



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS – PPGAQRAT

RAYANE QUARESMA GUIMARÃES

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.) EM
SISTEMAS DE AQUAPONIA COM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) Cuvier
1818.

BELÉM-PA
2022

RAYANE QUARESMA GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.) EM
SISTEMAS DE AQUAPONIA COM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) Cuvier
1818.**

Exame de qualificação apresentado a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais

Orientador: Glauber David Almeida Palheta

BELÉM-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

GUIMARÃES, Rayane Quaresma

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.) EM SISTEMAS DE
AQUAPONIA COM TAMBACUI (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818.

Oriental. / Rayane Quaresma GUIMARÃES. - 2021.

62 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém,
2021.

Orientador: Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta

1. AQUAPONIA. 2. PRODUÇÃO INTEGRADO. 3. DENSIDADE PLANTA/PEIXE. I.
Palheta, Glauber David Almeida, *orient.* II. Título
-

CDD 639.31

RAYANE QUARESMA GUIMARÃES

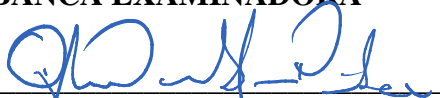
**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.) EM
SISTEMAS DE AQUAPONIA COM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) Cuvier
1818.**

Exame de qualificação apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção do título de mestre.
Orientador: Profº. Dr. Glauber David Almeida Palheta

15 de fevereiro de 2021

Data da Aprovação

BANCA EXAMINADORA



Presidente e Orientador


Dr. Glauber David Almeida Palheta

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA



Rodrigo Takata

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



Licius de Sá-Freire

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



Fábio Carneiro Sterzelecki

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Belém-PA

2022

Aos meus pais João de Lima Guimarães, Conceição de Alfaia Quaresma, Ana Rodrigues Corrêa, José Serrão Corrêa (*in memoriam*), Maria Creusa Araújo Trindade, André Santos Silva (pais postiços), por nunca me permitirem desistir, por todas as noites em claro dedicadas a meus cuidados, aos meus sogros Kátia Regina Santos Passos e Francisco Castro da Silva, que me apoiaram nesta jornada, ao meu orientador Glauber David Almeida Palheta, por ter sido amigo, orientador e em alguns momentos pai.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos **meus pais, irmãos, namorado, sobrinhos** e demais familiares.

Aos excelentes profissionais, professor Dr. Glauber David A. Palheta e Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki, por todos os ensinamentos e aprendizados nesses dois anos. Ao Alexandre Ferreira, que além de secretário do PPGAqRAT foi amigo nessa trajetória.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia (PPGAqRAT/UFRA). Gratidão e respeito a todos os profissionais que compõem o PPGAqRAT, por estarem comprometidos com a educação e o fortalecimento da pesquisa científica, e oportunizarem a realização dessa etapa acadêmica tão importante para a minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Pela concessão da Bolsa de estudo no período de 03/2019 a 31/12/2020 (Nº 88882.424341/2019).

A todos que contribuíram para a realização desta pesquisa: meus colegas de Laboratório, Rafael Souza, AldryLorran Souza, Alex Ribeiro, Thayane de Carvalho, e demais colegas que de forma direta ou indireta tornaram esse momento possível.

Aos meus inseparáveis Amigos: Fernanda Palácio, Jose Gabriel Sousa, Mariana Aragão e Jurandir Thiago Ramos (Quinteto da graduação para a vida), as minhas amigas Cely Leal e Suellen Pereira Costa que sempre foram meu ombro amigo, de todas as lágrimas rsrs, a minha amiga e parceira profissional Lucimar Costa (minha amiga rica rsrs).

A todos os colegas da Pós-Graduação, em especial Carlos Sousa e Paola Pires.

“Faça o **teu melhor**, na condição
de você tem, enquanto você não
tem condições melhores, para fazer
melhor ainda!”

Mario Sergio Cortella.

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcentagem
°C – Graus Celsius
ANOVA – Análise de variância
AP – Altura da planta
CA – Conversão Alimentar
CE – condutividade elétrica
CPA – comprimento parte aérea
CPR – Comprimento raiz
CT – comprimento Total
DFT – Deep Film Technique
Fe – Ferro
g – Gramas
GPD – Ganho de peso diário
h – Hora
kg – quilo grama
MFA – massa fresca aérea
MFR – massa fresca raiz
MFT – massa fresca total
mg.L⁻¹ - Miligramas por litro
mm – Milímetros
MSA – Massa seca aérea
MSR – massa seca raiz
MST – massa seca Total
N – nitrogênio
NFT – Nutrient Film Technique
NH₃-N - NitrogênioAmoniacal
NH₄ – Amônia Total
NO₂- - Nitrito
NO₃- - Nitrato
NTF – número total de folha
OD – Oxigênio Dissolvido
OEOG Óleo essencial de *Ocimumgratissimum L.*
P – Fósforo
PAA-CI – Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar
PF – peso final
PI – peso inicial
pH - Potencial hidrogeniônico
PI – peso inicial
T – Temperatura

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Fig. 01** - Desenho experimental de um módulo do sistema aquapônico DFT.....44
- Fig. 02** – Efeitos da densidade do coentro (512, 128, 72, 32) na amônia total, nitrito, nitrato e fósforo. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos no mesmo dia ($p < 0.5$)..... 48
- Fig. 03**– Efeitos das diferentes densidades (512, 128, 72, 32) no desenvolvimento da altura e o número de folhas do coentro ao logo de 15 dias.....50
- Fig. 04** Plantas de coentro de diferentes densidades (512 –A, 128 – B, 72 – C, 32 – D) cultivadas na aquaponia com Tambaqui.....51

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tab. 01 – Recomendações de fertilizantes para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva para o cultivo de hortaliça folhosas.....	28
--	----

CAPÍTULO 2

Tab. 01 – Descrição das densidades de coentro por tratamento para o sistema de aquaponia DFT.....	44
--	----

Tab. 02 – Efeitos da densidade do coentro 512, 128, 72, 32 sobre a qualidade da água em 15 dias.....	47
---	----

Tab. 03 – Desempenho de crescimento e sobrevivência do tabaqui nas diferentes densidades 512, 128, 72, 32 do coentro.....	49
--	----

Tab. 04 – Desempenho do crescimento do coentro nas diferentes densidades 512, 128, 72, 32, em 15 dias	49
--	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	16
CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Aquicultura	20
3.2 Sistemas de Aquicultura	20
3.3 Aquaponia	21
3.3.1 História da aquaponia.....	22
3.3.2 Sistema aquapônico.....	22
3.3.3 Qualidade da água e nutrientes na aquaponia	24
3.4 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	25
3.4.1 Sistema de produção do tambaqui.....	26
3.5 Cultivo do Coentro	26
3.5.1 Densidade do coentro.....	27
3.5.2 Nutrição do coentro.....	27
4 REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II	39
Artigo:Densidades ótima para a produção de Coentro (<i>Coriandrum sativum</i>) em Sistema Aquapônico com Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>, CUVIER, 1818).	39
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 Localização de Área de Experimental	44
2.2 Projeto experimental e Sistema de Aquaponia	44
2.3 Parâmetros da água e ar	45
2.4 Parâmetros do peixe	46
2.5 Análise do coentro	46
2.6 Análise Estatística	47
3 RESULTADOS	47
3.1 Parâmetros da Água	47

3.2 Desenvolvimento dos peixes.....	49
3.3 Desenvolvimento do Coentro.....	50
4 DISCUSSÕES	52
4.1 Qualidade da água.....	52
4.2 Desenvolvimento do peixe amazônico.....	54
4.3 Desenvolvimento do coentro	55
5 CONCLUSÃO.....	56
6 AGRADECIMENTOS	57
7 REFERENCIAS	57
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação está organizada em dois capítulos, sendo o primeiro composto pela contextualização geral da problemática e o segundo contendo o artigo que será redigido de acordo com as normas da revista “Aquaculture: ISSN: 0044-8486”.

No capítulo I são descritas as características gerais do sistema para sua possível utilização, seguida de uma revisão de literatura sobre: Aquaponia: características e importância, alternativas para utilização, cultivo do Tambaqui, Cultura do Coentro. Neste capítulo também constam os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

No segundo capítulo, se encontra o artigo intitulado de “Resposta do Crescimento de diferentes densidades de Coentro (*Coriandrum sativum L*) cultivado em sistema aquapônico com Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818.” Por fim são apresentadas as principais considerações finais do trabalho.

RESUMO

A Amazônia brasileira precisa de sistemas de produção que atendam à demanda da população local e preservem o meio ambiente. Aquaponia é um sistema que atende estes requisitos, no entanto, é necessário determinar a melhor relação densidade planta/peixe para espécies nativas e culturas com importâncias econômica para a região amazônica. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a densidade de Coentro (*Coriandrum sativum* L).m⁻² em sistema aquapônico com Tambaqui (*Colossoma macropomum*). Para atender o objetivo dessa pesquisa foram testados 4 tratamentos com diferentes densidades de coentro (512 células m⁻² (5.120 plantas.m⁻²); 128 células m⁻² (1.280 plantas.m⁻²); 72 células m⁻² (720 plantas.m⁻²) e 32 células m⁻² (320 plantas.m⁻²), com 3 repetições. O peso e comprimento médio dos peixes no momento da estocagem foi de 118,1±6,2 g (512), 113,7±5,1 g (128), 107,1±5,0 g (72) e 116,2±6,4 g (32), 19,84±0,3 cm, 19,59±0,3 cm, 19,34±0,3 cm, 19,7±0,4 cm, respectivamente, sendo estocados 20 peixes.m⁻³, em um sistema aquapônico do tipo Deep Film Technique (DFT). Os animais foram alimentados com 3% da biomassa, 3 vezes ao dia. Para a qualidade da água foram medidos diariamente parâmetros físico-químicos: pH, temperatura (t), oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (CE). Os compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e amônia) e os elementos fósforo (P) foram mensurados semanalmente. O cultivo do coentro foi feito em bandejas de poliestireno, preenchida com fibra de coco, que recebeu 16 sementes células⁻¹, foram avaliados para a produtividade vegetal, número de folhas (NF), altura da planta (AP), comprimento total (CT) e raízes (CR), peso da matéria fresca e seca (MFT, MFF, MFR, MST, MSF E MSR). Nos peixes foram avaliados: o peso inicial, peso final, CT inicial, CT final, ganho de peso, e conversão alimentar (CA). Os valores de temperatura, pH, OD e CE apresentaram médias dentro dos padrões para o cultivo do coentro e do tambaqui. As diferenças entre as concentrações de amônia (NH₄) e o nitrato (NO₃) nos tratamentos foram significativamente menor na densidade 512 em relação a 32 que apresentou acúmulo no 10º dia após transferência. O tambaqui apresentou um ganho de peso na faixa de 51,09 ±2,5 g a 65,2 ±3,1 g em 19 dias de cultivo. Com relação aos parâmetros fitotécnicos, o CT, e CF foram significativamente maiores na densidade 512 (células.m⁻²), em relação as densidades, 128 e 72, no entanto, menor em NF, MFT, MST, MFF, MSF, MFR e MSR. O cultivo de Coentro (*Coriandrum sativum* L) com Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em sistema aquapônico é viável para produção da hortaliça comercializáveis, a utilização da densidade de 128 plantas/m², teve bom desempenho fitotécnicos.

Palavras-chave: Produção integrada; Aquaponia; Densidade planta/peixe.

ABSTRACT

The Brazilian Amazon needs production systems that meet the demand of the local population and preserve the environment. Aquaponics is a system that meets these requirements, however, it is necessary to determine the best plant/fish density ratio for native species and cultures with economic importance for the Amazon region. This research aimed to evaluate the density of Coriander (*Coriandrum sativum* L).m⁻² in an aquaponic system with Tambaqui (*Colossoma macropomum*). To attend the objective of this research, 4 treatments were tested with different coriander densities (512 cells m⁻² (5,120 plants.m⁻²); 128 cells m⁻² (1,280 plants.m⁻²); 72 cells m⁻² (720 plants.m⁻²) and 32 cells m⁻² (320 plants.m²), with 3 replications. The mean weight and length of fish at the time of storage was 118.1±6.2 g (512), 113.7±5.1 g (128), 107.1±5.0 g (72) and 116.2±6.4 g (32), 19.84±0.3 cm, 19.59±0.3 cm, 19.34±0.3 cm, 19.7±0.4 cm, respectively, being 20 fish.m⁻³ were stored in a DFT aquaponic system. The animals were animals fed with 3% of the biomass, 3 times a day. For water quality, the physicochemical parameters were measured daily: pH, temperature (t), dissolved oxygen (OD) and electrical conductivity (EC). The nitrogen compounds (nitrite, nitrate and ammonia) and the phosphorus elements (P) were measured weekly. Coriander was cultivated in polystyrene trays, filled with coconut fiber, which received 16 seeds cells⁻¹, were evaluated for plant productivity, number of leaves (NF), plant height (AP), total length (TC) and roots (CR), weight of fresh and dry matter (MFT, MFF, MFR, MST, MSF and MSR). In fish were evaluated: initial weight, final weight, initial TC, final TC, weight gain, and feed conversion (FC). The values of temperature, pH, OD and EC presented averages within the standards for the cultivation of coriander and tambaqui. The differences between the concentrations of ammonia (NH₄) and nitrate (NO₃) in the treatments were significantly lower in density 512 in relation to 32, which showed accumulation on the 10th day after transfer. Tambaqui showed a weight gain in the range of 51.09±2.5 g to 65.2±3.1 g in 19 days of cultivation. Regarding the phytotechnical parameters, CT and CF were significantly higher in density 512 (cells.m⁻²), in relation to densities, 128 and 72, however, lower in NF, MFT, MST, MFF, MSF, MFR and MSR. The cultivation of Coriander (*Coriandrum sativum* L) with Tambaqui (*Colossoma macropomum*) in an aquaponic system is viable for the production of marketable vegetables. The use of the density of 128 plants/m² had good phytotechnical performance.

Keywords: Integrated production; Aquaponics; Plant / fish density.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO

Padronizado de acordo com as normas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento populacional aumentam as pressões por maiores produções de alimento, estima-se que a produção de alimento deve aumentar em 60% para atender a população de 9,5 bilhões, prevista para 2050 (PALERMO, 2018; D'ABRAMO; SLATER, 2019), alternativas viáveis para atender essas demandas por alimento são necessárias (WILLETT *et al.*, 2019). No setor alimentício, o aquícola foi o que mais se expandiu nas últimas décadas, no cenário mundial o Brasil ocupa a 13ª posição entre os países produtores, com cerca de 605,0 mil toneladas (FAO, 2020), deste total, as espécies nativas representam 38%, com cerca de 288 mil toneladas, tendo o tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818) e seus híbridos como espécies mais produzidas (PEIXE BR, 2020).

Uma alternativa possível para a resolução desse entrave é buscar mecanismos de expansão em níveis sustentáveis para o setor aquícola, que realize o máximo aproveitamento hídrico, sem reduzir a capacidade produtiva e/ou que até mesmo seja capaz de integrar novas culturas (WANG, 2003; PALHETA, 2013; SILVA *et al.*, 2018). O estado do Pará, apesar de possuir espécies com potencial como o tambaqui, clima e condições ambientais favoráveis ainda tem produção incipiente (25.500 t) (PEIXE BR, 2020).

Neste cenário, a aquaponia pode ser uma tecnologia promissora, pois é um sistema fechado, que promove o uso eficiente do recurso hídrico em um sistema de produção de alimento que combina a aquicultura e hidroponia, por meio da recirculação da água, em uma relação simbiótica (HART *et al.*, 2013; TRIPP, 2014; QUEIROZ *et al.*, 2017; GARCÍA *et al.*, 2020). Esses sistemas já foram descritos em várias publicações científicas (NAEGEL, 1977; RAKOCY, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2017) e apresentam experiências bem sucedidas em escala comercial (LOVE *et al.*, 2015^{a,b}; BAGANZ *et al.*, 2020).

Os sistemas integrados como a aquaponia são promissores para o agronegócio, e podem ser um forte instrumento para a segurança alimentar, podendo ser usado como atividade agrícola sustentável para agricultura familiar (ADDY *et al.*, 2017). Tsukuda *et al.*, (2015) comentam que o uso de metodologias sustentáveis para a produção aquícola dá a esse segmento produtivo uma possibilidade de novos mercados consumidores, pois exhibe a sustentabilidade em seu manejo.

O tambaqui por ser espécie nativa que já é utilizada na piscicultura da Amazônia (SOUSA; FREITAS, 2011). É uma espécie promissora para a aquaponia (ANDRADE; ZARZAR, 2018; LIMA *et al.*, 2018) pela sua rusticidade já comprovada em estudos de diversos aspectos, tais como: recirculação (LIMA *et al.*, 2019; ASSIS *et al.*, 2020), estresse quanto aos níveis de nitrito (COSTA *et al.*, 2004), exposição a hipóxia (DO CARMO NEVES *et al.*, 2020), uso em aquaponia (SANTOS *et al.*, 2018) e sobrevivência a diferentes tempo de transporte (SANTOS *et al.*, 2020).

O coentro é a hortaliça folhosa mais produzida pela agricultura familiar na região norte do Brasil, com grande importância socioeconômica para a agricultura familiar desta região (SILVA, V. *et al.*, 2018; CARDOSO *et al.*, 2019; ZAMORA *et al.*, 2019). Esta hortaliça apesar de ter um ciclo anual, na região amazônica apresenta um ciclo de produção “sazonal”, pelas características climáticas da região a produção nos períodos chuvosos é reduzida (SILVA *et al.*, 2017).

Um dos gargalos dos sistemas produtivos quanto ao uso de tecnologias limpas, é que muitas dessas tecnologias ainda exigem um elevado valor de investimento e/ou mão de obra especializada o que inviabiliza o uso por pequenos produtores, como os agricultores familiares. No entanto, os sistemas aquapônico possibilita atender esse público, por apresentar possibilidade de produção em pequena escala, e custo relativamente baixo, quando utilizado produtos já disponíveis na propriedade (LIMA *et al.*, 2015).

As pesquisas com aquaponia aumentaram nos últimos 5 anos, mas a maioria das publicações, avaliam de forma separada os componentes, biomassa vegetal (MAUCIERI *et al.*, 2019; MAUCIERI *et al.*, 2020; PAUDEL, 2020), biofiltro, bactérias (OLIVEIRA *et al.*, 2020), patógenos (WELLER *et al.*, 2020; RIVAS-GARCÍA, *et al.*, 2020), de grande importância, pois essas informações geram bases para uma investigação mais abrangente. Portanto, para sanar uma lacuna ainda existente na aquaponia, esta pesquisa tem como objetivo determinar a relação de densidade planta/peixe para o sistema de aquaponia com o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e com o Coentro (*Coriandrum sativum* L) cultivar Verdão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a relação de densidade planta/peixe para o sistema de aquaponia em DFT (Deep Film Technique) com o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e com o Coentro (*Coriandrum sativum* L) cultivar Verdão.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar desenvolvimento fitotécnico do coentro em diferentes densidades.
- Verificar o crescimento do tambaqui com diferentes densidades de coentro.
- Avaliar as mudanças na qualidade da água no sistema de produção.
- Definir maior produtividade e desempenho em densidade de coentro crescente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aquicultura

Na última década a produção aquícola mundial apresentou um aumento de 29% (2011-2016) segundo o relatório da FAO (2018). Na aquicultura o setor que mais ganha produtores é a piscicultura, setor caracterizado no Brasil e na região amazônica, por pequeno e médio porte, que na maioria dos sistemas familiares é caracterizada como sistemas extensivos e/ou semi-intensivo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Um dos gargalos em sistemas aquícolas é alta carga de matéria orgânica (N, P), decorrentes dos resíduos alimentares e das excretas dos organismos aquáticos. Neste sentido pesquisas vem sendo desenvolvidos para viabilizar a intensificação do setor aquícola, tanto para identificações de espécies nativas com boas características zootécnicas para sistemas de confinamentos (p. ex.: recirculação e altas densidades de estocagem), como também a integração de diferentes sistemas (JOBLING, 1994; BRANDÃO, 2004; SILVA; FUJIMOTO, 2015; TIMMONS *et al.*, 2018).

O ponto central destas é desenvolver tecnologias que maximizam “a vida útil da água”, intensificam a produção e a produtividade, ou seja, sistemas altamente produtivos e lucrativos, com maior sustentabilidade ambiental (SILVA *et al.*, 2018; SILVA, 2019).

3.2 Sistemas de Aquicultura

Os sistemas de produção aquícolas evoluíram nos últimos anos, visando alcançar maiores volumes produtivos, em alguns países mais produtores, os sistemas apresentam formas intensas de cultivo. E esta intensificação está relacionada às espécies, melhoramento genético, manejo do organismo e tecnificação produtiva. Assim, os sistemas podem ser classificados como: extensivos, semi-intensivo, intensivo (EMBRAPA, 2019). Sistemas extensivos recebem pouca ou nenhuma interferência humana, não usam ração, e apresentam baixa densidade de estocagem (1 peixe por 1,5 a 5m²) (BARROS; CASTRO, 2000).

Sistemas semi-intensivo são cultivos com fases definidas, com manejo alimentar, zootécnico, e com monitoramento de parâmetros físico-químicos da qualidade da água (temperatura, transparência, pH, OD, Amônia), apresenta densidade de estocagem por

fase do cultivo (recria 10 a 20 peixes.m⁻² e engorda 1 peixe.m⁻²) é a modalidade mais presente na região norte do Brasil (MELO, 2001; BRABO, 2014, BRABO *et al.*, 2016).

Sistemas Intensivos são sistemas de fluxo contínuo (raceway), sistema de recirculação de água (fechado), tanque-rede, todos com altas capacidades de estocagem (25 a 300 peixe.m⁻²) requerem maiores investimentos financeiros, equipamentos, monitoramento contínuo e mão de obra especializada (SILVA; FUJIMOTO, 2015; TIMMONS *et al.*, 2018). É por meio desta intensificação que novas tecnologias estão se destacando, para atender a demanda produtivo de alimento com respeito aos recursos naturais.

As tecnologias limpas vêm ganhando terreno no setor, nos últimos 10 anos as pesquisas se concentraram no desenvolvimento de métodos para uso e/ou tratamento do efluente produzido pela pratica aquícola, dentre estes destaca-se: sistemas de recirculação (TIMMONS *et al.*, 2018; KARIMI *et al.*, 2020; LEPINE *et al.*, 2020), sistemas de fertirrigação (REZENDE *et al.*, 2017; GROENVELD *et al.*, 2019), sistemas de bioflocos (WASIELESKY JÚNIOR *et al.*, 2006; PAN; XU, 2012) e sistemas de aquaponia (LOVE *et al.*, 2014; GODDEK *et al.*, 2015; ADDY *et al.*, 2017, SILVA *et al.*, 2018; CEROZI, 2020).

A dificuldade, no entanto, é que algumas dessas tecnologias ainda exigem um valor de investimento elevado e/ou mão de obra especializada o que inviabiliza o uso por pequenos produtores, como os agricultores familiares.

3.3 Aquaponia

A aquaponia ou sistema aquaponico é a integração de dois sistemas produtivos: aquicultura (principalmente a piscicultura) e hidroponia (TRIPP, 2014, LOVE *et al.*, 2015). Com base na ciclagem de nutrientes (por bactérias), o resíduo de uma produção torna-se matéria prima para o desenvolvimento de outra cultura, neste caso, o resíduo da piscicultura, é biodegradado em nutrientes (principalmente nitrogênio NO₃) para a agricultura hidropônica, funcionando em simbiose (ADDY *et al.*, 2017; TIMMONS *et al.*, 2018). Um dos elos principais para que a integração seja possível, são as bactérias nitrificantes, que transformam amônia (NH₃) em nitrito (NO₂-) e em sequência o nitrito em nitrato (NO₃-), uma das formas de nitrogênio mais consumido pela planta para o seu desenvolvimento (TIMMONS *et al.*, 2018).

As vantagens dessa técnica incluem uso reduzido de água para a criação intensiva de peixes, descarga de efluentes reduzida ou ausente e menor impacto ambiental devido ao consumo de nutrientes (pela planta), que melhora a qualidade da água durante o ciclo de produção (CATELLANI *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2018; CEROZI, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Outra vantagem produtiva do sistema é produzir alimentos tanto de origem vegetal como de origem animal, que pode ser para o consumo interno do produtor e/ou para o mercado consumidor, tendo como produto final duas espécies comerciais (HUNDLEY; NAVARRO, 2013).

A aquaponia é vista como tecnologia eficiente para a produção de alimento porque além de integrar dois sistemas produtivos que tradicionalmente usam elevados volumes hídricos, passando neste sistema ao um uso mínimo de água, é também capaz de ser compacta e usar pequena área, até mesmo sacadas de apartamentos, podendo ser praticada tanto em ambiente rural como também em espaços urbanos (SÁTIRO *et al.* 2018).

3.3.1 História da aquaponia

Apesar dos destaques recentes, a aquaponia é uma remodelagem de uma técnica antiga de produção já praticada pelos povos astecas por volta de 1400 D. C., conhecida como “chinampas”, as ilhas artificiais de substratos para a produção vegetal eram fertilizadas pela água da produção dos peixes (ALCANTUD & CUELLO, 1992).

As pesquisas científicas sobre a técnica surgiram por volta de 1970 (SNEED *et al.*, 1975; NAEGEL, 1977; LEWIS *et al.*, 1978), mas só ganharam evidências na década de 1990 (RAKOCY, 1989, 1992; RAKOCY; HARGREAVES, 1993; RAKOCY *et al.*, 1993; JOHNSON & WARDLOW, 1997), sendo fortalecidas nos anos 2000, com pesquisas na Austrália, Canadá e Israel, apenas em 2010 que surgiram as primeiras iniciativas de pesquisas no Brasil sobre a temática (CORRÊA, 2018).

3.3.2 Sistema aquapônico

O sistema é basicamente composto por um reservatório para o cultivo aquícola (geralmente peixe), um reservatório para retenção de sólidos em suspensão, um biofiltro para estabelecimento das culturas microbianas, e canais ou bancadas (NFT – Nutrient Film Technique, DFT – Deep Film Technique ou Floating, e bancada com substrato inerte) para o cultivo de vegetal (FURLANI, 2008; AMINI, 2013).

Assim como um ecossistema, cada componente desempenha funções importantes para o funcionamento equilibrado do mesmo, no entanto, nos sistemas de recirculação um elemento fundamental é o biofiltro (BOAVENTURA, *et al.*, 2018, TIMMONS *et al.*, 2018), e para a aquaponia é o elemento chave para a eficiência do sistema, pois é nele que ocorrerá o processo de conversão dos nutrientes para formas assimiladas pelas raízes das plantas, e para que essa conversão seja eficiente é de grande importância a maturação desse biofiltro, para que as colônias de bactérias estejam estabelecidas, um grupo específico de bactérias, as bactérias nitrificantes *nitrossonomas* (transformam NH_3 em NO_2^-) e as *nitrobacter* (transformam NO_2^- em NO_3^-) (SILVA, 2017; WONGKIEW *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A natureza técnica da aquaponia é em muitas situações banalizada, no entanto, para um sistema eficiente os componentes devem estar em um estado de equilíbrio, para que sejam atendidas as demandas dos seus componentes. Essas relações envolvem variadas áreas de conhecimento fazendo da aquaponia uma alternativa para fortalecer a educação científica (HART *et al.*, 2013).

Existem variados modelos de sistemas aquapônicos, desde pequena escala voltadas para o uso doméstico e/ou educacional, módulos compactos para ambiente urbano, que pode ser para produção alimentar interna ou apenas como hobby, é possível encontrar modelos comerciais disponíveis no mercado para atender esse público específico, assim como é fácil encontrar tutoriais na internet de como produzir com materiais alternativos um modelo para uso doméstico (BLIDARIU; GROZEA, 2011; CARNEIRO *et al.*, 2015;).

Sistema de produção comercial de pequeno e médio porte vem sendo usados em restaurantes e/ou fazendas agroturísticas, com produções destinadas para comercialização ao consumidor final, assim como, fazendas com produção comercial em larga escala, que fazem uso de equipamentos mais eficientes e tecnológicos, que requerem maior valor de investimento devido à tecnologia empregada, com alto grau de automação do sistema (BAGANZ *et al.*, 2020).

Por esse caráter promissor da aquaponia muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para avaliar quais as espécies (tanto animais, como vegetais) são mais promissoras para compor o sistema. Atualmente a tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) é a espécie mais utilizada nos sistemas aquapônicos, no entanto, no Brasil se tem estudos com espécies nativas como: sistema com camarão amazônico (SANTOS; PERREIRA JÚNIOR, 2020; LIMA *et al.*, 2019).

Existem muitas dúvidas quando a viabilidade econômica dos sistemas de aquaponia, e apesar dos avanços nos números de pesquisas voltadas para esses sistemas, ainda são reduzidas as análises nesse seguimento. Para König *et al.*, (2016) o alto custo de investimento inicial ainda é um obstáculo.

3.3.3 Qualidade da água e nutrientes na aquaponia

Um dos entraves para o bom funcionamento de sistemas de aquaponia se dá na ausência de estudos que abordem as tecnologias básicas do cultivo, aspectos de manejo tais como: densidade de estocagem, nutrição, e desempenho zootécnico (animais) bem como desenvolvimento dos vegetais, nestes sistemas fechados de uso da água.

Faz-se necessário conhecer o efeito da ração, já que a partir da sua entrada no sistema e posterior, ingestão, digestão e excreção pelos organismos cultivados, os nutrientes podem ser convertidos em nutrientes assimilados e absorvidos pelas plantas pelas ações de bactérias.

Assim, além das variáveis já observadas normalmente na aquicultura (recirculação) e hidroponia, tais como: (pH, Temperatura, Oxigênio dissolvido, Condutividade, amônia entre outros). É necessário verificar a carência de macro e micronutrientes nos vegetais. E como manter estes parâmetros adequados a fisiologia dos componentes biológicos do sistema.

De maneira geral Cerozi e Fitzsimmons (2016), afirmam que em sistemas aquapônicos é recomendável manter o pH entre 5,5 e 7,2, para que as plantas tenham um bom desenvolvimento, sem interferir no desempenho da espécie animal.

O oxigênio dissolvido (OD) é o elemento mais importante para a qualidade da água na aquicultura, baixas concentrações de OD refletem negativamente no peso e conversão alimentar, sendo a causa mais frequente de mortalidade (TOMALÁ *et al.*, 2014). Segundo os mesmos autores, o incremento da temperatura impacta diretamente nos níveis de OD no sistema produtivo, tudo porque as reações químicas são aceleradas com o incremento da temperatura, resultando em maior consumo de OD.

Nos sistemas de produção da aquicultura, a amônia liberada pela excreta dos peixes e sobras da alimentação, pode acumular-se na água, se não for adequadamente removido ou controlado por uma unidade de tratamento de água (TSUKUDA *et al.*, 2015; LEPINE *et al.*, 2020). Todavia, na aquaponia o nitrogênio é fundamental para a produção vegetal do sistema.

O fósforo é um macronutriente fundamental para o desenvolvimento de plantas, responsável principalmente pela constituição de raízes resistentes. A deficiência desse em hidroponia é identificada através de manchas cloróticas seguida por necrose de folhas inferiores que avançam para intermediárias. (DAFLON, 2014)

No ambiente aquático é encontrado na forma de fosfato, que pode ser iônica ou complexa. Tem participação em processos fundamentais no metabolismo dos organismos, na composição da membrana celular e no armazenamento de energia. Pode vir de fontes naturais e artificiais, as naturais são provenientes do material mineral presente na bacia de drenagem, as fontes artificiais são provenientes de despejo de esgotos doméstico e industrial e material particulado na atmosfera (ESTEVES, 2011).

Estudos realizados por Flickinger *et al.*, (2020) apresentaram altas taxas de fósforos nos sistemas de produção aquícola em policultivo e monocultivo de *C. macropomum* e *M. amazonicum*, com melhores aproveitamento do nutriente no sistema de policultivo.

3.4 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Nativo da América do Sul, o tambaqui (*C. macropomum*, CUVIER, 1818), habita naturalmente as bacias do rio Amazonas e do rio Orinoco, teve primeiro registro em 1811, pelo naturalista português Alexandre Rodrigues Ferreira, mas só foi descrito em 1818 por George Cuvier (GOMES; SIMÕES, ARAUJO-LIMA, 2010). Pelas características apresentadas em seu habitat natural é uma espécie que desenvolveu características e morfologias que permitem viver em ambientes com baixos teores de oxigênio dissolvido na água e ricas em nutrientes (GOMES; SIMÕES, ARAUJO-LIMA, 2010; SOUSA *et al.*, 2016).

Por estarem presentes nas áreas das várzeas e igapós seus hábitos reprodutivos estão relacionados com as dinâmicas desses ecossistemas (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; GOMES; SIMÕES, ARAUJO-LIMA, 2010), que representam um dos maiores berçários de espécies de fauna e flora para a Amazônia.

O tambaqui é a espécie nativa mais estudada quando se trata da piscicultura na Amazônia (SOUSA, 2011). Por ser uma espécie que apresenta boas características zootécnicas e bom mercado consumidor na região. Seu elevado consumo não consegue ser suprido pela exploração extrativa, que sobrecarrega os estoques naturais, e também

pelo seu *habitat* serem “ecossistemas de grande vulnerabilidade ecológica” (BELÚCIO *et al.*, 2018).

Atualmente é a espécie nativa mais cultivada na piscicultura brasileira, com produção de 101 mil (t.ano⁻¹), concentrando sua produção na região norte do país, com produção mais expressiva no estado de Roraima (64.000t.ano⁻¹). O Pará do total de sua produção (25.005 t.ano⁻¹), o tambaqui e seus híbridos representaram 48% da produção (IBGE, 2019; PEIXE BR, 2020). Todavia, poucos são as pesquisas direcionadas para o cultivo integrado dessa espécie, e adentrando para a aquaponia essas pesquisas são quase que inexistentes.

3.4.1 Sistema de produção do tambaqui

Cultivado de forma extensiva (açudes e represas), semi-intensiva (viveiro escavado) e intensiva (tanque rede), o tambaqui é uma espécie de grande interesse comercial, por apresentar rentabilidade acima de 40% na sua comercialização, o que gera maior segurança para os produtos na hora de investir o capital na aquicultura (IZEL *et al.*, 2004).

Segundo Dairiki e Silva (2011) são três fases principais de criação: Larvicultura (30 a 45 dias, atingindo de 0,5 a 1g), produção de juvenis (60 dias, atingindo de 40 a 50g) e engorda, esta fase depende do tempo de abate de produtor para produtor, sendo influenciada pelo mercado consumidor.

As densidades de estocagem estão relacionadas com o sistema de produção e a fase de produção (alevinagem, recria, engorda), para o tambaqui no sistema de tanque escavado se utiliza até 5 peixes/m² na fase de engorda (FARIA *et al.*, 2013). Na modalidade de tanque rede na fase de alevino-engorda recomenda-se 300 alevinos/m³ e na fase final da engorda recomenda-se 20 ind./m³ (SILVA e FUJIMOTO, 2015).

3.5 Cultivo do Coentro

O *Coriandrum sativum* L. é uma olerícola anual conhecida popularmente como Coentro, pertencente à família *Apiaceae*, originário do mediterrâneo, é muito apreciada na culinária (China, México, América do Sul, Índia e Sudeste Asiático, Brasil) pelo seu aroma e usada também pela indústria farmacêutica, por suas propriedades medicinais (CARRUBBA, 2009; DONEGA *et al.*, 2013).

Foi introduzido no Brasil pelos colonizadores, é muito cultivado nas regiões norte e nordeste por apresentarem características climáticas favoráveis para o desenvolvimento da cultura (MELO *et al.*, 2009), para a economia dessa região o coentro não é apenas um condimento da culinária local, pois essa cultura apresenta uma grande importância socioeconômica, por representar uma das culturas mais produzidas e comercializadas pelo agricultor familiar (CARDOSO *et al.*, 2019).

Comumente o coentro é cultivado diretamente no solo, a campo ou em cultivo protegido (CARDOSO *et al.*, 2019). O coentro apresenta vários estágios de desenvolvimento, e o volume de absorção de nutrientes estão relacionados com essas fases, que sofre influência de variáveis ambientais como o clima, solo, irrigação e outros (GRANGEIRO *et al.*, 2011).

3.5.1 Densidade do coentro

Estudos sobre a produção do coentro em sistema aquapônicos não foram encontrados em nossas pesquisas. No entanto, a produção do coentro em sistema convencional apresenta-se bem consolidada (SANTOS *et al.*, 2019; UITTERHAEGEN *et al.*, 2016, 2015; De SOUZA *et al.*, 2021). No sistema de plantio em solo, os espaçamentos praticados são de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas para a produção de sementes (DIEDERICHSEM, 1996; MARCIEL *et al.*, 2012), e 0,15 m entre linhas e 0,01 m entre planta (100 sementes.m⁻¹ linear), para a produção de folhas (SILVA, V. *et al.*, 2018; CARDOSO *et al.*, 2019).

Na produção hidropônica são encontrados diferentes espaçamentos, comumente o mais praticado devido o padrão comercial das estruturas é o de 0,30 m entre linha e 0,20 m entre célula de cultivo (conjunto de 8 a 12 plantas) (SOARES *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2020), mas estudos com espaçamentos menores, com 0,20 m entre linhas e 0,07 m entre células de cultivo (12 plantas. ^{-célula}) (SILVA *et al.*, 2016), e 0,10 m entre linhas e 0,10 m entre células (8 plantas. ^{-célula}) (SOARES *et al.*, 2017) obtiveram resultados satisfatórios com uma maior produção m⁻², sem comprometer a qualidade final do coentro verde.

3.5.2 Nutrição do coentro

Os estudos sobre a necessidade nutricional para a cultura do coentro são escassos, o que afeta o desenvolvimento de um programa de nutrição e adubação, a maior parte das pesquisas avaliam o acúmulo de nutriente no tecido vegetal (DONEGA *et al.* 2014). Destacam-se os trabalhos em hidroponia que são utilizados para verificar a carência de nutrientes e fatores ambientais tais como, o de DAFLON *et al.*(2014). que avaliou os efeitos da carência de Boro, Enxofre, Fósforo, Cálcio, Nitrogênio e Magnésio.

Os poucos estudos estão direcionados para irrigação da cultura, acúmulo de macronutrientes e taxa de absorção, visando estabelecer o melhor período para realizar adubação de cobertura (GRANGEIRO *et al.*, 2011).As hortaliças folhosas tendem a uma lenta absorção de nutrientes na primeira metade do ciclo de cultivo, com índice de absorção acelerando próximo ao fim do ciclo (PAPADOPOULOS, 1999).

Pela ausência de uma nutrição direcionada para o coentro, a técnica utilizada para a produção da cultura é semelhante àquela recomendada para hortaliças folhas de maneira geral, seguindo a mesma solução nutritiva (Tabela 01) é comum muitos produtores realizarem a hidroponia de alface, cebolinha, coentro e outras folhosas em um mesmo sistema, para reduzir o investimento em estrutura utilizando a mesma fonte de solução nutritiva (HOMMA, 2011; BORGES *et al.*, 2020).

Tabela 01 – Recomendações de fertilizantes para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva para o cultivo de hortaliça folhosas.

Fertilizante	g 1.000L⁻¹
Nitrato de cálcio	750
Nitrato de potássio	500
Fosfato monoamônio	150
Sulfato de magnésio	400
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,5
Sulfato de manganês	1,5
Ácido bórico	1,5
Molibdato de sódio	0,15
Fe-EDDHMA - 6% Fe	30

Fonte: FURLANI (1998).

A cultivar Verdão é uma das mais utilizada na região, por apresentar ciclo curto e resistência a doença de folhagens: queima das folhas (*Alternaria dauci*) e a cercosporiose (*Cercosporas sp*) (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Foi lançada em 1988 pela empresa Hortivale. Uma planta rústica, vigorosa, com folhas de coloração verde escura.

Os Preços praticados pelo Estado do Pará no Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA-CI) para o Coentro estão entre R\$ 4,10. Kg⁻¹(menor valor), R\$ 16,00. Kg⁻¹ (maior valor), oscilando entre esse mínimo e máximo, e valor médio fica em torno R\$ 13,41. Kg⁻¹ (BRASIL, 2020).

As características climáticas da região condicionam a variabilidade do preço de comercialização do coentro, que reduz drasticamente sua produção nos períodos de maiores incidências de chuvas (novembro a maio), porque a maioria dos produtores realiza plantio em campo aberto, e também neste período aumentam-se as incidências de pragas e doenças (SILVA *et al.*, 2017). O investimento em cobertura onera a produtividade, e de acordo com Homma (2011) muitos produtores mudam a cultura produzida de acordo com as condições climáticas.

4 REFERÊNCIAS

ABREU, S.P.M. **Dossiê técnico**: sistema aquapônico. Serviço brasileiro de respostas técnicas. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. CDT/ UnB. Disponível em <http://ww.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY4NA>, 2012.

ADDY, M. M.; KABIR, F.; ZHANG, R.; LU, Q.; DENG, X.; CURRENT, D.; GRIFFITH, R.; MA, Y.; ZHOU, W.; CHEN, P. RUAN, R. Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 27-34, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.151>.

AKO, H.; BAKER, A. Small-scale lettuce production with hydroponics or aquaponics. **Sustainable Agriculture**, n. 2, 2009.

ALCANTUD, J A. G; CUELLO, A. M. El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos Editorial. Coloquio Internacional, Rubí, Barcelona, 1992. 444p.

AMINI, A. **DIY Aquaponics**: the definitive how to guide - grow your own premium food wherever and whenever you want. 1ª ed. CreateSpace Independent Publishing Platform. 2013. 214 p.

ANDRADE, M. R.; ZARZAR, C. A. Aquaponia, um cultivo alternativo para o Estado do Pará. In: ENCONTRO DE AQUICULTURA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 2, MANAUS/AM... Anais, v.2, n. 1, 2018.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui**: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Brasília: Sociedade Civil/MCT-CNPq, 1998. 186 p.

ASSIS, Y. P. A. S.; DE ASSIS PORTO, L.; DE MELO, N. F. A. C.; PALHETA, G. D. A.; LUZ, R. K.; FAVERO, G. C. Feed restriction as a feeding management strategy in *Colossomacropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). **Aquaculture**, v. 529, 2020.

- BAGANZ, G.; BAGANZ, D.; STAAKS, G.; MONSEES, H.; KLOAS, W. Profitability of multi-loop aquaponics: year-long production data, economic scenarios and a comprehensive model case. **Aquaculture Research**, v. 51, p. 2711-2724, 2020.
- BHATT, J. P.; PANDIT, M. K. Endangered Golden *mahseer* *Torputitora* Hamilton: a review of natural history. **Rev Fish Biol Fish**, n. 26, p. 25–38, 2016.
- BLIDARIU, F. & GROZEA, A. Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies**, v. 44, n. 2, p. 1-8, 2011.
- BOAVENTURA, T. P.; MIRANDA-FILHO, K. C.; ORÉFICE, R. L.; LUZ, R. K. Influence of porosity of low-density polyethylene media on the maturation process of biofilters used in recirculating. **Aquacult. Int.**, v. 26, p. 1035-1049, 2018.
- BORGES, L. da S.; ARAÚJO, J. M.; CASAIS, L. K. N.; ARAÚJO, L. A.; SANTOS, N. de F. A.; MELO, M. R. da S.; ALVES, G. A. R. Sintomatologia foliar de nutrientes em plantas de jambu hidropônica, produzidas em propriedade familiar. *In*: SANTOS, C. A dos (Org.). **Pesquisa e inovação em horticultura**. – Maringá, PR: Uniedusul, 2020. p. 28-38.
- BRABO, M. F.; FLEXA, C. E.; VERAS, G. C.; PAIVA, R. S.; FUJIMOTO, R. Y. Viabilidade econômica da piscicultura em tanque-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 3, p. 56-64. 2013.
- BRABO, M. F.; FRANÇA, F. de A.; PAIXÃO, D. J. de M. R.; COSTA, M. W. M.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Avaliação econômica da produção de espécies alternativas à tilápia em pisciculturas no nordeste paraense. **Informações Econômicas**, SP, v. 46, n. 2, p. 16-23, 2016.
- BRANDÃO, F. R., GOMES, L. C., CHAGAS, E. C., ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 357-362, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- BURAWOY, M. Por uma sociologia pública. *In*: BRAGA, R.; BURAWOY, M. (Orgs.). **Por uma sociologia pública**. São Paulo: Alameda, 2009, p. 15-66.
- CANTO, O. do. **Várzea e varzeiros da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2007. 167 p. (Coleção Eduardo Galvão).
- CARDOSO, A. S.; EL-DEIR, S. G.; CUNHA, M. C. C. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. **Revista Interações**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p. 645-653, 2016.
- CARDOSO, M. O.; BERNI, R. F.; CHAVES, F. C. M.; PINHEIRO, J. O. C. Índices agroeconômicos do Coentro cultivado em substrato de fibra de coco com fertirrigação. – Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 29. 2019.

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, doc. 189. 2015. 27 p.

CARRUBBA, A. Nitrogenfertilization in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and meta-analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 89, p. 921-926, 2009.

CASTELLANI, D.; CAMARGO, A. F. M. ABIMORAD, E. G. Aquaponics: use of the effluent from the secondary nursery of (*Macrobrachium amazonicum*) for the production of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) and watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum*). **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 67-75, 2009.

CEROZI, B. da S. Fulvic acid increases iron bioavailability in aquaponic systems: theoretical designs and practical considerations to prevent iron deficiency in plants. **Aquacultural Engineering**, v. 90, 2020.

CEROZI, B. da S.; FITZSIMMONS, K. The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. **Bioresource Technology**, v. 219, p. 778-781, 2016.

CORRÊA, Bernardo Ramos Simões. Aquaponia rural. 2018. xii, 70 f., il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) —Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C. de; BELLINGIERI, P. A.; DALRI, A. B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v. 13, n.4, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400019>.

COSTA, O. T. F. da; FERREIRA, D. J. dos S.; MENDONÇA, F. L. P.; FERNANDES, M. N. Susceptibility of the amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to short-term exposure to nitrite. **Aquaculture**, v. 232, p. 627-636, 2004.

D'ABRAMO, L. R.; SLATER, M. J. Climate change: response and role of global aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 50, n. 4, p. 710-714, 2019.

DAFLON, D. S. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C. MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura Brasileira**, n. 32, p. 28-34, 2014.

DO CARMO NEVES, L.; FAVERO, G. C.; BEIER, S. L.; FERREIRA, N. S.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C.; LUZ, R. K. Physiological and metabolic responses in juvenile *Colossoma macropomum* exposed to hypoxia. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 46, p. 2157-2167, 2020. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-020-00868-8>.

DONEGA, M. A.; MELLO, S. C.; MORAES, R. M. CANTRELL, C. L. Nutrient uptake, biomass yield and quantitative analysis of aliphatic aldehydes in cilantro plants. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p. 127-131, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.004>.

EMBRAPA – Avaliação de sistema de Produção Integrada: Aquicultura e Agricultura. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/209814/avaliacao-de-sistemas-de-producao-integrada-aquicultura-e-agricultura>. Acessado em 23 de mar. 2020.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de liminologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interteciência, 2011. 826 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV. 412p. 2007.

FLICKINGER, D. L.; DANTAS, D. P.; PROENÇA, D. C.; DAVID, F. S.; VALENTI, W. C. Phosphorus in the culture of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) and tambaqui (*Colossomacropomum*) farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 51, p. 1002-1023, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020** - - Meeting the sustainable development goals. Rome.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** - Meeting the sustainable development goals. Rome.

FURLANI, P. R. Pythium em sistemas hidropônicos – danos e perspectivas para o controle: Principais sistemas hidropônicos em operação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v.34, p.146-147, 2008.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. Boletim Técnico IAC, 168. 1ra ed. Instituto Agronômico, Campinas, Brasil, 1998.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K.V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, v.7, p. 4199-4224, 2015.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossomacropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Eds.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª Ed. Editora UFSM, Santa Maria, 2010, p.175-204.

GONÇALVES A. A. (Org.). **Tecnologia do pescado**: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011.

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

GROENVELD, T.; KOHN, Y. Y.; GROSS, A. LAZAROVITCH, N. Optimization of nitrogen use efficiency by means of fertigation management in an integrated aquaculture-agriculture system. *Journal of Cleaner Production*, v. 212, p. 401-408. 2019.

GROENVELD, T.; KOHN, Y. Y.; GROSS, A.; LAZAROVITCH, N. Optimization of nitrogen use efficiency by means of fertigation management in an integrated aquaculture-agriculture system. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 401-408, 2019.

GUTIÉRREZ-SANTOS, L. E. Análise de benefício-custo: o caso dos projetos de transmissão de energia elétrica. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 31-63, 1989.

HART, E. R.; WEBB, J. B.; DANYLCHUK, A. J. Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions. **Science Education International**, v. 24, n. 4, p. 460-480, 2013.

HOMMA, A. K. O.; SANCHES, R. S.; MENEZES, A.J.E.A.; GUSMÃO, S.A.L. Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém, estado do Pará. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 6, n. 12, 2011.

HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). censo agropecuário 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8>. Acessado em abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa da pecuária Municipal 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado>. Acessado em 30 jan. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados da Rede INMET. Dados Históricos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: março 2020.

ISHIKAWA, M.M.; PÁDUA, S.B.; SATAKE, F.; PIETRO, P.S.; HISANO, H. **Procedimentos Básicos para Colheita de Sangue em Peixes**. Circular técnica. Embrapa, ISSN 1679-0464, 2010.

JAIN, N.C. **Schalm's veterinary hematology**. Ed. 4, Philadelphia: Lea &Febiger, p.1221, 1986.

JOBLING, M. **Fish Bioenergetics**. London: Chapman and Hall. 1994.

JOHNSON, D.M.; WARDLOW, G. W. A. Prototype Recirculating AquacultureHydroponic System. *Journal of Agricultural Mechanization*, University of Arkansas, November, n.7, 10p. 1997.

KARIMI, D.; EDING, E.; AARNINK, A. J. A.; KOERKAMP, P. G.; VERRETH, J. The effect of gas to liquid ratio on carbon dioxide removal and heat loss across a forced ventilated trickling filter. **Journal Aquacultural Engineering**, v. 88, p. 11, 2020.

KONIG, B.; JUNGE, R.; BITTSANSZKY, A.; VILLARROEL, M.; KOMIVES, T. On the sustainability of aquaponics. **Ecocycles**, v. 2, n. 1, p. 26-32, 2016.

LEWIS, W.M., Yopp, J.H., Schramm, L. H., Brandeburg, A.M., 1978. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Transactions of the American Fisheries Society*. 107 (1), 92-99, 1978.

LIMA, J. de F.; BASTOS, A. M.; MONTAGNER, D.; BORGES, W. L. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá. **Projeto Politamba**. Embrapa Amapá. 2015.

LIMA, J. de F.; MONTAGNER, D.; DUARTE, S. S.; YOSHIOKA, E. T. O.; DIAS, M. K. R.; TAVARES-DIAS, M. Recirculating system using biological aerated filters on tambaqui fingerling farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

LIMA, J. de F.; SANTOS, U. R. A. dos; CASTILHO, C. de L.; MATOS, C. S.; SILVA, D. R. da; MORAES, R. Parâmetros de qualidade de água no cultivo de tambaqui e alface em sistemas de aquaponia. *In: JORNADA CIENTÍFICA*, 4. Embrapa, 2018.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; GENELLO, L.; HILL, E. S.; FREDERICK, J. A.; LI, X.; SEMMENS, K. An international survey of aquaponics practitioners. **PLOS ONE**, v. 9, n. 7, 2014.

LOVE, D. C.; UHL, M. S.; GENELLO, L. Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. **Aquacultural Engineering**, v. 68, p. 19-27, 2015.

LOVE, D.C.; Fry, J.P.; Li, X.; Hill, E.S.; Genello, L.; Semmens, K.; Thompson, R.E. Commercial aquaponics DC Love et al. / *Aquaculture* 435 (2015) 67-
[7https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614004724?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614004724?via%3Dihub)

MACIEL, G. M.; COSTA, C. P.; SALA, F. C. Linhagens de coentro com pendramento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.607-612, 2012.

Martins, B. N. M.; Candian, J. S.; TAVARES, A. E. B.; Jorge, L. G.; Cardoso. A. I. I. Densidade de plantio na produção de coentro. *Revista Mirante, Anápolis (GO)*, v. 11. N. 7, 2018.

MAUCIERI, C.; NICOLETTO, C.; ZANIN, G.; BIROLO, M.; TROCINO, A.; SAMBO, P.; BORIN, m.; XICCATO, G. Effect of stocking density of fish on water quality and growth performance of European carp and leafy vegetables in a low-tech aquaponic system. **PLOS ONE**, v.14, p. 1-15, 2019.

MAUCIERI, C.; NICOLETTO, C.; ZANIN, G.; XICCATO, G.; BORIN, M.; SAMBO, P. Composition and quality traits of vegetables grown in a low-tech aquaponic system at different fish stocking densities. **J Sci. Food. Agric.**, v. 100, p. 4310-4318, 2020.

MELO, R. de A.; MENEZES, D.; RESENDE, L. V.; WANDERLEY JÚNIOR, L. J. da G.; MELO, P. C. T. de; SANTOS, V. F. dos. Caracterização morfológica de genótipos de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 371-376. 2009.

MENDES, L. S. A. et al. Inserção Ecológica no Contexto de uma Comunidade Ribeirinha Amazônica. **Revista Interamericana de Psicología**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2008.

NAEGEL, L. C. A. Combined production of fish and plants in recirculating water. **Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 17-24, 1977. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(77\)90029-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(77)90029-1).

NAEGEL, L., Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*, 10, 17-24, 1977.

OLIVEIRA, A. S. C. de; SOUZA, R. A. L. de; MELO, N. F. A. C. de. Estado da arte da piscicultura na Mesorregião Sudoeste Paraense – Amazônia Oriental. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v. 14, n. 1, p. 33-38, 2014.

OLIVEIRA, N. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SILVA, D. O.; PASTORIZA, R. J. G.; MELO, R. A.; SILVA, J. W.; MENEZES, D. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 319-323. 2015.

OLIVEIRA, V.; MARTINS, P.; MARQUES, B.; CLEARY, D. F. R.; LILLEBO, A. I.; CALADO, R. Aquaponics using a fish farm effluent shifts bacterial communities profile in halophytes rhizosphere and endosphere. **Scientific Reports**, v.10, p. 1-11, 2020.

PALERMO, T. A nova revolução na agricultura. Publicações: CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/artigos/anova-revolucao-na-agricultura>. Acessado 10 de ago. 2020.

PALHETA, G. D. A. **Avaliação da qualidade da água e da sazonalidade no processo produtivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) no Município de Curuçá-PA**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação. *In*: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, árvorese hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, p. 11- 155. 1999.

PAUDEL, S. R. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): effects of plant to fish biomass ratio. **Aquaculture**, v. 520, 2020.

PEIXE BR- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA- **Anuário Peixe BR da piscicultura**. 2020. Disponível em: www.peixebr.com.br/anuario2020. Acessado em: 27 de abril.

QUEIROZ, J. F.; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. **Documentos n. 113**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2017.

RAKOCY, J. E. Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system. University of the Virgin Island Agricultural Experiment Station. *Islands Perspectives*, v.3, p.4–10, 1989.

RAKOCY, J. E. Ten guidelines for aquaponic systems. **Aquaponics Journal**, Montello, v. 46, p. 14-17, 2007.

RAKOCY, J. E. Waste management in integrated recirculating systems. Kingshill: University of the Virgin Islands Agricultural Experiment Station, 1992. 23p.

RAKOCY, J. E.; HARGREAVES, J. A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In.: *Techniques for Modern Aquacultura - Aquacultural Engineering Conference*, 1993, Spokane. Proceedings... Spokane: ASAE, 1993. p.112-136.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems integrating fish and plant culture. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center: SRAC publication, n. 454, 8p. 1993

RAKOCY, J.E., HARGREAVES, J.A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: Wang, J.K. (Ed.), *Techniques for Modern Aquaculture*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA, pp. 112-136. 1993

RAMZANI-PAIVA, M.J.T.; PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M.I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Maringá: EDUEM., 2013, 140p.

RESQUE, A. G. L.; SILVA, L. M. S. Sustentabilidade de agroecossistemas familiares em comunidade de várzea localizada no município de Cametá, estado do Pará. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, Belém, v. 11, n. 1. p. 103-118, 2015.

REZENDE, R.; SOUZA, R. S. de; MALLER, A.; FREITAS, P. S. L. de; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, G. S. Produção e qualidade comercial de alface fertirrigada com nitrogênio e potássio em ambiente protegido. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 205-211. 2017.

RIBEIRO, M. D.; TESTEZLAF, R.; FERRAREZI, R. S. Validação de parâmetros operacionais para o manejo de mesas de subirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 549-556, 2017.

RIVAS-GARCÍA, T.; GONZÁLEZ-ESTRADA, R. R.; CHIQUITO-CONTRERAS, R. G.; REYES-PÉREZ, J. J.; GONZÁLEZ-SALAS, U.; HERNÁNDEZ-MONTIEL, L. G.; MURILLO-AMADOR, B. Biocontrol of phytopathogens under aquaponics systems. **Water**, v. 12, n. 2061, 2020.

ROUBACH, R.; GOMES, L.C.; FONSECA, F.A.L.; VAL, A.L. Eugenol as an effective anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 36, 2005. 1056-1061. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01319.x

SANTOS, C. O. R. dos; PEREIRA JÚNIOR, A. Analysis of the productive capacity of an aquaponic system with *Macrobrachium Amazonicum* (Heller, 1862) and Lettuce culture (*Lactuca Sativa* Var. Crispa). **International Journal of Science and Research (IJSR)**, v. 9, n. 7, p. 819-830. 2020.

SANTOS, E. L. R.; REZENDE, F. P.; MORON, S. E. Stress-related physiological and histological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to transportation in water with tea tree and clove essential oil anesthetics. **Aquaculture**, v. 523, 2020.

SANTOS, U. R. A. dos; CASTILHO, C. de L.; MATOS, C. S.; SILVA, D. R. da; MORAES, R.; LIMA, J. de F. Policultivo de *Colossomamacropomum* e *Macrobrachiumamazonicum* em sistema aquaponico de produção. In: JORNADA CIENTIFICA, 4. Embrapa, 2018.

SÁTIRO, T. M. RAMOS NETO, K. X. C.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, v. 11, n. 1, p. 38-54. 2018.

SCHMITZ, H.; MOTA, D. M. Agricultura Familiar: elementos teóricos e empíricos. **Revista Agrotrópica**. Itabuna, v. 19, p. 21-30, 2007.

SILVA, C.A. da; FUJIMOTO, R.Y. Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazônica**, v. 45, p. 323-333, 2015.

SILVA, J. S. da; SANTOS, M. A. S. dos, FERREIRA, C. S. dos S.; COSTA, J. F.; SOUZA, V. da C. de. Comportamento de preços de hortaliças folhosas na região metropolitana de Belém, estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 26, p. 206-213, 2017.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura**: manejo e aproveitamento de efluentes. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente. Documentos 95, 2013.

SILVA, V. da S. e. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) Universidade Estadual de Roraima, Instituto Federal de Roraima, Embrapa Roraima. 2019. 95 p.

SILVA, V. P. R.; SOUSA, I. F.; TAVARES, A. L.; SILVA, T. G. F. SILVA, B. B.; HOLANDA, R. M.; BRITO, J. I. B. de; GRAGA, C. C.; SOUZA, E. P. de; SILVA, M. T. Evapotranspiration, crop coeficiente and water use efficiency of coriander grown in tropical environment. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 446-452, 2018.

SNEED, K., ALLEN, K., ELLIS J. E., 1975. Fish farming and hydroponics. *Aquaculture*. Fish Farmer. 18-20.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A. da.; SILVA, G. N. da. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais de hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambuco**, Recife, v. 22, 2017.

SOUSA, R. G. C.; FREITAS, C. E. de C. Seasonal catch distribution of tambaqui (*colossoma macropomum*), Characidae in a central amazona flood plainlake: implications for sustainable fisheries management. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 27, p. 118-121, 2011.

SOUSA, R. G. C.; PARDO, G. F.; PYÑEIRO, J. I. G.; BEZERRA NETO, E. B. Avaliação do ganho de peso do tambaqui cultivado com diferentes taxas de proteínas na alimentação. **Biota Amazônia**, Macapá-AP, v. 6, n. 1, p. 40-45, 2016.

TIMMONS, M. B. GUERDAT, T., VINCI, B. J. **Recirculating Aquaculture**, 4th ed.: Ithaca Publishing Company. 2018. 1252 p.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of small-scale comercial aquaponics in Hawai 'in. **Journalofthe World Aquaculture Society**, v. 46, n. 1, p. 20-32. 2015.

TOMALÁ, D.; CHAVARRÍA, J.; ÁNGELES, B. Evaluación de latasa de consumi de oxígeno de Colossomamacropomumenrelación al peso corporal y temperatura delagua. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 42, n. 5, p. 971-979, 2014.

TRIPP, T. **Aquaponics bacteria**: importance of bacterias in aquaponics. United States of America: First Published, 2014.

TSUKUDA, S.; CHRISTIANSON, L.; KOLB, A.; SAITO, K. SUMMERFELT, S. Heterotrophic denitrification of aquaculture effluent using fluidized sand biofilters. **AquaculturalEngineering**, v. 64, p. 49-49. 2015.

VIDAL, L. V. O. ALBINATI, R. C. B. ALBINATI, A. C. L. LIRA, A. D. ALMEIDA, T. R.SANTOS, G. B. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. **PesquisaA gropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1069-1074, ago. 2008.

WANDERLEY, Maria. de Nazaré. B. Raízes Históricas do Campesinato Brasileiro. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 20. Caxambu. **Anais...**, 1996, Caxambu, 1996. GT 17. Processos Sociais Agrários.

WANG, J. K. Conceptual design of a microalgae-based recirculating oyster and shrimp system. **Aquacultural Engineering**, USA, v. 28, p. 37-46, 2003.

WASIELESKY JÚNIOR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. BROWDY, C. L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeusvannamei*. **Aquaculture**, v. 258, p. 396-403. 2006.

WELLER, D. L.; SAYLOR, L.; TURKON, P. Total coliform 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. 42, 2020.

WONGKIEW, S, HU, Z.; CHANDRAN, K.; LEE, J. W.; KHANAL, S. K. Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. **AquaculturalEngineering**, v. 76, p. 9-19. 2017.

ZAMORA, V. R. O.; SILVA, M. M. da; SILVA, G. F. da; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MENEZES, D. MENEZES, S. M. de. Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 22-28. 2019.

CAPÍTULO II

Artigo: Densidade ótima para a produção de Coentro (*Coriandrum sativum*) em Sistema Aquapônico com Tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818)

Aquaculture: ISSN: 0044-8486

Densidade ótima para a produção de Coentro (*Coriandrum sativum*) em Sistema Aquapônico com Tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818)

Rayane Quaresma Guimarães, Fábio Carneiro Sterzelecki¹; Rafael José Furtado Souza; Thayanne Cristine; Aldry Lorrán Silva e Souza; Maria de Lourdes Souza Santos^a; Ronald Kennedy Luz^b, Nuno Filipe Alves Correia de Melo^a; Glauber David Almeida Palheta^a.

^aUniversidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-830 Belém, PA, Brasil.

^bLaboratório de Aquicultura, Departamento de Zootecnia de Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 31270-901 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

*correspondente autor: eng.rayguimaraes@gmail.com, Brasil, +55 91 98142-7546, Rua Santa Helena, 41, Cidade Nova, Paragominas, PA, Brasil

Resumo

O cultivo de hortaliças em sistema de aquaponia pode ser considerado como um avanço para agricultura, principalmente na região amazônica que atualmente sofre com expansão da agricultura comercial de grande escala, e possui grande potencial para expansão aquícola. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho do Coentro (*Coriandrum sativum* L) em diferentes densidades de plantas m^{-2} no sistema aquapônico com Tambaqui (*Colossoma macropomum*). O experimento foi realizado no período total de 19 dias, em diferentes densidades de coentro, sendo, 512 células. m^{-2} , 128 células. m^{-2} , 72 células. m^{-2} e 32 células. m^{-2} , o peso e comprimento médio dos peixes no momento da estocagem foi de 118,1 \pm 6,2 g (512), 113,7 \pm 5,1 g (128), 107,1 \pm 5,0 g (72) e 116,2 \pm 6,4 g (32), 19,84 \pm 0,3 cm, 19,59 \pm 0,3 cm, 19,34 \pm 0,3 cm, 19,7 \pm 0,4 cm, respectivamente, sendo

estocados 20 peixes.m⁻³, em um sistema aquapônico DFT. Os valores de temperatura, pH, OD e CE apresentaram médias dentro dos padrões para o cultivo do coentro e do tambaqui. As diferenças entre as concentrações de amônia (NH₄) e o nitrato (NO₃) nos tratamentos foram significativamente menor na densidade 512 em relação a 32 que apresentou acúmulo no 10º dia. O tambaqui apresentou um ganho de peso na faixa de 51,09±2,5 g a 65,2±3,1 g em 19 dias de cultivo. Com relação aos parâmetros fitotécnicos, o CT, e CF foram significativamente maiores na densidade 512 (células.m⁻²), em relação as densidades, 128 e 72, no entanto, menor em NF, MFT, MST, MFF, MSF, MFR e MSR.

Palavras-chave: Aquaponia, espécie nativa, produtividade.

Optimum density for the production of Coriander (*Coriandrum sativum*) in Aquaponic System with Tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818)

Abstract

The cultivation of vegetables in an aquaponics system can be considered as an advance for agriculture, especially in the Amazon region, which currently suffers from the expansion of large-scale commercial agriculture, and has great potential for aquaculture expansion. This research aimed to evaluate the performance of Coriander (*Coriandrum sativum* L) in different densities of m⁻² plants in the aquaponic system with Tambaqui (*Colossomamacropomum*). The experiment was carried out in a total period of 19 days, in different coriander densities, being, 512 cells.m⁻², 128 cells.m⁻², 72 cells.m⁻² and 32 cells.m⁻², the weight and mean length of fish at the time of storage was 118.1±6.2 g (512), 113.7±5.1 g (128), 107.1±5.0 g (72) and 116.2± 6.4 g (32), 19.84±0.3 cm, 19.59±0.3 cm, 19.34±0.3 cm, 19.7±0.4 cm, respectively, 20 fish were stored .m⁻³, in a DFT aquaponic system. The values of temperature, pH, OD and EC presented averages within the

standards for the cultivation of coriander and tambaqui. The differences between the concentrations of ammonia (NH₄) and nitrate (NO₃) in the treatments were significantly smaller in density 512 in relation to 32 that showed accumulation on the 10th day. Tambaqui showed a weight gain in the range of 51.09±2.5 g to 65.2±3.1 g in 19 days of cultivation. Regarding the phytotechnical parameters, CT and CF were significantly higher in density 512 (cells.m⁻²), in relation to densities, 128 and 72, however, lower in NF, MFT, MST, MFF, MSF, MFR and MSR.

Keywords: Aquaponics, native species, productivity.

1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia brasileira há atualmente expansão da agricultura comercial em larga escala, que conta com maior investimento e tecnologia (Sauer, 2018) . Todavia, é necessário desenvolver sistemas de produção sustentáveis que atendam às demandas por alimento com cultivares e espécies para produção e consumo local (Futemma et al., 2020; Eigenbrod e Gruda, 2015) , que tenham menor impacto ambiental, custos de produção e sofram menos efeitos adversos da produção (Khan et al., 2020; Lamm et al., 2021) .

Os sistemas de aquaponia são hoje uma realidade que atende a essa demanda, pois consegue agregar a produção de proteína animal e vegetal de forma mais eficiente (König et al., 2018) . Este sistema é muito versátil, pois pode ser adaptado a diferentes condições climáticas, (Goddek e Körner, 2019), variedades de espécies utilizadas (Andriani et al., 2020; Armenta-Bojórquez et al., 2021; Pinho et al., 2021a), produtividade e condições de investimento (Bosma et al., 2017; Gosh e Chowdhury, 2019; Palm et al., 2018) e possibilidades de integrações com tecnologias existentes (Fernández -Cabanás et al.,

2020; Monsees et al., 2019; Pinho et al., 2018) . Devido a esses aspectos, essa tecnologia se consolida como uma alternativa para o futuro da produção de alimentos.

No entanto, a maioria dos sistemas utiliza espécies consolidadas na aquicultura e com pacote tecnológico estabelecido, para peixes (Maucieri et al., 2020; Pinho et al., 2021b) ou camarão (Armenta- Bojórquez et al., 2021; Dusci et al., 2022 ; Khoda Bakhsh e Chopin, 2011) ou uma combinação de espécies. Informações de espécies nativas da região amazônica em sistemas de produção mais eficientes em água são raras, tanto em sistemas de recirculação de aquicultura (RAS) quanto em sistemas aquapônicos (de Farias Lima et al., 2019; Pinho et al., 2018). O tambaqui é uma espécie nativa da Amazônia e atualmente a mais produzida no Brasil (IBGE, 2020; Woynárovich; Anrooy, 2019) trabalhos recentes indicam seu potencial de crescimento em diferentes estágios de desenvolvimento em RAS (de Farias Lima et al., 2019; Santos *et al.*, 2021) o que demonstra sua viabilidade para uso em sistemas de aquaponia (Pinho *et al.*, 2021ab).

O coentro é uma hortaliça produzida em todo o mundo, utilizada para extração de óleo e uma das mais consumidas na alimentação no norte e nordeste do Brasil (Santos et al., 2019; Uitterhaegen et al., 2016, 2015) possui grande importância socioeconômica, uma vez que grande parte de sua produção é realizada por pequenos produtores rurais e comunidades tradicionais (de Souza et al., 2021; Junior et al., 2018).

A produção desta hortaliça já foi realizada em sistemas hidropônicos (Santos Júnior et al., 2015; Silva et al., 2020) e suplementação com resíduos orgânicos (Cardoso et al., 2017; Linhares et al., 2015).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo verificar a densidade ideal de coentro que pode ser integrada ao cultivo de Tambaqui, em sistema aquapônico flutuante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização de Área de Experimental

O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil (Lat. 1°27'30'' S e Long. 48°28'12" W), na estação menos chuvosa (novembro a dezembro de 2020). Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Uso Ético de Animais da Universidade Federal Rural da Amazônia (CEUA/UFRA), protocolo número CEUA 1457260820.

2.2 Projeto experimental e Sistema de Aquaponia

A estrutura experimental foi composta por 12 sistemas aquapônicos independentes baseados na técnica de águas profundas (DFT - Deep Film Technique) e abrigados por uma estufa de 96 m² e 3 m de altura. Uma película transparente de polietileno de baixa densidade (150 mm) cobriu a estrutura, exceto nas laterais. Cada sistema aquapônico consistia em um sistema de recirculação de aquicultura pelo qual a água doce desclorada do tanque de peixes (1000 L) fluía para a câmara de decantação (60 L) e biofiltro (100 L preenchido com 40 L tampas de garrafa PET) por gravidade, e uma bomba submersa (3000 L. h⁻¹) com retorno de 2,04 L min⁻¹ para o tanque de peixes e 3,75 L min⁻¹ para a bancada vegetal (Figura 1).

Os peixes foram oriundos do Laboratório de Ecologia Aquática, armazenados em tanque de 4000 L por 10 dias, quando foram distribuídos em 12 tanques experimentais (n = 20) e novamente aclimatados por 4 dias. Alimentados com a ração comercial GUABITECH ONÍVOROS QS® (36% de proteína e 7% de lipídio) a uma taxa de alimentação de 3%, três vezes ao dia (9:00, 12:00 e 17:00).

Figura 01 – Desenho experimental de um módulo do sistema aquapônico DFT.



O leito hidropônico foi composto por uma bancada de 100 L (0,72 largura x 1,62 comprimento x 0,1 altura) colocada acima do tanque de peixes, onde foi instalada quatro bandejas de isopor de 128 células/bandeja. Sementes de coentro comercial var. Verdão (Feltrim ® RS, Brasil) foram semeadas em bandejas de isopor 128 células (16 sementes.célula⁻¹) contendo substrato de fibra de coco (GOLDEN MIX, PA, Brasil) de acordo com os tratamentos experimentais (tabela 1). Durante 4 dias foram irrigadas com água da torneira desclorada até germinar, após a emergência a cultura foi desbastada, deixando 10 plântulas. célula⁻¹ (SOARES et al., 2017) quando foram transferidas para o sistema aquapônico, onde permaneceram por 15 dias até o final do experimento.

Tabela 01 – Descrição das densidades de coentro por tratamento para o sistema de aquaponia DFT.

Tratamentos	Descrição
512	10 plântulas.célula ⁻¹ , espaçadas de 0,04 x 0,04 m*, com 512 células úteis, e total de 5.120 plantas.m ² .
128	10 plântulas.célula ⁻¹ , espaçadas de 0,08 x 0,08 m*, com 128 células úteis, e total de 1.280 plantas.m ² .
72	10 plântulas.célula ⁻¹ , espaçadas de 0,10 x 0,10 m*, com 72 células úteis, e total de 720 plantas.m ² .
32	10 plântulas.célula ⁻¹ , espaçadas de 0,16 x 0,16 m*, com 32 células úteis, e total de 320 plantas.m ² .

*considerado o distanciamento entre células.

2.3 Parâmetros da água e ar

Os parâmetros da água e do ar foram medidos durante o experimento. A temperatura e a umidade do ar foram monitoradas duas vezes ao dia com termômetro digital e hidrômetro, WLXY[®] modelo HF-2a (SP, Brasil), média $31,71 \pm 2,3^{\circ} \text{C}$ e 63,82%, respectivamente. Para temperatura da água e oxigênio (YSI ProODO, OH, EUA), condutividade (medidor de condutividade elétrica TDS&EC, SP, Brasil) e pH (pHmetro AKSO[®], RS, Brasil).

Para manter os níveis de oxigênio da água durante o experimento, foi utilizado um soprador radial de 0,38 cv, ASTEN (SP, Brasil), com difusor de pedra para tanque de piscicultura aerado. Para garantir o processo de nitrificação durante o experimento, o biofiltro foi maturado um mês antes do uso de NH_4Cl a 5 mg mL^{-1} . Amônia total (Bolleter et al., 1961), nitrito (reação de Griess), nitrato e fósforo total (Métodos Padrão para Exame de Água e Efluentes, lidos a 220 nm/270 nm em espectrofotometria Ionlab, PR, Brasil) e fósforo (metodologia do ácido ascórbico) foram verificados três vezes durante o experimento.

2.4 Parâmetros do peixe

Para as análises de crescimento e sobrevivência, o tambaqui foi contado, medido e pesado ($n=20$ por tanque, 60 por tratamento, com amostragem de $n=15$ para comprimento e peso inicial, $19,6 \pm 0,20 \text{ cm}$ e $113,5 \pm 0,15 \text{ g}$ respectivamente) antes da transferência para os tanques experimentais e 19 dias após semeadura (DAS), quando o estudo foi concluído. Foi utilizada uma balança de precisão $\text{BEL} \pm 0,1 \text{ mg}$ (SP, Brasil). O ganho de peso foi obtido pela subtração do peso final e inicial.

2.5 Análise do coentro

Para avaliar o desempenho do coentro, a massa fresca total (MFT), folha (MFF), raiz (MFR), massa seca total (MST), folha (MSF), raiz (MSR) e comprimento da hortalíça inteira (CT), folha (CF) e raiz (CR) ($n=16$ (10 plantas.célula⁻¹) por canteiro hidropônico e 48 por tratamento) foram verificados 19 dias após a semeadura (DAS). A pesagem foi adquirida com balança de precisão $BEL \pm 0,1$ mg (SP, Brasil). Além disso, o número de folhas (NF) e a altura das plantas (AP) (do substrato até o topo da folha verdadeira) foram observados aos 5, 10 e 15 após transferência. Para a análise da massa seca, planta, raiz e folha, foram secas em estufa por 48 horas a 65°C.

2.6 Análise Estatística

Primeiramente, foram verificados os espalhamentos homocedásticos e de normalidade dos dados. Enquanto para as variáveis paramétricas, utilizou-se ANOVA one-way e teste de Tukey post hoc para verificar diferenças significativas ($p<0,05$), e para resultados não paramétricos, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis e post hoc de Dunn para explorar diferenças significativas ($p<0,05$). ANOVA two way foi realizada para o número de folhas e altura de plantas, para comparação em diferentes épocas de amostragem ($p<0,05$). A sobrevivência percentual foi primeiramente transformada em raiz quadrada do arcsin.

3 RESULTADOS

3.1 Parâmetros da Água

As diferentes densidades do coentro afetaram de forma significativa a condutividade elétrica (CE), na densidade de 512 células.m⁻² o CE foi significativamente menor quando comparada com o 32 células.m⁻² (Tabela 02). O pH, oxigênio dissolvido e temperatura não sofreram diferenças significativas entre as densidades.

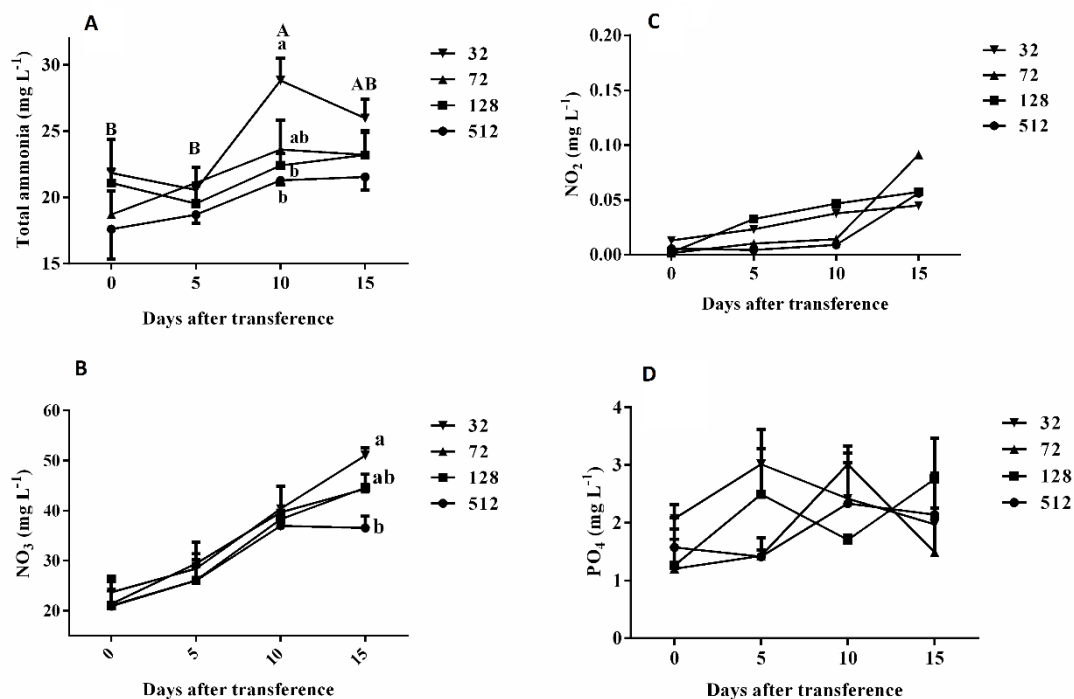
Tabela 02 - Efeitos da densidade de coentro 512, 128, 72, 32 na qualidade da água em 15 dias.

Parâmetro	Tratamento			
	512	128	72	32
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	4,96±0,20	4,68±0,14	4,92±0,11	5,03±0,10
pH	6,58±0,05	6,49± 0,04	6,47±0,03	6,54±0,04
Condutividade elétrica (µs cm ⁻¹)	96,9±1,66 ^a	102,7±2,16 ^{ab}	103,5±2,17 ^{ab}	109,6±2,78 ^b
Temperatura (°C)	29,09±0,12	28,93±0,11	29,05±0,12	29,03±0,11

Os resultados são apresentados como média ± SEM. Letras diferentes indicam diferenças significativas (p<0,05).

A amônia total apresentou variação ao longo tempos de amostragem (15 dias), sendo significativa apenas no tratamento 32 no 10º dia, quanto apresentou alta significativa em relação aos demais períodos analisados, o mesmo período (10º dia) exibiu diferença significativa entre os tratamentos, quando a menor densidade do coentro (32 células.m⁻²), teve alta significativa em relação a maior densidade (512 células.m⁻²) (Figura 02). O nitrato foi significativo no 15º dia, quando o tratamento menos denso (32 células.m⁻²) apresentou um acúmulo significativo em relação ao mais denso. Isto sugere que houve a transformação da forma de amônia para nitrato no sistema, entre o dia 10 a 15. Evidenciando maior absorção de nitrogênio (nitrato) no 15º dia pelo tratamento de 512 células.m⁻², influenciado pela densidade de plantas.

Figura 02 – Efeitos da densidade do coentro (512, 128, 72, 32) na amônia total (A), nitrato (B), nitrito (C) e fósforo (D). Os resultados são apresentados como média ± SEM (n= 3). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos no mesmo dia (p<0,05). Letras maiúsculas indicam diferença significativa de tratamento dentro do tempo de amostragem.



3.2 Desenvolvimento dos peixes

Após os 19 dias (DAS) o desempenho do tambaqui não foi afetado de forma significativas entre os tratamentos. Desta forma, podemos afirmar que para esse volume de estocagem as diferentes densidade do coentro não afetaram o desempenho zootécnico do tambaqui no sistema. Todos os tratamentos apresentaram 100% de sobrevivência (Tabela 03).

Tabela 03 – Desempenho de crescimento e sobrevivência do tambaqui nas diferentes densidades 512, 128, 72, 32 do coentro.

Parâmetro	Tratamento			
	512	128	72	32
Sobrevivência (%)	100%	100%	100%	100%
Peso Inicial (g)	118,1±6,2	113,7±5,1	107,1±5,0	116,2±6,4

Peso final (g)	172,4±7,3	161,8±5,8	166,0±5,6	181,3±7,1
CT inicial (cm)	19,84±0,3	19,59±0,3	19,34±0,3	19,7±0,4
CT final (cm)	20,43±0,3	19,60±0,2	20,07±0,2	21,26±0,3
Ganho de peso (g)	54,33±5,9	51,09±2,5	58,92±0,9	65,2±3,1
CA	1,26±0,37	1,36±0,12	1,16± 0,03	1,07±0,12

Os resultados são apresentados como média ± SEM (n= 45). Letras diferentes indicam diferença significativa (P<0,05).

3.3 Desenvolvimento do Coentro

A densidade afeta o desenvolvimento do Coentro. As massas fresca e seca totais e as massas fresta e seca das folhas, foram significativamente menores a 512 células.m⁻², as demais densidades não sofreram variação significativa. Já as massas fresca e seca das raízes apresentaram comportamentos regressivo significativo a partir de 72 células.m⁻², quanto maior a densidade menor o peso e comprimento da raiz. No entanto, o maior comprimento total da planta e da folha foi observado em 512 células.m⁻² (Tabela 04).

Tabela 04 – Desempenho e crescimento do coentro nas diferentes densidades 512, 128, 72, 32, aos 19 DAS.

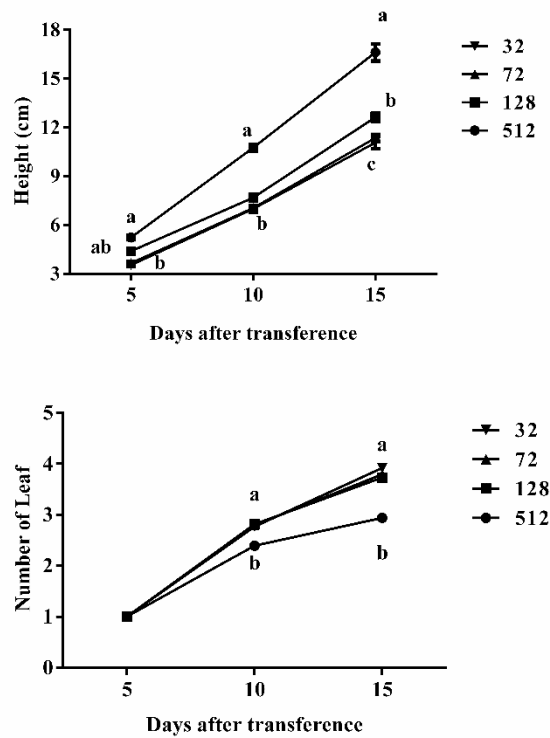
Parâmetro	Tratamento			
	512	128	72	32
MFT (g)	4,13±0,15 ^b	5,60±0,23 ^a	6,22±0,32 ^a	6,72±0,57 ^a
MST (g)	0,38±0,016 ^b	0,68±0,022 ^a	0,80±0,036 ^a	0,79±0,056 ^a
MFF (g)	3,13±0,12 ^b	4,10±0,18 ^a	4,18±0,22 ^a	4,52±0,39 ^a
MSF (g)	0,309±0,013 ^b	0,538±0,019 ^a	0,609±0,028 ^a	0,587±0,042 ^a
MFR (g)	1,01±0,05 ^c	1,49±0,07 ^b	2,04± 0,12 ^a	2,19±0,18 ^a
MSR (g)	0,07±0,004 ^c	0,14±0,005 ^b	0,19±0,008 ^a	0,20±0,014 ^a
CT (cm)	30,39±0,61 ^a	27,69±0,64 ^b	27,34±0,61 ^b	29,85±1,32 ^{ab}
CF (cm)	16,62±0,53 ^a	12,63±0,26 ^b	11,36±0,22 ^b	11,06±0,38 ^b
CR (cm)	13,77±0,20 ^b	15,06±0,46 ^{ab}	15,98±0,43 ^a	18,79±1,01 ^a

Os resultados são apresentados como média ± SEM (n= 48). Letras diferentes indicam diferenças significativas (p<0,05).

A altura do coentro e o número de folhas foram mensuradas três vezes durante o experimento. Os efeitos da densidade afeta de forma significativa o número de folhas e a altura do coentro (Figura 03). Enquanto a altura cresceu de forma significativa em 512

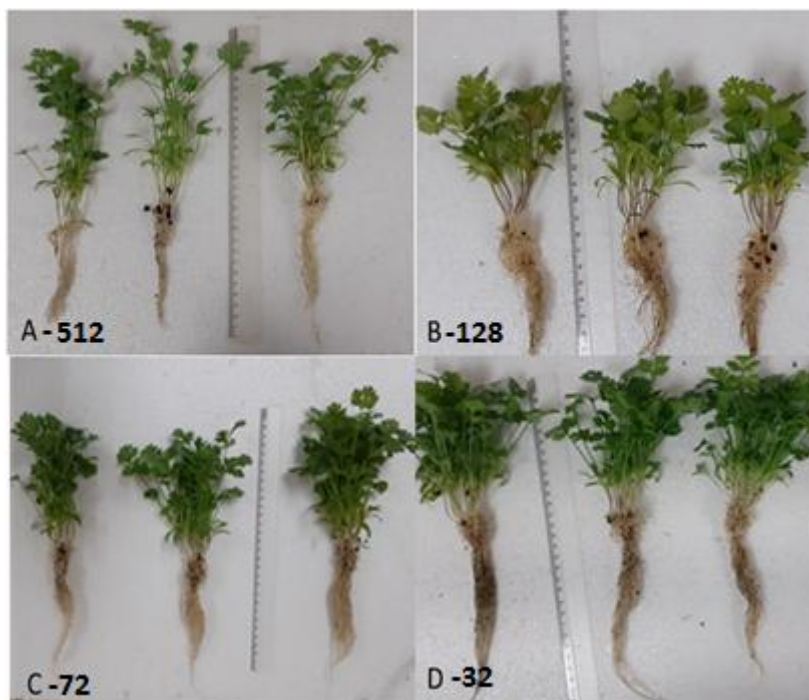
células.m⁻², o número de folha a partir 10^o dia foi significativamente menor em relação as demais densidades.

Figura 03 – Efeitos das diferentes densidades (512, 128, 72, 32) no desenvolvimento da altura e o número de folhas do coentro ao logo de 15 dias.



As diferentes densidades não apresentaram indicativos visuais de deficiências nutricionais (Figura 04), no entanto, o tratamento com maior densidade (512) apresentou características iniciais de estiolamento (Figura 04 - A).

Figura 04 – Plantas de coentro nas densidades cultivadas na aquaponia com Tambaqui aos 19 DAS.



4 DISCUSSÕES

A densidade de planta foi testado em sistema aquapônico, afetando a qualidade da água, o desenvolvimento animal e vegetal (Amzad Hossain et al., 2022; Yang; kim, 2020; Putri et al., 2019; Baßmann et al., 2018). O nível de efeito depende da espécie, densidade animal/planta, alimentação, design aquapônico e manejo (Goddek et al., 2019; Rakocy, 2012). Corroborando, no presente estudo as diferentes densidade resultou em efeitos significativos na água e no cultivo do coentro, no entanto, sem interferência no desenvolvimento dos peixes amazônicos no período de tempo analisado.

4.1 Qualidade da água

As diferentes densidades de coentro no sistema afetou de forma significativa a CE. Este comportamento já foi descrito para cultura do manjeriçao (*Ocimum basilicum*) afetaram de forma significativa o parâmetro CE, os sistema com menores densidade,

tendem ao acúmulo do mesmo (Baßmann et al., 2018; Putri et al., 2019), tendências lineares crescentes significativas de CE, também foram registradas em densidades fixas em policultivo de manjeriço, salsa e manjerona em aquaponia com bagre africano (*C. gariepinus*) e tilápia do nilo (*O. niloticus*) (Knaus; Palm, 2017).

No entanto, ao avaliar 3 cultura vegetais, em três fases (ciclo da espécie), nas seguintes densidades: alface 24 plantas/m², manjeriço 24 plantas/m² e tomate cereja 8 plantas/m², comparadas entre si e em sistema aquaponico e hidropônico, o CE foi significativamente menor no cultivo tomate cereja (menor densidade planta/m²) na aquaponia, esse comportamento está associado as diferentes necessidades da planta, como crescimento, absorção de nutrientes e partes comestíveis (Yang; kim, 2020).

Isso porque, a CE está relacionada com os níveis de nutrientes dissolvidos na água (Timmons et al., 2018; Rakocy et al., 2006). O que nos permite afirmar que a redução significativa do CE na densidade 512 células.m⁻² (tabela 2), está relacionada a maior remoção de nutrientes pela maior densidade de coentro. No entanto, os parâmetros temperatura, OD, pH e CE, ficaram dentro dos padrões para cultivo do coentro hidropônico (Silva et al., 2020a), tambaqui em recirculação (SANTOS et al., 2021) e dentro do esperado para o sistema de aquaponia (Rakocy et al., 2006).

As diferentes densidades planta/peixe interferiram de forma significativa na dinâmica do amônia total, quando analisado em sistema aquaponico com *Oenanthe javanica*) e *Cyprinus carpio*, sendo significativamente maior em todos os períodos de ajuste da razão (0,06, 0,3, 0,5 e 0,95) de biomassa planta/peixe do sistema, isso porque, com menores raízes devido substituição da planta, ocorreu limite de consumo nesses períodos, mesmo assim, a maior remoção ocorreu na maior razão (0,95) planta/peixe, para o período de 20 dias corridos (Paudel, 2020). O aumento significativo da amônia Total (NH₃) no 10º dia após transferência, na menor densidade (32 células.m⁻²) reflete a

produção ativa no sistema, e pode estar relacionado ao consumo nutricional do coentro nessa fase de desenvolvimento, segundo Granjeiro et al., (2011), a cultura apresenta um baixo consumo na etapa inicial de desenvolvimento, uma vez que oxidação de NH_3 ocorreu continuamente no período analisado, conforme descreve o comportamento do nitrito (NO_2 , figura 2 - B) e nitrato (NO_3 , figura 2 - C), e o acúmulo nesta densidade também foi significativo em função do tempo 5 a 10 dias pós transferência.

Quanto maior densidade do coentro, mais significativo foi a remoção/consumo do nitrato ($\text{NO}_3 \text{ mg L}^{-1}$), comportamento semelhante foi encontrado por Paudel (2020) quando avaliou as diferentes densidades peixe/planta para a cultura do aipo água (*Oenanthe javanica*), em aquaponia com carpa koi (*Cyprinus carpio*), e em sistema aquapônicos marinhos, com diferentes densidades de *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima* por Boxman et al. (2016). Corroborando com os achados nessa pesquisa.

Os níveis de nitrito ($\text{NO}_2 \text{ mg L}^{-1}$) se mantiveram baixos e sem diferenças significativas entre as densidade do coentro (512, 128, 72 e 32), comportamento ideal para a produção em aquaponia e RAS (Yang; Kim, 2020) refletindo a eficiência do biofiltro (Timmons et al., 2018). Um dos maiores desafios para a produção em sistema fechados, como RAS e aquaponia é a dificuldade de equilibrar a produção de nitrogênio (Timmons et al., 2018; Rakocy et al., 2006) pela espécie animal, com a capacidade de absorção pela espécie vegetal (Wongkiew et al., 2017). Fator alcançado nesta pesquisa, no período de tempo analisado.

4.2 Desenvolvimento do peixe amazônico

A sobrevivência do *C. macropomum* foi 100% em todas as densidades de coentro, assim como, os parâmetros zootécnicos (PF e CF) não foram influenciados significativamente pelas diferentes densidades ao longo dos 19 DAS. Mesmo não

significativo entre os tratamentos, o ganho de peso ($51 \pm 5,9$ a $65 \pm 3,1$ g), para as espécies foi similar e/ou superior ao encontrado em sistema de RAS por De Farias Lima et al (2019), se comparado o ganho de peso em função do tempo, assim como, para os sistema sem renovação hídrica (Pinheiro et al., 2015; Pereira Júnior et al., 2013; Oliveira et al., 2007) e em tanque-rede (Silva; Fujimoto, 2015). Refletindo que a qualidade da água permaneceu dentro da faixa ideal para cultivo de *C. macropomum* (Woynárovich e Van Anrooy, 2019; Santos et al., 2021).

4.3 Desenvolvimento do coentro

As interferências da densidade de plantas no sistema, foi significativamente maior no CT, na densidade 512 (células.m⁻²), em relação as densidades, 128 e 72 (células.m⁻²), assim como, a redução significativa do CR, em relação as 72 e 32 (células.m⁻²) e aumento significativo CF em relação as demais densidades, está associado, segundo Almeida et al. (2019) e Lopes et al. (2008) ao incremento na competição intraespecífica por nutrientes e luz, devido aumento na densidade de plantas elevando o autossombreamento.

Esta característica da planta é caracterizada fisiologicamente como estiolamento, em que a planta para adaptar a uma condição de baixa luminosidade, alonga o hipocótilo e/ou caule (região abaixo do cotilédone), em cultivos mais adensados associam-se ao maior direcionamento de fotoassimilados para o crescimento da parte aérea em detrimento da raiz, tentando favorecer a busca por luz (Taiz et al., 2017). Esse comportamento de competição, pode ser associado também na redução significativa da MFT, MST, MFF, MSF, MFR e MSR na maior densidade de coentro (512 células.m⁻²) em relação as demais densidades, resultando em menor produtividade nesta densidade por unidade de célula/m², no entanto está foi a mais produtiva em unidade de área total ($2,11 \pm 0,15$ kg/m²).

O número de folhas foi significativamente menor no tratamento de maior densidade para o cultivo de coentro em solo (Almeida et al., 2019; Martins et al. 2018) e em hidroponia (Soares et al., 2017; Silva et al., 2016). Corroborando com os achados nesta pesquisa. Essa redução do número de folhas, está relacionado ao aumento do adensamento de plantas (Sampaio et al. 2018).

Uma das vantagens do cultivo em sistema aquaponico com tambaqui, foi a redução do tempo de cultivo do coentro, uma vez que o ciclo total foi de 19 DAS. Apresentado um desempenho de tempo da produção superior a 90 e/ou 100% quando comparado com a hidroponia, 38 DAS (Silva et al.; 2020); irrigação e aplicação de biofertilizante, 40 DAS (Cardoso et al.; 2017, Silva et al, 2018). Um oportunidade de para superar as limitações produtivas relacionadas ao período chuvoso da região amazônica.

5 CONCLUSÃO

O cultivo de Coentro (*Coriandrum sativum* L) com Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em sistema aquaponico é viável para produção da hortaliça comercializáveis, a utilização da densidade de 128 célula/m², teve bom desempenho fitotécnico, no entanto a densidade mais produtiva (kg/m²) foi a de 512 células/m², visto que, mesmo com inícios de estiolamento, está dentro das características do consumidor local. Estudos de viabilidade e produtividade em outras estações do ano são necessários para uma melhor avaliação do ciclo produtivo.

Os Parâmetros físico-químicos de qualidade da água atenderam as necessidades tanta da espécie animal, como da espécie vegetal, demonstrando que esse modelo produtivo é viável para ambas as espécies. No sistema de aquaponia o período de cultivo do coentro foi reduzido, visto que ao final dos 19 DAS, a cultura apresentou-se comercializáveis.

Na região amazônica é uma cultura que apresentar demanda o ano todo, logo, faz necessário estudos para avaliar a viabilidade do sistema com essa cultura em sua sazonalidade, haja vista que tem uma alta no preço de mercado, pela escassez em tal período.

6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Pela concessão da Bolsa de estudo no período de 03/2019 a 31/12/2020 (Nº 88882.424341/2019).

7 REFERENCIAS

- Almeida, B. C., Neto, H. D. S. L., DE Almeida Guimarães, M., Sampaio, I. M. G.; Da Silva, L. S. (2019). Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62.
- Amzad Hossain, M. D.; Ashraful; Akhter, T.; Sadia, M. A.; Akter, T.; Habib, K. A. 2022. Optimization of planting density of Indian Spinach in a recirculating aquaponics system using Nile Tilapia. *Journal of Scientific and Industrial Research S. Biological Sciences*, v. 63, n. 1, p. 18-27. DOI: [10.52763/PJSIR.BIOL.SCI.65.1.2022.18.27](https://doi.org/10.52763/PJSIR.BIOL.SCI.65.1.2022.18.27)
- Andriani, Y., Zahidah, Z., Dhahiyat, Y., Hamdani, H., Dewi, R., 2020. Coriander and water spinach growth in silver catfish (*Pangasius Sp*) culture using aquaponic system. *Jurnal Agro 7*, 148–157. <https://doi.org/10.15575/8724>
- Armenta-Bojórquez, A.D., Valenzuela-Castañeda, A.R., Fitzsimmons, K., López-Alvarez, E.S., Rodríguez-Quiroz, G., Valenzuela-Quiñónez, W., 2021. Pacific white shrimp and tomato production using water effluents and salinity-tolerant grafted plants in an integrated aquaponic production system. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, n. 124064. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124064>
- Baßmann, B.; Harbach, H.; Weißbach, S. (2018). Effect of plant density in coupled aquaponics on the welfare status of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. V. 51, n. 1, p. 183-199. <https://doi.org/10.1111/jwas.12574>
- Bosma, R.H., Lacambra, L., Landstra, Y., Perini, C., Poulie, J., Schwaner, M.J., Yin, Y., 2017. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. **Aquacultural Engineering** v. 78, p. 146–154.
- Boxman, S. E.; Nystrom, M.; Capodice, J. C.; Ergas, S. J; Main, K. L.; Trotz, M. A. Effect of support medium, hydraulic loading rate and plant density on water quality and growth of halophytes in marine aquaponics systems. *Aquaculture Research*, 2017, v. 48, n. 5, p. 2463-2477. <https://doi.org/10.1111/are.13083>.

- Cardoso, M. O; Berni, R. F; Antonio, I. C; Kano, C. 2017. Growth, production and nutrients in coriander cultivated with biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v.35, n. 4, p. 583-590. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170417>
- De Farias Lima, J. de F.; Montagner, D.; Duarte, S. S.; Yoshioka, E. T. O.; Dias, M. K. R.; Tavares-Dias, M. Recirculating system using biological aerated filter on tambaqui fingerling farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00294>
- De Souza, C.C.F., Santos, M.A.S. dos, Rebello, F.K., Martins, C.M., Lopes, M.L.B., Barbosa, A. do S.A., Federal Rural University of the Amazon, Tancredo Neves Avenue, Montese, 66077530, Belém, PA, Brazil, University of the Amazon, Alcindo Cacela Avenue, 287, Umarizal, 66060902, Belém, PA, Brazil, 2021. Agroecological transition in family agriculture: A case study in Primavera municipality, Brazilian Amazon. *AIMSAGRI* 6, 879–890. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021053>
- Dusci, J. C.; Hager, J. Coyle, S. Tidwell, J. (2022). Evaluation of freshwater prawn, *Macrobrachium rpsenbergii*, for biological solids control in raft aquaponic systems and the protective effectiveness of root guards. *Journal of the World Aquaculture Society*. V. 53, n. 1, p. 290-308. <https://doi.org/10.1111/jwas.12856>
- Eigenbrod, C., Gruda, N., 2015. Urban vegetable for food security in cities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 483–498. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0273-y>
- Fernández-Cabanás, V.M., Pérez-Urrestarazu, L., Juárez, A., Kaufman, N.T., Gross, J.A., 2020. Comparative Analysis of Horizontal and Vertical Decoupled Aquaponic Systems for Basil Production and Effect of Light Supplementation by LED. *Agronomy* 10, 1414. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091414>
- Futemma, C., De Castro, F., Brondizio, E.S., 2020. Farmers and Social Innovations in Rural Development: Collaborative Arrangements in Eastern Brazilian Amazon. *Land Use Policy* 99, 104999. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104999>
- Goddek, S., Körner, O., 2019. A fully integrated simulation model of multi-loop aquaponics: A case study for system sizing in different environments. *Agricultural Systems* 171, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.010>
- Goddek, S.; Alyssa, J.; Bens, K.; Gavin, B. M. Aquaponics Food Production Systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Cham, 2019: Springer Nature, p. 619. <https://www.springernature.com/gp/products/books>.
- Gosh, K., Chowdhury, S., 2019. Review of aquaponics system: searching for a technically feasible and economically profitable aquaponics system. *Journal of Agricultural, Environmental and Consumer Sciences*, v. 19, p. 5–13. <https://www.researchgate.net/publication/332537786>
- Grangeiro, L. C.; Freitas, F. C. L.; Negreiros, M. Z.; Marrocos, S. T. P.; Lucena, R. R. M.; Oliveira, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.07.002>

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: pesquisa da pecuária municipal. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge>.
- Junior, L.F.C., Neto, F. de M., Calado, T.B., 2018. Physiological Quality and Vigor of Coriander (*Coriandrum Sativum*) Seeds Produced in an Agroecological Transition Area 7, 4.
- Khan, M.M., Akram, M.T., Janke, R., Qadri, R.W.K., Al-Sadi, A.M., Farooque, A.A., 2020. Urban Horticulture for Food Secure Cities through and beyond COVID-19. Sustainability 12, 9592. <https://doi.org/10.3390/su12229592>
- Khoda Bakhsh, H.; Chopin, T. Water Quality and Nutrient Aspects in Recirculating 410 Aquaponic Production of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* and the Lettuce, 411 *Lactuca sativa*. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v.12, 2011. <http://hdl.handle.net/10919/90643>
- Knaus, U. & Palm, H. W. 2017. Effects of fish biology on ebb and flow, aquaponical cultured herbs in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania). Aquaculture, v. 466, p. 51-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.025>
- König, B., Janker, J., Reinhardt, T., Villarroel, M., Junge, R., 2018. Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. Journal of Cleaner Production 180, 232–243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>
- Lamm, K., Powell, A., Lombardini, L., 2021. Identifying Critical Issues in the Horticulture Industry: A Delphi Analysis during the COVID-19 Pandemic. Horticulturae 7, 416. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110416>
- Linhares, P. C. F.; Pereira, M, F, S.; Moreira, J. C.; Paiva, A.C.C; Assis, J.P; Sousa, R.P. 2015. Rendimento do coentro (*Coriandrum sativum* L) adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 17, n. 3. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_006
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Zanin, G., Birolo, M., Xiccato, G., Sambo, P., Borin, M., 2020. Nitrogen budget in recirculating aquaponic systems with different fish stocking density. Italian Journal of Agronomy 15, 239–245. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1639>
- Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Zanin, G.; Birolo, M.; Trocino, A.; Sambo, P.; Borin, m.; Xiccato, G. Effect of stocking density of fish on water quality and growth performance of European carp and leafy vegetables in a low-tech aquaponic system. **PLOS ONE**, v.14, p. 1-15, 2019.
- Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Zanin, G.; Xiccato, G.; Borin, M.; Sambo, P. Composition and quality traits of vegetables grown in a low-tech aquaponic system at different fish stocking densities. **J Sci. Food. Agric.**, v. 100, p. 4310-4318, 2020.
- Monsees, H., Suhl, J., Paul, M., Kloas, W., Dannehl, D., Würtz, S., 2019. Coriander (*Lactuca sativa*, variety Salanova) production in decoupled aquaponic systems: Same yield and similar quality as in conventional hydroponic systems but drastically reduced greenhouse gas emissions by saving inorganic fertilizer. PLoS ONE 14, e0218368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218368>

- Oliveira, R.P. de C.; Silva, P.C.; Pádua, D.M.C.; Aguiar, M.; Maeda, H.; Machado, N.P.; Rodrigues, V.; Silva, R.H. da. Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.705-711, 2007.
- Paudel, S. R. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): effects of plant to fish biomass ratio. **Aquaculture**, v. 520, 2020.
- Pereira Junior, G.P.; Pereira, E.M. de O.; Pereira Filho, M.; Barbosa, P. de S.; Shimoda, E.; Brandão, L.V. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em substituição ao milho (*Zea mays*). **Acta Amazonica**, v.43, p.217-226, 2013.
- Pinho, S.M., David, L.H., Garcia, F., Keesman, K.J., Portella, M.C., Goddek, S., 2021a. South American fish species suitable for aquaponics: a review. **Aquacult Int**, v. 29, p. 1427–1449. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00674-w>
- Pinho, S.M., David, L.H.C., Goddek, S., Emerenciano, M.G.C., Portella, M.C., 2021b. Integrated production of Nile tilapia juveniles and coriander using biofloc technology. **Aquacult Int** v. 29, p. 37–56. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00608-y>
- Pinho, S.M., de Mello, G.L., Fitzsimmons, K.M., Emerenciano, M.G.C., 2018. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. **Aquacult Int.**, v. 26, p. 99–112. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0198-y>
- Putri, A. o.; Pamula, O. Y. T.; Fakhriah, Y, Prayogo; Sudarno; Manan, A.; Sari, L. A.; Dewi, N. N. (2019). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, v. 8, n. 2. <https://e-journal.unair.ac.id/.../7799>
- Rakocy, J.E., 2012. Aquaponics: integrating fish and plant culture. *Aquaculture production systems* 1, 343–386.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M., 2006. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*. 454. SRAC publication, pp. 1–16. https://shareok.org/bitstream/handle/11244/319795/oksd_srac_454_2016-07.pdf?sequence=1
- Sampaio, I. M. G., De Almeida Guimarães, M., Neto, H. D. S. L., de Lima Maia, C., dos Santos Viana, C.; de Gusmão, S. A. L. (2018). Pode o uso de mudas agrupadas e a maior densidade de plantio aumentar a produtividade de jambu?. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61.
- Santos, F. A. C.; Boaventura, T. P. Julio, G. S. da C.; CORTEZZI, P. P.; FIGUEIREDO, L. G.; FEVERO, G. C.; PALHETA, G. D. A.; de MELO, N. F. A. C.; LUZ, R. K. (2021). Grpwth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): Importance of stocking density and classification. *Aquaculture*, v. 534. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736274>

- Santos, F. A., Boaventura, T. P., da Costa Julio, G. S., Cortezzi, P. P., Figueiredo, L. G., Favero, G. C., ..., Luz, R. K. (2021). Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): Importance of stocking density and classification. *Aquaculture*, 534, 736274.
- Santos, M.D.V.D., Neto, M.F.D.C., Melo, A.C.G.R.D., Takahashi, J.A., Ferraz, V.P., Chagas, E.A., Cardoso, P.C., Filho, A.A.D.M., 2019. Chemical Composition of Essential Oil of Coriander Seeds (*coriandrum Sativum*) Cultivated in the Amazon Savannah, Brazil. *Chemical Engineering Transactions* 75, 409–414. <https://doi.org/10.3303/CET1975069>
- Sauer, S. Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts. 2018. **Land Use Policy**, v. 79, p. 326–338. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.030>
- Silva, C.A. da; Fujimoto, R.Y. Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazonica**, v.45, p.323-333, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201402205>
- Silva, M. G. da; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Oliveira, I. de S.; Silva Filho, J. A da. Crescimento e produtividade de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. *Irriga, Botucatu*, 2016, v. 21, n. 2, p. 312-326
- Silva, M. G. da; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; de Oliveira, M. G. B.; dos Santos, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish Waters with different temperatures of the nutrient solution. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v, 40, n. 6, p. 674-683, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n6p674-683/2020>
- Silva, V. P. R.; Sousa, I. F.; Tavares, A. L.; Silva, T. G. F.; Silva, B. B.; Holanda, R. M.; Brito, J. I. B.; Braga, C. C.; Souza, E. P.; Silva, M. T. Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of coriander grown in tropical environment. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 446-452. 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180404>
- Soares, C. S.; Silva, J. A. da.; Silva, G. N. da. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais de hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambuco**, Recife, v. 22, 2017.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- Tawaha, A. R. A.; Wahab, P. E. M.; Jaafar, H. B.; Zuan, A. T. K.; Hassan, M. Z. Effects of fish stocking density on water quality, growth performance of tilapia and yield of butterhead Lettuce grown in decoupled recirculation aquaponic systems. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 1, p. 8-19, 2021.
- Timmons, M. B. Guerdat, T., Vinci, B. J. **Recirculating Aquaculture**, 4th ed.: Ithaca Publishing Company. 2018. 1252 p.
- Uitterhaegen, E., Sampaio, K.A., Delbeke, E.I.P., De Greyt, W., Cerny, M., Evon, P., Merah, O., Talou, T., Stevens, C.V., 2016. Characterization of French Coriander Oil as Source of Petroselinic Acid. *Molecules* 21, 1202. <https://doi.org/10.3390/molecules21091202>
- Wongkiew, S, H. U, Z.; Chandran, K.; Lee, J. W.; Khanal, S. K. Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. **AquaculturalEngineering**, v. 76, p. 9-19. 2017.

- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J.W., Khanal, S.K., 2017. Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering* 76, 9–19.
- Wongkiew, Sumeth; Popp, Brian, N.; Kim, Hye-ji; Khanal, Samir Kumar. Fate of nitrogen in floating-raft aquaponic systems using natural abundance nitrogen isotopic compositions, *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 125, 2017, p. 24-32.
- WOYNÁROVICH, A.; VAN ANROOY, R. Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816). Rome: FAO, 2019. 132 p. (FAO fisheries and aquaculture technical paper, 624).
- Woynárovich, A.; Van Anrooy, R. Field guide to the culture of tambaqui (*Colossomamacropomum*, Cuvier, 1816). *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 2019, 624: I-121.
- Yang, T. & Kim, H-J. Effects of hydraulic loading rate on spatial and temporal water quality characteristics and Crop growth and yield in aquaponic systems. *Horticulturae*, v. 6, n. 9, p. 1-23. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6010009>

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de Aquaponia com espécies nativas da região amazônica tais como, o Tambaqui, na produção de hortaliças é um avanço para sistemas produtivos, e pode ser mais uma forma de viabilizar modelos de cultivo que utilizem de forma eficientes os recursos naturais e contribuam para a segurança alimentar na região.

Há um longo caminho a ser percorrido a fim de resolver questionamentos sobre os demais aspectos do sistema: como tipo de ração, fase de cultivo, entre outros. No entanto, os resultados aqui apresentados constituem um passo importante neste sentido.