

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BACHARELADO

ALINE DAIANE DE LIMA LIRA

**AValiação de diferentes níveis de luminosidade na produção de
plantas aromáticas em sistema de aquaponia**

DOURADOS, MS

2024

ALINE DAIANE DE LIMA LIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE LUMINOSIDADE NA PRODUÇÃO DE
PLANTAS AROMÁTICAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Corpo Docente do Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados (FCBA/UFGD), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a):

Profa. Dra. Juliana Rosa Carrijo Mauad

Coorientador(a):

Dr. Lucas Coutinho Reis

Dourados, MS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L768a Lira, Aline Daiane De Lima
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE LUMINOSIDADE NA PRODUÇÃO DE
PLANTAS AROMÁTICAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA [recurso eletrônico] / Aline Daiane
De Lima Lira. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Juliana Rosa Carrijo Mauad.
Coorientador: Lucas Coutinho Reis.
TCC (Graduação em Ciências Biológicas)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Produção sustentável. 2. Agricultura familiar. 3. Insegurança alimentar. I. Mauad, Juliana
Rosa Carrijo. II. Reis, Lucas Coutinho. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ALINE DAIANE DE LIMA LIRA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE LUMINOSIDADE NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AROMÁTICAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de nome do curso, da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientadora: Dra. Juliana Rosa Carrijo Mauad

Dourados, 6 de dezembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JULIANA ROSA CARRIJO MAUAD
Data: 13/12/2024 11:15:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DRA. JULIANA ROSA CARRIJO MAUAD

Presidente

Documento assinado digitalmente
 RAFAELA PRISCILA OTA
Data: 13/12/2024 14:30:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DRA. RAFAELA PRISCILA OTA

Membro

Documento assinado digitalmente
 ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA
Data: 12/12/2024 11:55:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DRA. ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA

Membro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me dar esperança, força e sabedoria durante todo o processo de graduação: sem Ele, nada disso seria possível.

Agradeço também aos meus pais, Andrea e Adilson, que sempre fizeram o impossível pela minha educação e incentivaram minha formação acadêmica, e ao meu irmão Giovanni, pelo companheirismo.

Aos meus amigos da graduação, Carol, Lorena, Lucas, Pedro, Samara e, em especial, à Laiane, que sempre que possível oferecia carona para a Universidade e me poupava de enfrentar o ônibus em dias quentes. Obrigada por tornarem meus dias mais leves e suportáveis! Agradeço também os meus amigos da vida, Fernanda, Kaio, Hainel, Bárbara, Rodrigo, Eduardo, Henrique Tymas, Giordanna, Emanuel, Grazielle, Ana, Allan, Enzo e Ana Júlia, que nos finais de semana me traziam muita alegria, música e descontração.

Ao meu namorado Átila, que sempre acreditou em mim e me acolheu nas inúmeras crises de choro quando eu acreditava que nada daria certo; e aos meus sogros, Ivonete e Elias, por todo o suporte e carinho nos domingos de almoço.

À todos os professores da graduação que fizeram de mim uma verdadeira profissional, seja através de ensinamentos e incentivo, seja por experiências excepcionais e disposição em lecionar, em especial Prof. Dr. Sandro Menezes Silva, Profa. Dra. Rafaela Priscila Ota e Profa. Dra. Renata Rúbia Ota. As oportunidades que me foram oferecidas por esses professores me qualificaram e me prepararam para enfrentar todo e qualquer obstáculo da vida pessoal e profissional que venha a surgir em meu caminho. O meu muito obrigada por fazerem parte de quem sou hoje!

À minha orientadora Profa. Dra. Juliana Rosa Carrijo Mauad, que me inspira e me cativa pela dedicação e carinho com o projeto Centro de Desenvolvimento Rural (CDR), e também agradeço às minhas mentoras, Profa. Dra. Márcia Regina Russo e Me. Lidiany Doreto Cavalcanti, grandes cientistas que me ensinaram a ser pesquisadora e futura peixóloga!

A minha experiência na graduação não poderia ter sido melhor sem todas essas pessoas, agradeço imensamente todo o carinho, apoio e companheirismo que me proporcionaram ao longo dessa jornada árdua, mas vitoriosa. Obrigada, pessoal!

“Acertos não definem quem você é”.

– Íma, Supercombo

RESUMO

A aquaponia é uma solução sustentável que combina aquicultura e hidroponia, formando um ciclo eficiente de reaproveitamento de nutrientes e produção de alimentos com alta qualidade nutricional. Este sistema, ao integrar a criação de peixes e o cultivo de plantas é promissor para combater a insegurança alimentar de forma sustentável, especialmente ao utilizar plantas aromáticas como manjericão (*Ocimum basilicum*) e hortelã (*Mentha spicata*), amplamente empregadas na culinária e na medicina alternativa. O objetivo deste estudo foi investigar o potencial da aquaponia como uma alternativa sustentável para a produção de plantas aromáticas, especificamente hortelã e manjericão, avaliando seu desempenho de crescimento e propriedades medicinais. Este estudo foi realizado no Assentamento Itamarati, Ponta Porã/MS, utilizando o sistema aquapônico NFT (*nutrient film technique*) para avaliar o desempenho de plantas sob diferentes condições de luminosidade (30%, 50%, 70% e pleno sol). A luz demonstrou ser um fator essencial para o crescimento vegetal, não apenas por sua presença, mas pela intensidade e o nível de luminosidade aplicada. Durante 47 dias, verificou-se que níveis intermediários de luminosidade favoreceu o acúmulo de biomassa fresca e seca, além de resultados positivos no desenvolvimento da raiz, parte aérea e produção de pigmentos fotossintéticos, como clorofilas e carotenoides. O manjericão destacou-se pelo bom desempenho geral, enquanto a hortelã apresentou maior sensibilidade às variações de luz. Os resultados evidenciaram a importância do manejo adequado da luminosidade, sendo os níveis intermediários de luminosidade uma estratégia eficaz para otimizar a produtividade em sistemas aquapônicos. Conclui-se que, com ajustes no manejo, a aquaponia pode ser uma alternativa sustentável para o cultivo de plantas aromáticas, especialmente na agricultura familiar, demandando estudos adicionais para maximizar sua eficiência e viabilidade.

Palavras-chave: Produção sustentável, agricultura familiar, insegurança alimentar.

ABSTRACT

Aquaponics is a sustainable solution that combines aquaculture and hydroponics, forming an efficient cycle of nutrient recycling and high-quality food production. This system, by integrating fish farming and plant cultivation, is promising for combating food insecurity sustainably, especially by utilizing aromatic plants such as basil (*Ocimum basilicum*) and mint (*Mentha spicata*), widely used in culinary and alternative medicinal applications. The objective of this study was to investigate the potential of aquaponics as a sustainable alternative for the production of aromatic plants, specifically mint and basil, evaluating their growth performance and medicinal properties. This study was conducted at the Itamarati Settlement in Ponta Porã/MS, using the NFT (nutrient film technique) aquaponic system to assess plant performance under different light conditions (30%, 50%, 70%, and full sunlight). Light proved to be an essential factor for plant growth, not only through its presence but also the intensity and type of shading applied. Over 47 days, intermediate light levels favored the accumulation of fresh and dry biomass, as well as positive results in root development, aerial part growth, and the production of photosynthetic pigments such as chlorophylls and carotenoids. Basil stood out for its overall good performance, while mint showed greater sensitivity to light variations. The results highlighted the importance of proper light management, with intermediate shading levels being an effective strategy to optimize productivity in aquaponic systems. It is concluded that, with adjustments in management, aquaponics can be a sustainable alternative for cultivating aromatic plants, especially in family farming, requiring further studies to maximize its efficiency and viability.

Keywords: Sustainable production, family farming, food insecurity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do sistema de aquaponia NFT com mudas de hortelã e manjeriço.....	13
Figura 2. Introdução dos peixes no sistema de aquaponia.....	13
Figura 3. Sistema em 28 dias de experimento	15
Figura 4. Sistema em 47 dias de experimento	15
Figura 5. Hortelã após 47 dias de experimento.	16
Figura 6. Manjeriço após 47 dias de experimento	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comprimento da parte aérea (PA) e Raiz de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	16
Tabela 2. Massa Fresca da Raiz (Ma FR), Massa Fresca da Parte Aérea (MaF PA), Massa Seca da Raiz (Ma SR), Massa Seca da Parte Aérea (Ma SPA) de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	17
Tabela 3. Clorofila a (Chl a) Clorofila b (Chl b), Clorofila total (Chl total) e Carotenoides, de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidade.....	17
Tabela 4. N° de Folhas e Área Foliar e de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	18
Tabela 5. Comprimento da parte aérea (PA), comprimento da Raiz e Diâmetro do colo, de plantas jovens de Manjeriçã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	18
Tabela 6. Massa Fresca da Raiz (Ma FR), Massa Fresca da Parte Aérea (Ma PA), Massa Seca da Raiz (Ma SR), Massa Seca da Parte Aérea (Ma SPA) de plantas jovens de Manjeriçã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	19
Tabela 7. Clorofila a (Chl a) Clorofila b (Chl b), Clorofila total (Chl total) e Carotenoides, de plantas jovens de Manjeriçã cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	20
Tabela 8. Área Foliar e N° de Folhas de plantas jovens de Manjeriçã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Geral	14
2.2. Específicos	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. VARIÁVEIS DO ESTUDO	16
3.1.1. Crescimento vegetativo.....	16
3.1.2. Biomassa.....	16
3.1.3. Pigmentos fotossintéticos	16
3.1.4. Crescimento foliar.....	16
3.1.5. Análise dos dados.....	17
4. RESULTADOS	17
4.1. Hortelã (<i>Mentha spicata</i>)	18
4.2. Manjeriço (<i>Ocimum basilicum</i>).....	20
5. DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO	24
7. AGRADECIMENTOS	24
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

A problemática acerca das mudanças climáticas resulta em discussões sobre como se adequar a novos padrões de produção. Essas mudanças extremas são consequências de práticas explorativas, que optam pela maior produtividade e ganhos econômicos ao uso consciente dos recursos ambientais, como no caso do setor agropecuário, um dos responsáveis por grande parte da emissão de gases do efeito estufa (ALVES et al., 2022). Desse modo, evidencia-se a necessidade de adotar práticas sustentáveis que minimizem tais impactos causados por esse setor, aproveitando recursos ainda disponíveis a fim de remediar um contexto de escassez não muito distante, além de contribuir para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela agenda 2030 da ONU, que visam promover desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

Como alternativa para uma produção de alimentos sustentável, a aquaponia surge como uma solução inovadora e eficiente que, além do reaproveitamento de recursos e nutrientes, pode oferecer maior qualidade do alimento produzido e aumento de produtividade. A aquaponia combina a aquicultura e a hidroponia, consistindo em um sistema de criação de peixes cuja água do tanque é levada para as plantas de cultivo, de maneira a formar um ciclo altamente eficaz (HUNDLEY et al., 2013; SANTOS, 2021; SILVA et al., 2021). As plantas cultivadas em sistemas de aquaponia recebem os nutrientes das excretas produzidas pelos peixes, antes filtradas por um filtro para melhor aproveitamento das plantas, assim retornando a água filtrada aos peixes. Além disso, um agente essencial para o bom funcionamento do sistema são as chamadas bactérias nitrificantes, com função de converter a amônia (NH_3) excretada pelos peixes em nitrito (NO_2^-), em seguida em nitrato (NO_3^-), visto que a amônia e o nitrito são compostos considerados tóxicos aos peixes e a conversão para o nitrato torna-o assimilável às plantas, que possuem o nitrogênio como principal fonte de crescimento (CARNEIRO, 2015; SANTOS, 2021; SILVA et al., 2022).

Assim, o sistema aquapônico demonstra a ciclagem efetiva dos nutrientes em prol da produção sustentável de peixes e vegetais, podendo ser aplicado em pequena ou grande escala e reforçando o objetivo de sustentabilidade a ser integrado na produção agrícola de alimentos (SANTOS, 2021). A aquaponia representa uma tecnologia social, definida por qualquer técnica ou metodologia desenvolvida por uma comunidade que solucione determinado problema social ou socioambiental, correspondendo com seus principais objetivos: equidade social, preservação do meio ambiente e qualidade de vida (SANTOS, 2021). Ademais, por se tratar de um sistema de baixo investimento, a aquaponia pode ser facilmente aplicada a nível

familiar e promover o desenvolvimento sustentável entre pequenos produtores, de forma a contribuir para a segurança alimentar da família. Os dados apresentados pela FAO (2023), demonstram que 32,8% da população brasileira ainda encontra-se em situação de insegurança alimentar moderada ou severa de acordo com o relatório “O Estado da Segurança Alimentar e Nutrição do Mundo” de 2023.

Sendo assim, o potencial da aquaponia como tecnologia social alternativa traz perspectivas positivas ao combate da desigualdade e a mitigação da fome no país, atendendo às ODS 2, 12 e 13 e oferecendo ainda alternativas de uso sustentável dos recursos. Ademais, pode contribuir no estabelecimento da segurança alimentar e seguridade do alimento, uma vez que a produção pode ser realizada sem o uso de agrotóxicos, gerando produtos de qualidade elevada. A qualidade dos alimentos obtidos a partir de sistemas de cultivo sustentáveis e orgânicos não se resume apenas à contaminação de agrotóxicos e metais pesados, mas também ao conferir palatabilidade e diversidade de nutrientes essenciais para garantir uma alimentação mais equilibrada e saudável (PEREIRA et al., 2020).

Diante desse panorama, a necessidade de produzir alimentos ricos em nutrientes, acessíveis e sustentáveis torna-se evidente para minimizar a problemática da insegurança alimentar, utilizando como alternativa o uso de plantas aromáticas. As plantas aromáticas são conhecidas por seu aroma agradável devido à presença de um óleo essencial de potencial fitoterápico, além de bastante utilizadas na culinária. O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) e a hortelã (*Mentha spicata* L.) são plantas aromáticas de grande relevância medicinal e culinária, ambas usadas in natura, seja para infusão de chás (hortelã), sucos, saladas e tempero de carnes (manjericão), agregando valor e sabor quando inseridos na alimentação (HUNDLEY et al., 2013; RAMOS e SOUZA, 2021).

Para fins medicinais, a hortelã apresenta propriedades antioxidantes e calmantes, indicada para refluxo gastroesofágico, cólicas intestinais e sinusite, enquanto o manjericão combate bactérias e fungos, propriedades essas advindas do seu óleo essencial, além de ser utilizado na medicina como sedativo (HUNDLEY et al., 2013; RAMOS e SOUZA, 2021; HENRIQUE, 2017). Ao tratar da adaptabilidade dessas plantas em sistemas aquapônicos, tanto a hortelã quanto o manjericão apresentam um bom desempenho no seu crescimento, em destaque o manjericão que revelou melhor crescimento em sistema aquapônico quando comparado à manjerona (HUNDLEY, 2013). Além disso, é fundamental considerar o fator luminosidade, uma vez que a luz é essencial para o crescimento das plantas, fornecendo a energia necessária para a fotossíntese. A influência da luz no desenvolvimento das plantas não se baseia apenas em sua presença, mas também na intensidade luminosa e nos diferentes

níveis de luminosidade aplicados (DE ALMEIDA, 2021).

Portanto, o presente estudo consiste em compreender a produção de alimentos de alto valor nutricional, como a hortelã e o manjeriço, por meio da aquaponia. Também, as plantas aromáticas são importantes para conferir qualidade aos alimentos, uma vez que seus óleos essenciais possuem propriedades medicinais, além de atribuir melhor palatabilidade quando adicionados em outros alimentos, proporcionando alimentos saudáveis e saborosos ao ser humano.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Investigar o potencial da aquaponia como uma alternativa sustentável para a produção de plantas aromáticas, especificamente hortelã (*Mentha spicata*) e manjeriço (*Ocimum basilicum*), avaliando seu desempenho de crescimento e propriedades medicinais.

2.2. Específicos

- Investigar a influência dos níveis de luminosidade no crescimento e desenvolvimento das plantas aromáticas no sistema aquapônico;
- Avaliar o crescimento e os pigmentos fotossintéticos das plantas aromáticas cultivadas em sistema aquapônico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Assentamento Itamarati, Ponta Porã/MS (Latitude - 22,1864'S – Longitude -55,5953'O), na Escola Estadual Professor José Edson Domingos dos Santos. O clima predominante na região do Assentamento é do tipo Cwa de Köppen, caracterizado por clima úmido, inverno seco e verão quente, pois a temperatura do mês mais frio (junho/julho) é inferior a 18 °C e o total de chuva no verão (janeiro, fevereiro, e parte de dezembro e março) supera em mais de dez vezes a menor precipitação mensal (URCHEI et al., 2002).

O sistema de aquaponia adotado foi o NFT (*nutrient film technique*) ou ambiente de cultivo em canaletas, utilizando-se de uma telha de amianto para a demarcação das canaletas e posição dos tratamentos do cultivo de hortelã e manjeriço. Os tratamentos de manjeriço e hortelã foram arranjados em 4 níveis de luminosidade, submetidos aos níveis de 30%, 50%, 70% e pleno sol, utilizando-se de telas sombrites da cor preta correspondentes. Para a

produção das plantas, foi adicionado um substrato de pedra brita-S2 e os tratamentos foram casualizados com 5 unidades amostrais de cada espécie em 2 canaletas por nível de luminosidade (Figura 1), a fim de avaliar a diferença entre os níveis desse fator. As mudas permaneceram no sistema de aquaponia em um período compreendido entre 23 de setembro de 2024 e 9 de novembro de 2024, totalizando 47 dias de realização do trabalho.

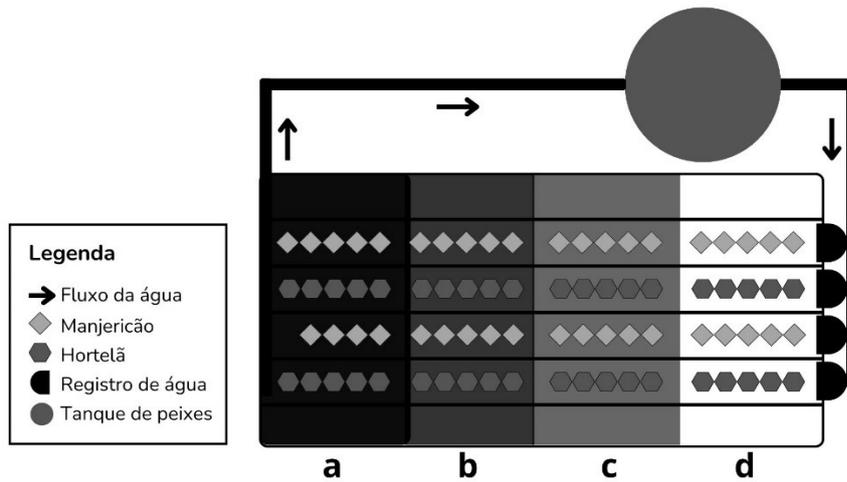


Figura 1. Esquema do sistema de aquaponia NFT com mudas de hortelã e manjeriço. (a) Nível de 30% de luminosidade; (b) nível de 50% de luminosidade; (c) nível de 70% de luminosidade; (d) pleno sol. Fonte: Autoria própria.

Para o tanque de peixes do sistema de aquaponia, a densidade de estocagem de peixes utilizada foi de $0,5 \text{ kg/m}^3$, com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) e tamoatá (*Hoplosternum littorale* Hancock, 1828), que são peixes resistentes, com alta taxa de conversão alimentar e alta densidade de estocagem (Figura 2).



Figura 2. (a) Introdução dos peixes no sistema de aquaponia. (b) *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo); (c) *Hoplosternum littorale* (tamoatá). Fonte: Autoria própria.

Após 47 dias, todos os cultivos foram retirados, descartados os copos de plástico e lavados para retirar o excesso de substrato para análise das características variáveis de índice de produção e pigmentos fotossintéticos.

3.1. VARIÁVEIS DO ESTUDO

3.1.1. Crescimento vegetativo

Os comprimentos de raiz e parte aérea foram medidos com auxílio de uma régua graduada em centímetros (cm) e os resultados expressos em centímetros, a fim de analisar o crescimento vegetativo das plantas. Além disso, o diâmetro do caule foi medido com paquímetro digital Digimess (0,001 mm), a fim de obter a razão altura/diâmetro (RAD) calculada dividindo-se a altura pelo diâmetro do coleto.

3.1.2. Biomassa

Para avaliar o acúmulo de biomassa das plantas, foi realizada a medição da massa fresca da parte aérea (folha e caule) e raiz foi realizada após a colheita das plantas, enquanto a massa seca foi realizada a partir da secagem de cada órgão em estufa de circulação forçada de ar, regulada a $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 72 horas até atingir massas constante com auxílio de uma balança analítica de precisão (0,0001g).

3.1.3. Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila “a”, “b”, total ($\mu\text{g cm}^2$) e carotenóides ($\mu\text{g cm}^2$) foram quantificados para análise das propriedades medicinais, coletando uma lâmina foliar totalmente expandida por planta, pesando 1 g e macerando com pistilo em almofariz em 8 mL de acetona a 80%, conforme Junior et al. (2010). Posteriormente, as soluções foram levadas para centrifugação utilizando microcentrífuga (MCD-200, H. T.) à velocidade de 1.500 rpm, durante 10 minutos. Em seguida, realizada a leitura da absorbância nos comprimentos de onda de 470, 645 e 663 nm, utilizando-se espectrofotômetro (SP-220, Biospectro). As concentrações dos teores de clorofilas e carotenóides foram calculadas de acordo com as propostas de Arnon (1949) e Lichtenthaler e Buschman (2001), respectivamente.

3.1.4. Crescimento foliar

A área foliar e o número de folhas foram contabilizados para avaliar o crescimento foliar das plantas quando submetidas à níveis de luminosidade diferentes, realizando a contagem de folhas manualmente e, posteriormente, submetendo-as ao um medidor de área foliar de bancada (LI-3100).

3.1.5. Análise dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As médias das parcelas foram submetidas ao teste de t de Bonferroni a 5% de probabilidade e médias das subparcelas submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS

Após 28 dias da implementação do experimento, foi realizada uma visita para verificar o funcionamento do sistema e registrar o desenvolvimento das plantas (Figura 3). Posteriormente, ao final dos 47 dias de experimento, foi registrado da mesma maneira o desenvolvimento das plantas (Figura 4). Os resultados foram tabelados separando as espécies das plantas para fins de comparação posterior de cada variável.

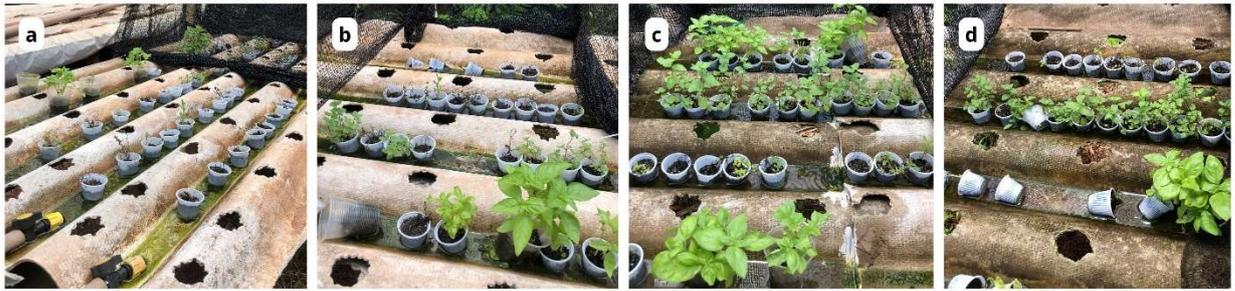


Figura 3. Sistema em 28 dias de experimento. (a) Pleno sol; (b) 30% de luminosidade; (c) 50% de luminosidade; (d) 70% de luminosidade. Fonte: Autoria própria.



Figura 4. Sistema em 47 dias de experimento. (a) Pleno sol; (b) 30% de luminosidade; (c) 50% de luminosidade; (d) 70% de luminosidade. Fonte: Autoria própria.

4.1. Hortelã (*Mentha spicata*)

4.1.1. Crescimento vegetativo

O crescimento vegetativo das plantas jovens de hortelã foi observado pelo comprimento (cm) da parte aérea (PA) e raiz em diferentes percentuais de luminosidade (Tabela 1), indicando um maior crescimento da PA em 50% de luminosidade em relação aos outros tratamentos. Em relação à raiz, observou-se maior crescimento em 30% de luminosidade.

Tabela 1. Comprimento da parte aérea (PA) e Raiz de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis	
	PA (cm)	Raiz (cm)
Pleno sol	8.4 ± 0.20 C	11.1 ± 4.49 B
70%	12.5 ± 0.10 BC	13.2 ± 3.89 AB
50%	19.8 ± 0.14 A	16.8 ± 3.41 AB
30%	14.8 ± 0.17 AB	22.7 ± 2.88 A
Média Geral	13,87 ± 4.99	15.95 ± 6.63

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

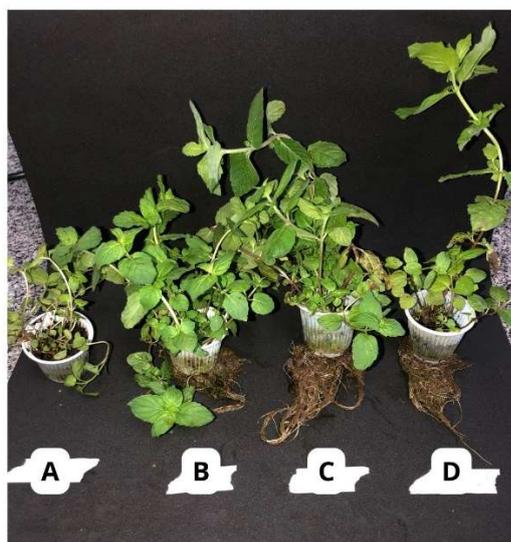


Figura 5. Hortelã após 47 dias de experimento. (A) Pleno sol; (B) nível de 70% de luminosidade; (C) nível de 50% de luminosidade; (D) nível de 30% de luminosidade. Fonte: Autoria própria.

4.1.2. Biomassa

A massa fresca (MaF) e a massa seca (MaS), em gramas (g), demonstraram-se mais expressivos no tratamento intermediário de 50% de luminosidade. Todavia, os níveis de luz de 70%, 50% e 30% apresentaram valores de MaS da parte aérea semelhantes, indicando ganho de biomassa equivalente entre esses níveis de luz (Tabela 2).

Tabela 2. Massa Fresca da Raiz (Ma FR), Massa Fresca da Parte Aérea (MaF PA), Massa Seca da Raiz (Ma SR), Massa Seca da Parte Aérea (Ma SPA) de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis			
	Ma FR (g)	MaF PA (g)	Ma SR (g)	Ma SPA (g)
Pleno sol	0.42 ± 0.02 D	0.69 ± 0.01 D	0.19 ± 0.05 D	0.31 ± 0.02 B
70%	1.93 ± 0.62 C	2.70 ± 0.80 C	0.93 ± 0.28 C	1.77 ± 0.65 A
50%	4.68 ± 0.74 A	3.76 ± 0.95 A	3.42 ± 0.36 A	1.81 ± 0.74 A
30%	2.39 ± 0.74 B	3.04 ± 0.96 B	1.67 ± 0.38 B	1.74 ± 0.74 A
Média Geral	2.35 ± 1.52	2.54 ± 1.14	1.54 ± 1.23	1.41 ± 0.63

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.3. Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila a e b no tratamento de 50% de luminosidade foram mais expressivos e, conseqüentemente, com um maior teor de clorofila total (clorofila a + clorofila b). Em relação aos carotenoides, o maior e o menor teor foram observados nos tratamentos de pleno sol e 30% de luminosidade, respectivamente.

Tabela 3. Clorofila a (Chl a) Clorofila b (Chl b), Clorofila total (Chl total) e Carotenoides, de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes Luminosidades.

Luminosidades	Variáveis			
	Chl a	Chl b	Chl total	Carotenoides
	-----µg cm ⁻² -----			
Pleno Sol	10.79 ± 1.33 B	15.58 ± 1.72 B	26.37 ± 2.31	6.94 ± 0.77 A
70%	22.73 ± 1.50 A	15.41 ± 1.80 B	39.34 ± 4.74	5.86 ± 1.09 AB
50%	27.77 ± 4.19 A	20.74 ± 0.56 A	48.51 ± 5.06	4.29 ± 1.21 AB
30%	21.81 ± 6.23 A	13.61 ± 0.75 B	38.65 ± 5.98	3.53 ± 1.17 B
Média Geral	20.77 ± 7.19	16.33 ± 3.64	38.21 ± 8.77	5.16 ± 2.10

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.4. Crescimento foliar

A área foliar e número de folhas analisada em diferentes tratamentos de luminosidade, apresentando valores maiores de número de folhas em 30% de luminosidade, e maior área foliar em 50% de luminosidade (Tabela 4). Além disso, a tabela demonstra que não há diferenças significativas entre os tratamentos de 50% e 70% quanto ao número de folhas, porém os mesmos possuem diferenças quando comparados aos outros tratamentos.

Tabela 4. N° de Folhas e Área Foliar e de plantas jovens de Hortelã, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis	
	N° Folhas	Área Foliar (cm ²)
Pleno sol	24.0 ± 15.21 B	13.35 ± 2.2 C
70%	48.4 ± 16.69 AB	61.55 ± 20.76 B
50%	55.8 ± 14.27 AB	135.9 ± 25.84 A
30%	59.4 ± 23.72 A	84.54 ± 25.65 B
Média Geral	46.9 ± 22.05	73.83 ± 46.74

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.2. Manjeriço (*Ocimum basilicum*)

4.2.1. Crescimento vegetativo

O crescimento vegetativo da parte aérea (PA) e raiz das plantas jovens de manjeriço foi observado pelo comprimento (cm) indicou um maior crescimento da PA e raiz em 50% de luminosidade em relação aos outros tratamentos (Tabela 5). Em relação ao diâmetro do colo, o maior e o menor diâmetro foram observados nos tratamentos de 30% e pleno sol, respectivamente.

Tabela 5. Comprimento da parte aérea (PA), comprimento da Raiz e Diâmetro do colo, de plantas jovens de Manjeriço, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis		
	Diâmetro do colo (mm)	PA (cm)	Raiz (cm)
Pleno sol	2.08 ± 0.47 B	10.9 ± 1.02 B	12.6 ± 2.80 AB
70%	3.03 ± 0.62 AB	16.2 ± 3.71 AB	7.7 ± 1.08 B
50%	3.09 ± 0.83 AB	20.80 ± 3.97 A	14.4 ± 1.74 A
30%	3.4 ± 0.31 A	13.6 ± 1.36 AB	10.70 ± 3.52 AB
Média geral	2.9 ± 0.77	15.37 ± 4.63	11.35 ± 3.50

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).



Figura 6. Manjericão após 47 dias de experimento. (A) Pleno sol; (B) nível de 70% de luminosidade; (C) nível de 50% de luminosidade; (D) nível de 70% de luminosidade.

4.2.2. Biomassa

A massa fresca da raiz (MaFR) em manjericão demonstrou-se mais expressiva no tratamento de 30% de luminosidade (Tabela 6), enquanto o maior nível de massa fresca da parte aérea (MaFPA) foi observado em 50% de luminosidade. Entre esses tratamentos, a massa seca da parte aérea (MaSPA) e da raiz (MaSR) não apresentaram diferenças significativas. Além disso, o tratamento de 70% de luminosidade não apresentou diferença estatística entre massa fresca (MaF) e massa seca (MaS).

Tabela 6. Massa Fresca da Raiz (Ma FR), Massa Fresca da Parte Aérea (Ma PA), Massa Seca da Raiz (Ma SR), Massa Seca da Parte Aérea (Ma SPA) de plantas jovens de Manjericão, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis			
	Ma FR	MaF PA	Ma SR	Ma SPA
Pleno sol	1.50 ± 0.11 C	1.72 ± 0.15 D	0.68 ± 0.09 D	0.72 ± 0.03 D
70%	4.49 ± 0.11 B	4.47 ± 0.20 B	2.48 ± 0.42 B	2.58 ± 0.19 B
50%	4.90 ± 0.40 B	6.07 ± 0.21 A	3.73 ± 0.49 A	3.42 ± 0.28 A
30%	6.554 ± 0.29 A	3.60 ± 0.14 C	1.65 ± 0.08 C	1.94 ± 0.09 C
Média Geral	4.36 ± 1.84	3.97 ± 1.58	2.13 ± 1.17	2.17 ± 1.0

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.3. Pigmentos fotossintéticos

Quanto aos teores de clorofila a e b (Tabela 7), em manjericão, o tratamento de 50% de luminosidade apresentou maior teor de clorofila total. Acerca do teor de carotenoides, o maior e o menor teor foram observados nos tratamentos de pleno sol e 70% de luminosidade, respectivamente. Os tratamentos de 30% e 50% não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 7. Clorofila a (Chl a) Clorofila b (Chl b), Clorofila total (Chl total) e Carotenoides, de plantas jovens de Manjericão cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis			
	Chl a	Chl b	Chl total	Carotenoides
	-----µg cm ⁻² -----			
Pleno sol	14.57 ± 1.71 B	5.74 ± 0.79 B	20.31 ± 1.46	6.56 ± 0.70 A
70%	17.55 ± 1.26 AB	7.92 ± 0.35 A	25.46 ± 1.59	3.82 ± 0.94 B
50%	16.69 ± 1.12 AB	9.06 ± 1.39 A	25.75 ± 0.91	4.82 ± 1.26 A
30%	20.70 ± 3.20 A	4.01 ± 0.72 B	24.70 ± 3.45	5.58 ± 0.68 A
Média Geral	17.38 ± 2.98	6.68 ± 2.15	24.06 ± 3.03	5.19 ± 1.36

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.2.4. Crescimento foliar

A área foliar e número de folhas analisada em manjericão apresentou maior número de folhas e maior área foliar com 50% de luminosidade (Tabela 8). Além disso, o gráfico demonstra que há diferença estatística entre os quatro tratamentos.

Tabela 8. Nº de Folhas e Área Foliar de plantas jovens de Manjericão, cultivadas em sistema de aquaponia e diferentes luminosidades.

Luminosidades	Variáveis	
	Nº Folhas	Área Foliar (cm ²)
Pleno sol	6.60 ± 0.80 B	39.96 ± 0.62 D
70%	10.4 ± 3.44 AB	113.02 ± 1.32 B
50%	13.2 ± 3.25 A	124.78 ± 1.127 A
30%	9.8 ± 1.33 AB	89.58 ± 0.59 C
Média Geral	10.01 ± 3.42	91.83 ± 32.54

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

5. DISCUSSÃO

No presente trabalho, ao analisar o crescimento vegetativo em hortelã, o tratamento em 50% de luminosidade demonstrou maior comprimento da parte aérea, enquanto em 30% observou-se maior comprimento da raiz. Da mesma maneira que Quaresma (2021), o experimento com *Mentha x villosa* em diferentes substratos constatou o maior comprimento da raiz em 30% de luminosidade, porém, quando analisado o crescimento da parte aérea, o autor retratou a maior altura em 30% de luminosidade, justificada pelo maior investimento na parte aérea das plantas em ocasiões de menor luminosidade. Assim, fica evidente a diferença

entre os diferentes cultivos da hortelã, destacando um desenvolvimento adequado da planta em baixa luminosidade quando em substrato padrão, enquanto tolera níveis intermediários de luminosidade quando em sistema de aquaponia.

Em relação ao manjeriço, um trabalho realizado por Cretu et al. (2022) demonstrou seu crescimento significativo em sistema aquapônico apresentando uma biomassa total maior em comparação a outro sistema de cultivo. Nesse trabalho, o crescimento do manjeriço se destacou em comparação à hortelã, pois apresentou maior comprimento da parte aérea em relação à hortelã em tratamentos iguais, como por exemplo em 100% de luminosidade. Além disso, ao verificar o tratamento de 50% de luminosidade, no qual encontram-se os maiores índices de crescimento da parte aérea e raiz, percebe-se que entre esses dois parâmetros (PA e raiz) não há diferença estatística, indicando o equilíbrio no desenvolvimento vegetativo e, também, que as condições de água, luz e nutrientes estão adequadas para o cultivo. Portanto, para o manjeriço, a eficácia do sistema aquapônico para seu crescimento e a obtenção de uma maior produção deve estar associada à luminosidade adequada, enquanto os níveis extremos de luminosidade se mostraram prejudiciais ao acúmulo de biomassa e comprometem o rendimento geral.

Para a análise do número de folhas e da área foliar, destaca-se que a hortelã respondeu de forma negativa à alta luminosidade, buscando seu equilíbrio a partir dos tratamentos seguintes. Em 70% e 50% de luminosidade, a hortelã consegue se estabelecer de maneira semelhante e positiva, entretanto, um maior número de folhas com menor área foliar indica adaptação às condições desfavoráveis, como a baixa luminosidade, constatada no tratamento de 30% de luminosidade (SOUZA, 2011; LIMA, 2008).

Já o manjeriço apresentou uma resposta positiva entre luminosidade e número de folhas (Figura 3), indicando seu grande potencial fotossintético quando em alta luminosidade, evidenciada pelos maiores teores de clorofila a e b quando comparados aos teores de clorofila a e b da hortelã. O crescimento em condições de alta luminosidade do manjeriço configura uma maior capacidade de adaptação aos níveis de luz e alocação de biomassa (SOUZA, 2011). Por outro lado, o presente estudo retratou os menores índices de área foliar e número de folhas no tratamento de 100% de luminosidade, evidenciando que a alta luminosidade combinada ao sistema de aquaponia seja pouco viável para um bom rendimento do cultivo de manjeriço.

Além disso, os teores de clorofilas (a, b e total) e carotenoides destacam adaptações à alta luminosidade. Tanto hortelã quanto manjeriço apresentaram aumentos significativos de clorofila em tratamentos de luminosidade intermediária (50% e 70%), uma vez que a redução

nos teores de clorofila e o aumento dos carotenoides evidenciam uma resposta protetiva contra o estresse luminoso (DA SILVA, 2016). Assim, em ambas as plantas, os maiores teores de carotenoides foram observados em pleno sol, comprovando o comportamento esperado pela sua resposta à alta luminosidade.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, a aplicação de diferentes níveis de luminosidade em sistema de aquaponia mostrou-se como uma estratégia adequada para analisar a influência da luminosidade no desenvolvimento de plantas aromáticas, observando os níveis ideais para hortelã e manjerição, além de estabelecer um sistema produtivo e sustentável. Portanto, o presente estudo observou que o manejo adequado da luminosidade em sistemas de aquaponia caracteriza um fator determinante para o desenvolvimento favorável e produtivo de hortelã e manjerição, sendo os níveis de luminosidade intermediários os mais eficazes no ganho de biomassa, área foliar e teores de pigmentos sintéticos, como clorofila a e b e carotenoides.

Em conclusão, a partir dos resultados positivos em relação ao crescimento das plantas às condições de cultivo em sistema aquapônico, torna-se evidente a relevância de estudos adicionais para potencializar o produto nesse método de cultivo, a fim de contribuir com a produção sustentável de plantas aromáticas e viabilizar o cultivo em sistemas de aquaponia como uma alternativa para a agricultura familiar e mitigar os efeitos da insegurança alimentar através de tecnologias sociais sustentáveis, como no caso da aquaponia.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Prefeitura Municipal de Ponta Porã, através do convênio com o Projeto CDR, o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) através do financiamento do Projeto Piscicultura familiar sustentável: projeto piloto no assentamento rural Itamarati, ao CNPq pela bolsa produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT) da orientadora, FUNDECT e UFGD.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. D.; TROIAN, A.; O, S. V. Brasil do agro, país da fome: pensando estratégias para o desenvolvimento sustentável. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología*, v. 31, p. 23-41, 2022.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*.

Plant Physiology, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

CREȚU, M.; GEORGE, L.; ALEXANDRU, D. Comparative study on the growth and development of thyme and basil herbs in aquaponic system and hydroponic system. Scientific Papers. Series D. Animal Science, v. 65, n. 1, 2022.

DA SILVA, A. R. A.; SILVA, D. C.; DOMINGOS, M. C. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. Revista Agro, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

DE ALMEIDA, V. G. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, M. C. Influência da luminosidade sobre a fitomassa e qualidade da planta de *Ocimum basilicum* L. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 58404-58415, 2021.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The state of food security and nutrition in the world 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome: FAO, 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, p. 529-535, 2019.

HENRIQUE, V. A.; FERREIRA, L. P.; DOS REIS NUNES, C. Análise físico-química e antioxidante de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) orgânico. Revista Interdisciplinar Pensamento Científico, v. 3, n. 2, 2017.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; SEIXAS, F. J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjericão (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 3, p. 51-55, 2013.

JUNIOR, B. É.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; RIBEIRO, R. C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. Ciência Rural, v. 40, p. 633-636, 2010.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, v. 1, p. F4.2.1-F4.2.6, 2001.

LIMA, J. D.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, J. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). *Acta Amazônica*, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

PEREIRA, N; FRANCESCHINI, S; PRIORE, S. Qualidade dos alimentos segundo o sistema de produção e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: revisão sistemática. *Saúde e Sociedade*, v. 29, n. 4, p. e200031, 2020.

QUARESMA, E. V. W.; SOUZA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. Níveis de sombreamento influenciam a produção de mudas de *Mentha x villosa* Huds. (Hortelã). *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 15, n. 1, p. 127-141, 2021.

RAMOS, L. M. P.; SOUZA, G. O. Uma revisão integrativa sobre o uso de plantas aromáticas encontradas na Amazônia na promoção da fitoterapia. *Research, Society and Development*, v. 10, p. 1-9, 2021.

SANTOS, H. T. A. O sistema de aquaponia como ferramenta didática crítica para projetos em ensino das ciências ambientais: proposição metodológica. 2021.

SILVA HEIMBACH, N.; FERREIRA, M. W.; DE MELO STRADIOTTO, M.; ABREU, A. P. N.; SILVA, D. C. A.; DOMINGOS, M. C. Aquaponia como alternativa de sustentabilidade para organismos aquáticos. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, v. 19, p. 136-143, 2022.

SILVA, T. A.; MONTENEGRO, A. R.; GUEDES, M. V. M.; MADEIRA, G. M.; BONILLA, O. H.; DOS SANTOS, E. S.; VANDERLEY, C. S. B. S. Comparação do efeito do exsudato da raiz de alface e da hortelã vergamota sobre o desenvolvimento de tilápia do Nilo e população de parasitas em sistema de aquaponia. *Ciência Animal*, v. 31, p. 50-59, 2021.

SOUZA, J. M. Produção de fitomassa de manjerona e menta em intervalos de colheita e de óleo essencial em estações do ano. 2020.

SOUZA, N. H.; ALMEIDA, L. R.; SILVA, J. C.; FERREIRA, M. L. Produção de mudas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em diferentes substratos e luminosidades. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 13, p. 276-281, 2011.

URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. L.; SILVA, W. M. Caracterização edafoclimática do Assentamento Itamarati, MS, e análise socioeconômica regional. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002.