Guitiérrez-Leyva et al. (2022) apresentaram uma FCR de 1,01 em tilápias com peso médio inicial de 2g analisadas por 45 dias (condições parecidas com o presente estudo), no entanto, a ração ofertada no trabalho em questão foi elaborada pelos próprios analisadores, enquanto, a do estudo atual foi ração comercial.

A taxa de crescimento específica (SGR) revelada no recente trabalho foi de 1,85%/dia, ela indica quanto o peixe se desenvolveu em determinado período de produção (IRANI et al., 2020). Um estudo de Hossain et al. (2022) alimentou juvenis de tilápia com peso inicial de 3,60g durante 60 dias com ração comercial e retrataram uma SGR de 1,16%/dia, resultado menor do que o encontrado na investigação vigente, o que pode indicar um melhor desenvolvimento das tilápias. A taxa de sobrevivência (SR) alcançada foi de 96,87%. Bakhsh et al. (2012) criaram juvenis de tilápia em aquaponia com peso inicial de 4g durante 45 dias e alcançaram uma SR de 86%, essa comparação sugere um desenvolvimento positivo do sistema do presente estudo, visto que, mostrou uma sobrevivência maior do que o estudo citado e que a tilápia costuma apresentar uma SR >95% (AL-HAFEDH et al., 2008).

Perante a análise proteica, a carne da tilápia mostrou uma quantidade de 22,83g, valor que corresponde a 23,21% de proteína, essa quantidade expressa que as tilápias criadas no sistema alcançaram a faixa de aceitação que vai de 13-25% (DESTA et al., 2019). Corrêa et al. (2023) avaliaram qualidade de filés de tilápia e seus subprodutos e constaram 17,08% de proteína nos filés da tilápia. Jayasinghe et al. (2013) verificou o teor de proteína na tilápia fresca e constatou a

presença de 14,72%. A literatura aponta a tilápia como um alimento com boa fonte de proteínas, visualizando os resultados obtidos entende-se que as tilápias produzidas no sistema do estudo presente se desenvolveram de forma positiva.

A análise de coliformes totais (CT) da água foi positiva e apresentou um NMP de $2,4 \times 10^5$ UFC/100mL, a presença de coliformes se mostra comum em sistemas aquapônicos, uma vez que muitos estudos exibiram presença de coliformes. Bianchini et al. (2020) apresentou um resultado > 1600 NMP/mL na água do sistema aquapônico deles. Weller et al. (2020) realizaram análise comparativa entre sistemas aquapônicos e hidropônicos e expuseram resultados entre $3,54 \times 10^6 - 1,99 \times 10^7$ UFC/mL. Segundo a resolução do CONAMA N° 357/2005 no artigo 15, as águas designadas para atividades como aquicultura, não tem valores máximos permitidos para CT, apenas para coliformes termotolerantes (CTT). A contaminação por coliformes pode acontecer por meio da ração dos peixes, os resíduos excretados por eles, no plantio antes de transferir as mudas das plantas para o sistema de aquaponia ou a própria água utilizada para abastecimento vir contaminada (MCCOY et al., 2011; SOON, SEMAN; BAINES, 2013; WANG; DEERING; KIM, 2020).

As bactérias nitrificantes normalmente são encontradas no filtro biológico do sistema de aquaponia, a presença delas é muito importante para manter a qualidade da água, é por meio do processo de nitrificação realizado por elas que se torna possível converter a amônia em nitrato (HOLMES; DANG; SMITH, 2019). Foi utilizado um meio específico para o crescimento delas, por isso, presume-se que elas tenham sido isoladas no estudo presente, para melhor definição seria necessário realizar uma identificação molecular.

É comum encontrar bactérias desnitrificantes no mesmo ambiente onde estão as nitrificantes, as desnitrificantes são responsáveis por transformar o nitrato em nitrogênio gasoso (METCALF; EDDY, 2003), esse processo pode acabar levando a uma perda de 50% de nitrogênio livre no sistema (ZOU et al., 2016). Apesar disso, as plantas não apresentaram deficiência de nitrogênio, sendo assim, supõe-se que havia um equilíbrio.

7 - CONCLUSÃO

O sombreamento não conseguiu fornecer maiores parâmetros de crescimento para as plantas, mas beneficiou o acúmulo de nutrientes.

As plantas expostas ao sombreamento demonstraram um maior acúmulo dos nutrientes B, Cu, Fe e Ni.

As tilápias produzidas no sistema expressaram uma conversão alimentar acima do esperado, mas as taxas de crescimento específico e sobrevivência se mostram dentro dos parâmetros desejados.

O conteúdo de proteína na carne da tilápia apresentou quantidades adequadas.

Em geral, o sombreamento não prejudicou o desenvolvimento do sistema de aquaponia.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXNADER, M.; CLARK, F. E. Nitrifying bacteria Methods of soil analysis, part. 2. **Chemical and microbiological Properties**, p. 1477. 1982

ALLEN, M. F. The ecology mycorrhize. Cambridge: **Cambridge University Press**, 184p. 1991.

AL-HAFEDH, Y. S.; ALAM, A.; BELTAGI, M. S. Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 4, p. 510-520, ago. 2008.

ALKHALIDI, A.; KHAWAJA, Mohamda. K.; ABUSUBAIH, D. Energy efficient cooling and heating of aquaponics facilities based on regional climate. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 15, n. 2, p. 287-298, 2020.

AMARO DE SALES, R. et al. Telas fotosselativas de sombreamento como cobertura para produção de alface roxa. **Relatórios Científicos**, v. 11, n. 1, p. 14972, 2021.

Anvisa – Resolução RDC N° 42 de 29 de agosto de 2013 – Internaliza a Resolução GMC RES N° 12 2011.pdf – Português (BRASIL). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-resolucao-dmc-res-n-o-12-2011>.

AOAC. Official methods of analysis. **Assoc Anal Chem**, 2005.

AQELL, Muhammad et al. Elucidando o impacto interativo distinto de cádmio e níquel no crescimento, fotossíntese, homeostase do metal e respostas de produção de variedades de feijão mungo (*Vigna radiata L.*) **Ciência Ambiental e Pesquisa sobre Poluição**, v. 28, p.27376-27390, 2021.

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhizal and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 6, p. 457-464. 1996.

AZOULAY, A.; GARZON, P.; EISENBERG, M. J. Comparison of the mineral content of tap water and bottled waters. **Journal of General Internal Medicine**, v. 16, n. 3, p. 168-175, mar. 2001.

BAGENAL, T. Methods for the Assessment of Fish Production in Fresh Waters. **Blackwell Scientific Publications**, 3rd edition. Oxford, London. 1978.

BAHSH, H.; CHOPIN, T. A variation on the IMTA theme: a land-based, closed-containment freshwater IMTA system for tilapia and lettuce. **Aquaculture Association of Canada Special Publication**. 2012

BASHIR, F. A.; Evaluation of trace metal levels in tissues of two commercial fish species in Kapar and Mersing coastal waters, Peninsular Malaysia. **Journal of Environmental and Public Health**. 2012.

BHATNAGAR, A.; DEVI, P. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. **International Journal Of Environmental Science**, v. 3, n.6, 2013.

BIANCHINI, P. P. et al. Analysis of lettuce (*Lactuca sativa*) production in different substrates in an aquaponic system using an IBC container. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, n. 5, p. 67-73, 2020.

BITTSANSZKY et al. Suprimento de nutrientes de plantas em sistemas aquapônicos. **Ecociclos** 2, 17-20. Doi: 10.19040/ecocycles.v2i2.57. 2016.

BORTHWICK, H. A. et al. Action of Light on Lettuce-Seed Germination. **Botanical Gazette**, v. 115, n. 3, p.205-225, mar, 1954.

BRYCHKOVA, G. et al. Regulação da Biossíntese e Degradação de Carotenóides em Alface (*Lactuca sativa* L.) da Muda à Colheita. **International Journal Of Molecular Sciences**, v. 24, n. 12, p. 10310, 2023.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. **Environmental Research**, v. 99, n. 3, p. 403-412, 2005.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001.

CHEN, J. et al. Shoot-to-root mobile transcription factor HY5 coordinates plant carbon and nitrogen acquisition. **Current Biology**, v. 26, n. 5, p. 701-713, 2016.

CHENG, X. et al. Efeitos dos espectros de luz na morfologia, troca gasosa e capacidade antioxidante de cânhamo industrial. **Fronteiras em Plant Science**, v. 13, p. 937436, 2022.

COLONNA, E. et al. Nutritional quality of tem leafy vegetables harvested at two light intensities. **Food Chemistry**, v. 199, p. 702-710, maio, 2016.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA. Resolução nº 357 de 2005**. Brasília: CONAMA; 2005.

CORRÊA, S. S. et al. Quality of *Oreochromis niloticus* and *Cynoscion virescens* fillets and their by-products in flours make for inclusion in instant food products. **V. 18, n. 2**. 2023.

CUI, X. et al. Effect of daily light integral on plant growth and development. **Acta Horticulture Sinica**, v. 46, n. 9, p. 1670-1680, 2019.

DAVID, L. H. et al. Sustainability of urban aquaponics farms: Na emergy point of view. **Journal of Cleaner Production**, v. 331, p. 129896, 2022.

DELAIDE, B. et al. Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics. **Water**, v. 8, n. 10, p. 467, 19 out. 2016.

DE SALVADOR, F. R. et al. Innovative photoselective and photoluminescent plastic films for protected cultivation. **Acta Horticulturae**, 801, p. 115-121. 2008.

DIAZ-PEREZ, J. C. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) crop as affected by shade level: Microenvironment, plant growth, leaf gas Exchange, and leaf mineral nutrient concentration. **HortScience**. 2013.

DUARTE, E. et al. Postlarval culture of Nile tilapia with different ratios of calcareous shell/gravel substrate in biofilters. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.20, n.1, p.43-48, 2013.

EDWARDS, P.; ZHANG, W.; BELTON, B.; LITTLE, DC. Mal-entendidos, mitos e mantras na aquicultura: sua contribuição para o abastecimento mundial de alimentos tem sido sistematicamente relatada. **Política de março**. 2019.

FAO. Fisheries and Aquaculture Technical, 2014.

FAO. A situação mundial da pesca e da aquicultura - Cumprindo os objetivos de desenvolvimento sustentável. 2018.

FORMISANO, L. et al. Divergent Leaf Morpho-Physiological and Anatomical Adaptations of Four Lettuce Cultivars in Response to Different Greenhouse Irradiance Levels in Early Summer Season. **Plants**, v. 10, n. 6, p. 1179, 9 jun. 2021.

GENELLO, L. et al. Peixes em sala de aula: um levantamento do uso da aquaponia na educação. **J. Curar. Biol. Educ**, 4, 9-20, 213p, 2015.

GRANT et al. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding. **Field Crops Research**, 127, 170-180. 2012.

GRAZIANO DA SILVA, J. Alimentando o mundo de forma sustentável. **Nações Unidas**. Recuperado em 15 de junho de 2022, de <https://www.un.org/en/cronica/article/feeding-world-sustainably>, 2021.

GRUDA, N.; TANNY, J. Protected Crops. **Horticulture: Plants for People and Places**, v. 1, p. 327-405, 2014.

GUITIÉRREZ-LEYVA, R. et al. O alpiste, *Phalaris canariensis*, tem maior valor nutricional do que a alga marinha gigantes, *Macrocystis pyrifera*, como ingredient alimentar em rações para tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 54, n. 3, p. 666-685, 2023.

GVR. Tamanho do mercado de hidroponia (2021-2028). Disponível online: <https://www.grandviwresearch.com/industry-analysis/hidroponics-market/methodology> (acessado em 18 de maio de 2023).

HAN, TAI-WEI et al. Efeitos do cádmio na bioacumulação, bioabsorção e fotossíntese em *Sarcodia suiae*. **Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública**, v. 17, n. 4, p. 1294, 2020.

HART et al. Gerenciando expectativas para aquaponia em sala de aula: aprimorando o aprendizado acadêmico e ensinando a apreciar os recursos aquáticos. **Pescarias**. 39, 525-530. Doi: 10.1080/03632415.2014.966353.2014.

HOLMES, D. E.; DANG, Y.; SMITH, J. A. Nitrogen cycling during wastewater treatment. **Advances in Applied Microbiology**, p. 113-192, 2019.

HONG, J. et al. Evaluation of the Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Applications on the Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Agronomy**, v. 12, n. 10, p. 2477, 1 out. 2022.

HOSSAIN, M., A. et al. Toxic effects of chlorpyrifos on the growth, hematology, and different organs histopathology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 7, p. 103316, jul. 2022.

HOULTON, B. Z. et al. Um mundo de co-benefícios: resolvendo o desafio global do nitrogênio. **O future da Terra**, v.7, n. 8, p. 865-872, 2019.

IRANI, M. et al. Produção de camarão branco do Pacífico sob diferentes densidades de estocagem em um Sistema de bioflocos com troca zero de água: efeitos na qualidade da água, desempenho zootécnico e composição corporal. **Engenharia Aquacultural**, v. 100, p. 102313, 2023.

JACSON, M.L. Soil chemical analysis. Prentice Hall. New Jersey, 1965.

JUSTEN et al. Preparation of extruded snacks with flavored flour obtained from the carcasses of Nile Tilapia: physicochemical sensory and microbiological analysis. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v, 26, n. 3, 2017.

KASOZI, N. et al. O microbioma complexo na aquaponia: Significado do ecossistema bacteriano. **Ana. Microbiol.**, p. 1-13, 2021.

KHAN, Z. et al. A toxicidade de metais pesados e sinalização vegetal facilitada pela aplicação de biochar: Implicações para mitigação do estresse e produção agrícola. **Chemosphere**, 2022.

KNAPP, S.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Uma meta-análise global da estabilidade do rendimento na agricultura orgânica e de conservação. **Nature Communications**, v.9, n.1, p. 3632, 2018.

LAM et al. Remoção biológica de nutrientes por Sistema aquapônico de recirculação: Otimização da relação de dimensão entre os componentes do tanque hidropônico e de criação. **Biodegradação Int Biodegradação**, 102:107-115. 2015.

LENNARD, W.; GODDEK, S. Aquaponics: the basics. **Aquaponics food production systems**, v. 113, 2019.

LIN, K. H. et al. Os efeitos dos diodos emissores de luz Vermelho, azul e branco no crescimento, desenvolvimento e qualidade comestível de alface cultivada hidroponicamente (*Lactuca sativa L. var capitata*). **Ciência Hortic.**, p. 86-97, 2013.

LOVE et al. Produção e lucratividade da aquaponia comercial: resultados de uma pesquisa internacional. **Aquicultura**, 435, 67-74. 2015.

LIU, W.; ZHA, L.; ZHANG, Y. Growth and Nutrient Element Content of Hydroponic Lettuce are Modified by LED Continuous Lighting of Different Intensities and Spectral Qualities. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1678, out. 2020.

MADHAVARAO, K. V.; SRESTY, T. V. S. Aquaponics parameters in the seedling of pigeonpea (*Cajanus cajan L. Millspaugh*) in response to Zn and Ni stresses. **Plant Saci**, 157: 113-128. 2000.

MARLES, R. J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent declines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 56, p. 93-103, mar, 2017.

MASSA, T. A; BUGBEE, B. Diferenças na resposta de trigo, soja e alface à radiação azul reduzida. **Photochem Fotobiol**, v. 73, p. 199-207, 2001.

MCCOY, E., L. et al. Foodborne Agents Associated with the Consumption of Aquaculture Catfish. **Aquaculture**, v. 74, n. 3, p. 500-516, 1 mar. 2011.

METCALF, EDDY. Wastewater engineering: Treatment and reuse. **ProQuest**. 2003.

NASR, J.; KOMISAR, J.; DE ZEEUW, H. Um panorama dos tipos de agricultura de telhado. **Urban Agriculture**, p. 9-29, 2017.

NEGI, S. et al., Light regulation of light-harvesting antenna size substantially enhances photosynthetic efficiency and biomass yield in green algae. **The Plant Journal**, v. 103, n. 2, p. 584-63, 20 abr. 2020.

NGUYEN, N.T; MCINTURF, S.A; MENDOZA-CÓZALT, D.G. Hidroponia: um Sistema versátil para estudar a alocação de nutrientes e as respostas das plantas à disponibilidade de nutrientes e à exposição a elementos tóxicos. **J. Vis. Exp**, 13: e54317. Doi: 10.3791/54317. 2016.

NIU, G.; MASABNI, J. Plant production in controlled environments. **Horticulture**, v. 4, n. 4, p. 28, 2018.

OUZOUNIS, T. et al. An aplicação antes do amanhecer e de alta intensidade de luz azul suplementar diminui o rendimento quântico de PSII e aumenta a quantidade de ácidos fenólicos, flavonoids e pigmentos em *Lactuca sativa*. **Planta Frontal Sci**. 2015.

PAIK, I.; HUG, E. Fotorreceptores vegetais: proteínas sensoriais multifuncionais e suas redes de sinalização. **Semin Cell Dev Biol**, 92: 114-121. 2019.

PALLIWAL, A. et al. 3D city models for urban farming site identification in buildings. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 86, p. 101584, mar. 2021.

PAWLAK, K.; KOLODZIEJCZAK, M. O papel da agricultura na garantia da segurança alimentar nos países em desenvolvimento: considerações no contexto o problema da produção sustentável de alimentos. **Sustentabilidade**, v. 12, n. 13, p. 5488, 2020.

PEREIRA, G. J. G. et al. Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in *Crotalaria juncea*. **Plant and soil**, 239: 123-132. 2002.

PETERS, J.B. Wisconsin Procedures for Soil Testing, plant analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis. **Departament of Soil Science, College of**

Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, W.I. 2005.

PINHO, S. M. et al. Integrated production of Nile Tilapia juveniles and lettuce using biofloc technology. **Aquaculture International**, 6 out. 2020.

RAKOCY, J. E. et al. “Atualização sobre produção de tilápias e hortaliças no sistema aquapônico UVI. Novas dimensões na tilápia cultivada”. **International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, 1-15, 2004.

RAKOCY, J. E. Aquaponics – integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, p. 344-386, 2012.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **Oklahoma Cooperative Extension Service**. 2016.

RIBEIRO, H.; JAIME, P.; VENTURA D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.31, n.89, p.185-198, 2017.

ROOSTA, H. R. Comparação do crescimento vegetativo, características ecofisiológicas e teor de nutrientes minerais de plantas de manjeriço em diferentes proporções de irrigação de soluções hidropônicas: aquapônicas. **J. Plant Nutr**, 37, 1782-1803, 2014.

SAMBANDH BHUSAN DHAL et al. A Machine-Learning-Based IoT System for Optimizing Nutrient Supply in Commercial Aquaponic Operations. **Sensors**, v. 22, n. 9, p. 3510, 5 maio, 2022.

SANTOS, J. O. et al. A evolução da agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2012.

SEBRAE. Alimentação saudável cria ótimas oportunidades de negócio. 2019. Disponível em: <[https:// www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/segmento-](https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/segmento-)

de-alimentacao-saudavel-apresenta-oportunidade-de-negocio. Acesso em 30 de Junho de 2022.

SEBRAE. Alimentação saudável cria ótimas oportunidades de negócio. 2022. Disponível em: <[https:// www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/segmento-de-alimentacao-saudavel-apresenta-oportunidade-de-negocio](https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/segmento-de-alimentacao-saudavel-apresenta-oportunidade-de-negocio). Acesso em 30 de Julho de 2023.

SHAO, Q. et al. Effects of Shade Treatments on Photosynthetic Characteristics, Chloroplast, Ultrastructure and Physiology of *Anoectochilus roxburghii*. *Plos ONE*, v. 9, n. 2, p. 85996, 7 fev. 2014.

SOMERVILLE, C. et al. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. 1. Ed. Roma: **FAO Fisheries and Aquaculture Technical**, p. 262. 2014.

SOON, J. M.; SEAMAN, P.; BAINES, R. N. Escherichia coli 0104:H4 outbreak from sprouted seeds. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 16, n. 3, p. 346-354, jun. 2013.

STONE, N.; THOMFORDE, H. Understanding Your Fishpond Water Analysis Report. **Cooperative Extension Program**, 2003.

SUHL, J. et al. Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. **Agricultural Water Management**, v. 178, p. 335-344, dez. 2016.

TAIZ, L. ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. **Ed. Porto Alegre: Artmed**, v. 3. 2004.

TARAKANOV, I. G. et al. Effects of light Spectral Quality on Photosynthetic Activity, Biomass Production and Carbon Isotope Fractionation in Lettuce, *Lactuca sativa* L **Plants**, v. 11, n.3, p. 441, 5 fev. 2022.

THOKCHOM, S. et al. Estratégias de adaptação para cultivo protegido sob padrões climáticos em mudanças em regiões secas. In: Aumentado a resiliência da agricultura de sequeiro sob mudanças climáticas: abordagens interdisciplinares e de convergência. Cingapura: **Springer Nature**, p.487-509. 2023.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. **Hortaliças**, boletim técnico 100. 1997.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. **Washington: American Public Health Association**. 1992.

VERBAENDERT, I. et al. Denitrification in Gram-positive bacteria: an underexplored trait. **Biochemical Society Transactions**, v. 39, n. 1, p. 254-258, 19 jan. 2011.

VLAHOS, N. et al. Investigating Salinity Effects in Brackish Aquaponics System: Evidencing the Co-Cultivation of the Halophyte *Crithmum maritimum* with the Euryhaline *Sparus aurata*. **Applied Sciences**, v. 13, n. 6, p. 3385, 2023.

WANG, M.; WEI, H.; JEONG, B. R. Lighting Direction Affects Leaf Morphology, Stomatal Characteristics and Physiology of Head Lettuce (*Lactuca sativa* L.) **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 6, p. 3157, mar. 2021.

WANG, Y. et al. Resposta de fenóis totais, flavonoides, minerais aminoácidos de quatro espécies de samambaias comestíveis a quatro tratamentos de sombreamento. **PeerJ**, v.8, p. 8354, 2020.

WANG, Y.; GUO, Q.; JIN, M. Effects of light intensity on growth and photosynthetic characteristics of *Chrysanthemum morifolium*. **Zhongguo Zhongyao Zazhi**, 2009.

WANG, Y.; DEERING, A. J.; KIM, H. J. The Occurrence of Shiga Toxin-Producing *E. coli* in Aquaponic and Hydroponic Systems. **Horticulturae**, v. 6, n. 1, p. 1, 2 jan. 2020.

WELLER, D., L.; SAYLOR, L.; TURKON, P. Total Coliforms and Generic E. coli levels, and Salmonella Presence in Eight Experimental Aquaponics and Hydroponics Systems: A Brief Report Highlighting Exploratory Data. **Horticulturae**, v. 6, n.3, p. 42, 30 jul. 2020.

XU, J. et al. Regulation of Horticultural Crop Nutrient Uptake and Utilization. **Horticultural Plant Journal**, jan. 2021.

YANG, T.; KIM, H. J. Characterizing Nutrient Composition and Concentration in Tomato-Brasil and Lettuce-based Aquaponic and Hydroponic Systems. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1259, 29 abr. 2020.

ZHAI, J. et al. Effects of silicon and calcium on photosynthesis yield and quality of cucumber in solar-greenhouse. **Acta Horticulturae Sinica**, v. 46, n. 4, p. 701-713, 2019.

ZERVOUDAKIS, G. et al. Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 2012.

ZOU, T. et al. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. **Bioresource Technology**, v. 210, n. 1, p. 81-87, 2016.