

Subsídios para a aquaponia amazônica por meio do cultivo de jambu *Acmella oleracea* e alface *Lectuce sativa* com juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*

Tacio Nobuyoshi Hoshina¹ 

Jeanderson da Silva Viana¹ 

Luan Freitas Rocha¹ 

Luciane Marçal Oliveira Rocha¹ 

Cássia Bruna Pinheiro Vieitas¹ 

Breno Gustavo Bezerra Costa¹ 

Submetido em 18 de abril de 2022 / Aceito em 07 de julho de 2022

RESUMO

Os efluentes de uma piscicultura podem afetar o ambiente natural, entretanto, apresentam uma elevada quantidade de nutrientes que podem ser aproveitados na aquaponia, cultivo integrado de peixes e plantas, a fim de otimizar a utilização de água e minimizar os impactos ambientais. Na região amazônica, o tambaqui *Colossoma macropomum*, a alface e o jambu apresentam uma alta demanda nos mercados e feiras livre e podem ser utilizadas em uma aquaponia amazônica. No experimento, a aquaponia foi composta em um sistema “*nutrient film technique*” (NFT) com um tanque de piscicultura, dois decantadores e um reservatório, em que havia uma bomba submersa para abastecer a bancada de germinação e a bancada hidropônica, em seguida, a água retornava para o tanque de piscicultura por gravidade. As variáveis físicas e químicas da água do tanque de piscicultura e do reservatório foram monitoradas diariamente. O experimento teve duração de 60 dias para as plantas (30 na bancada de germinação e 30 dias na bancada hidropônica) e 90 dias para o tambaqui. As plantas e os peixes foram analisados para o desempenho produtivo. O tambaqui apresentou rusticidade em relação ao manejo e uma conversão alimentar satisfatória. A alface apresentou crescimento inferior quando comparado com outros sistemas de produção, e o jambu apresentou crescimento satisfatório mostrando potencial de ser utilizado na aquaponia amazônica. Entretanto, ambas as plantas apresentaram deficiência de cálcio e potássio. Com isso, recomenda-se utilizar fertilizantes minerais para otimizar a produção, principalmente para o jambu, que se mostrou potencial a ser explorado em uma aquaponia amazônica.

Palavras-chave: Aquicultura, Sustentabilidade, Amazônia, Minerais.

Subsidies for amazon aquaponic through the culture of jambu *Acmella oleracea* and lettuce *Lectuce sativa* with Tambaqui juveniles *Colossoma macropomum*

ABSTRACT

The effluents of a fish farm can affect the natural environment, however, they present a high amount of nutrients that can be used in aquaponics, integrated fish farm and plants, in order to optimize the use of water and minimize environmental impacts. In the Amazon region, tambaqui, lettuce and jambu are in high demand in markets and fairs and can be used in an amazon aquaponics. In the experiment, the aquaponics was composed in an nutrient film technique (NFT) system with a fish farming tank, two decaners and a reservoir, in which there was a submerged pump to supply the germination bench and the hydroponic bench, then the water was returned to the water tank gravity fish culture. The physical-chemical variables of the water in the fish farming pond and in the reservoir were monitored daily. The experiment lasted 60 days for the plants (30 days on the germination bench and 30 days on the hydroponic bench) and 90 days for tambaqui. Plants and fish were analyzed for productive performance. Tambaqui showed rusticity in relation to management and a satisfactory feed conversion. Lettuce showed lower growth when compared with other production systems, and jambu showed satisfactory growth, showing itself as a potential to be used in amazon aquaponics. However, both plants showed calcium and potassium deficiency. Therefore, it is recommended to use mineral fertilizers to optimize production, especially for jambu, which has proved to be a potential to be explored in an amazon aquaponics.

Keywords: Aquaculture; Sustainability; Amazon; Minerals.

INTRODUÇÃO

Em 2020, o estado do Pará foi responsável pela produção de 14,2 mil toneladas de peixes, com empreendimentos aquícolas em todos os municípios do Estado (IBGE, 2021) que apresentam o sistema com renovação constante, com entrada e saída de água, na maioria das unidades de criação (MELO et al., 2010; DE-CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013; O'DE ALMEIDA et al., 2014; SOUZA; SOUZA, 2015; TROMBETA et al., 2020).

Os efluentes de uma piscicultura podem causar devastação de Ambiente naturais, proliferação de doenças, redução de populações naturais de peixes nativos por meio da introdução de espécies exóticas e poluição dos reservatórios (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2018; MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2018; CASTELLANI; BARRELAS, 2018). Entretanto, apresentam uma elevada quantidade de nutrientes devido aos peixes assimilarem somente uma pequena proporção da ração ofertada (EBELING; TIMMONS, 2012), assim, sugere-se reutilizar os efluentes em outras atividades agropecuárias (FERRI; SOUZA; BRAZ-FILHO, 2018).

A reutilização dos efluentes também pode garantir uma sustentabilidade econômica para o empreendimento (SILVA et al., 2018), devido ao elevado custo da ração (SONODA; FRANÇA; CYRINO, 2015) e a possibilidade da geração de uma receita adicional com agregação de valor aos alimentos produzidos de forma ambientalmente responsável. Dentre os sistemas de produção que permitem o desenvolvimento e aplicações de novas tecnologias que otimizem a utilização de água e nutrientes, assim como minimizem os impactos ambientais, a aquaponia merece destaque por praticar uma aquicultura sustentável e proporcionar o cultivo de outros produtos também (GREENFELD et al., 2019; DALAZEN et al., 2020). A aquaponia consiste na criação de peixes com o cultivo de plantas em água, em um mesmo sistema, havendo uma troca de benefícios: a água da piscicultura abastece o sistema hidropônico por meio dos efluentes, quando as bactérias nitrificantes transformam a amônia tóxica em amônia não tóxica, sendo utilizados pelas plantas como nutrientes. Com a remoção dos agentes tóxicos, a água se torna adequada para o desenvolvimento dos peixes e retorna para as unidades

de piscicultura (GODDEK et al., 2019).

Diversos estudos foram realizados para verificar o desempenho zootécnico de peixes e o crescimento dos vegetais em um sistema aquapônico. Tem sido utilizada tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* com a alface *Lactuca sativa* (EFFENDI; WAHYUNINGSIH; WARDIATN, 2017; ANI et al., 2022), pacu *Piaractus mesopotamicus* com salsinha e cebolinha (PINHO et al., 2018) e o tambaqui *Colossoma macropomum* com a alface (SILVA et al., 2020) e com o camarão-da-Amazônia (STERZELECKI et al., 2021). Contudo, existe uma escassez de trabalhos verificando o desempenho de crescimento de duas espécies endêmicas da região Amazônica, pois há apenas aqueles avaliando a influência do sedimento do viveiro do peixe no cultivo do vegetal (GOMES et al., 2020).

No que diz respeito à piscicultura, o tambaqui é um peixe nativo da região amazônica, bastante cultivado no Norte do país e que apresenta características zootécnicas e mercadológicas favoráveis para o desenvolvimento da atividade na região, o que pode ser comprovado nos dados de produção da piscicultura paraense, uma vez que, o estado do Pará produziu em 2020, 8,4 mil toneladas desse peixe (IBGE, 2021). Assim, este peixe apresenta potencial a ser aproveitado na aquaponia amazônica (SILVA et al., 2020).

Em relação à hidroponia, o jambu *Acmella oleracea* merece destaque por ser nativo da região Amazônica sendo utilizado na gastronomia (NEVES et al., 2019), no controle de praga (ARAÚJO et al., 2018) e na medicina popular (SILVA et al., 2021; FERREIRA et al., 2021; OLIVEIRA BRITO et al., 2022). Porém, seu cultivo não apresenta uma cadeia produtiva organizada quando comparada com outras hortaliças consideradas convencionais, como a alface, mas o jambu *A. oleracea* apresenta uma rentabilidade para populações da região amazônica (HOMMA et al., 2014) sendo comercializada aproximadamente 19,2 toneladas somente no período de outubro, quando ocorre a maior festa popular do estado do Pará (EMBRAPA, 2018) e apresenta potencial para o cultivo hidropônico (ARAÚJO et al., 2021). A alface é a hortaliça mais comercializada e consumida no território brasileiro, sendo cultivada na maioria das vezes em sistema tradicional e hidropônico (CARVALHO et al., 2018). Ambas as plantas apresentam ciclo de cultivo entre 45 a 70 dias (SUDO et al., 1997; CARDOSO; GARCIA, 1997).

Dessa forma, o tambaqui *C. macropomum*, a alface e o jambu tende a apresentar alta demanda nos mercados e feiras livre e podem ser utilizadas em uma aquaponia na região amazônica, para aproveitar os efluentes gerados na criação desses peixes e proporcionar uma receita adicional para o produtor, promovendo uma sustentabilidade ambiental e econômica.

Nesse contexto, este estudo foi realizado para identificar os índices produtivos da criação de juvenis de tambaqui com as hortaliças jambu e alface em um sistema aquapônico, bem como a análise das variáveis da qualidade de água, para fornecer subsídios técnicos e científicos para o desenvolvimento da sustentabilidade ambiental na aquicultura amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura Tropical (LAQTROP) do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizado em Belém (PA) (01° 28' 15"S; 48° 27' 50"W), durante o período de estiagem amazônica (junho-agosto). O clima da região é classificado por Koppen como Afi e temperatura média de 26°C (ALVARES et al., 2013).

O sistema de aquaponia foi construído dentro de uma estufa

agrícola (com 10 m de comprimento, com 4 m de largura e 2,5 m de pé direito), tendo uma cobertura revestida de filme plástico de 100 µm, para reduzir a intensidade luminosa (Figura 1).

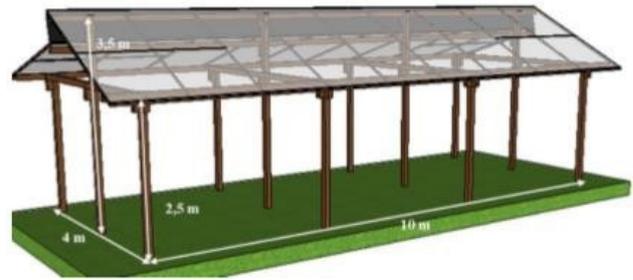


Figura 1. Estufa agrícola utilizada para o sistema de aquaponia com cultivo de 60 dias do *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*, em integração com cultivo de juvenis de *Colossoma macropomum* por 90 dias. / **Figure 1.** Agricultural greenhouse used for the aquaponic system with cultivation for 60 days of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa* in integration with juvenile *Colossoma macropomum* for 90 days.

Sistema de aquaponia

O sistema experimental continha componentes da piscicultura, tratamento de água e hidroponia. Para a piscicultura foi usado um tanque circular de polietileno para a criação dos peixes (1.000 L), para o tratamento de água: dois decantadores para separação física dos sólidos por gravidade (200 L, cada), um filtro biológico composto por 100 L de argila expandida e 4,0 L de areia fina, um tanque circular utilizado como reservatório (150 L) (Figura 2-A) e para a hidroponia, bancadas de germinação das sementes (1,5 m x 0,50 m) (Figura 2-B) e o sistema NFT (*nutrient film technique*) em declive de 2,0% (CARNEIRO et al., 2015) com seis canaletas para o cultivo dos vegetais (6 m de comprimento, 0,075 m de diâmetro, 0,25 m de distância entre as aberturas e 2,7 m² de área total sem o espaçamento) utilizadas para formar a bancada hidropônica, tendo uma capacidade de 138 aberturas para o cultivo de plantas (Figura 2-C).

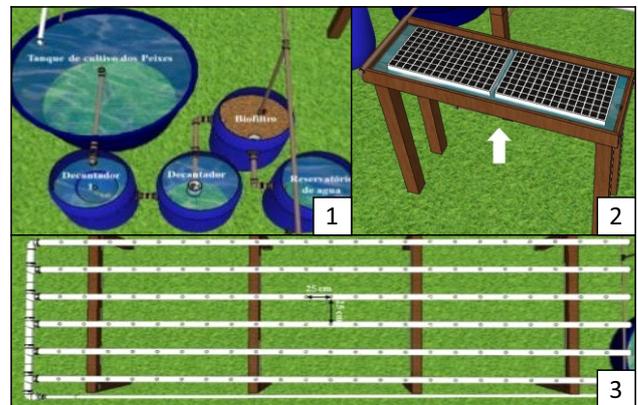


Figura 2. Sistema experimental da aquaponia com cultivo de *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa* por 60 dias, em integração com cultivo de juvenis de *Colossoma macropomum* por 90 dias: 1) Tanque de piscicultura e sistema de filtragem; 2) Bancada das células de germinação; 3) Bancada hidropônica com seis canaletas tendo 138 aberturas para o cultivo de vegetais, espaços com 25 cm entre si. / **Figure 2.** Experimental aquaponic system with cultivation of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa* for 60 days, in integration with cultivation of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum* for 90 days: 1) Fish farming pond and filtration system; 2) Bench of germination cells; 3) Hydroponic bench with six channels with 138 openings for growing vegetables, spaced 25 cm apart.

Dessa forma, o fluxo de água era por gravidade do tanque de piscicultura para os dois decantadores, filtro biológico e reservatório. Em seguida, a água tratada era aproveitada na bancada de germinação e bancada hidropônica por meio de uma tubulação de PVC de 50 mm de diâmetro acoplada em uma bomba periférica de 0,5 CV, sendo utilizada com uma vazão média de 2.000 L/hora e em intervalos de 15 minutos, para não ocorrer um estresse hídrico nas folhas, na bancada, as raízes das plantas dentro das aberturas permaneciam parcialmente molhadas pelo efluente. Por fim, por meio da gravidade, a água retornava para o tanque de piscicultura.

Análises dos parâmetros físicos e químicos da água

A temperatura média do ambiente durante o período do experimento foi de 30,6°C. Para manter os níveis adequados de oxigênio dissolvido durante o experimento no tanque de piscicultura, foi utilizado um soprador de ar de 2 CV (JK Compressores®, GO, Brasil) e um mangueira microporosa circular. A temperatura da água, o oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, turbidez, nitrato e pH foram monitorados diariamente por meio de sonda multiparâmetro (HANNA®, SP, Brasil).

No decorrer do experimento, o medidor de oxigênio foi calibrado no ar até o ponto de saturação, o medidor de pH foi calibrado utilizando soluções padrões de pH (AKSO®, RS, Brasil) 7 e 4 e a condutividade por meio da solução de 1413 µS/cm (AKSO®, RS, Brasil). Os compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e alcalinidade) foram mensurados duas vezes na semana por meio de testes colorimétricos (ALFAKIT®, SC, Brasil) em amostras simples coletadas 20 cm abaixo da superfície da água. As amostras foram coletadas no tanque de piscicultura e no reservatório que abastecia a bancada hidropônica.

Piscicultura

No tanque de piscicultura, foram estocados 40 juvenis de tambaqui com peso médio de 22,50 ± 2,16 g, o que totalizou uma biomassa de 900 g. Os animais foram alimentados com ração comercial extrusada com 40% de proteína bruta (Guabi® Pira Evolution Alevino, SP, Brasil) (Tabela 1), três vezes ao dia (08h00min, 13h00min e às 18h00min), com uma taxa de alimentação diária de 7% da biomassa estocada, conforme o manejo alimentar estabelecido para os juvenis de tambaqui (CORRÊA et al., 2018). Dessa forma, como a bancada hidropônica apresentava 2,7 m² de área, dessa foram fornecidos 23,3 g de ração por m² por dia, aproximadamente.

Tabela 1. Composição nutricional da ração usada para os juvenis de tambaqui durante a aquaponia integração com cultivo de *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*. / **Table 1.** Nutritional composition feed offered to tambaqui juveniles during aquaponic integration with *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa*.

Nutrientes	Valores
Umidade (Máx.)	100 g
Proteína bruta (Mín.)	400 g
Extrato Etéreo (mín.)	80 g
Fibra bruta (Máx.)	60 g
Matéria mineral (Máx.)	140 g
Cálcio (Mín.)	20 g
Cálcio (Máx.)	35 g
Fósforo (Mín.)	60.000 mg
Sódio (Mín.)	1850 mg
Vitamina A (Mín.)	8.000 U.I
Vitamina D3 (Mín.)	2.250 U.I
Vitamina E (Mín.)	125 U.I
Vitamina K3 (Mín.)	15 mg
Vitamina C (Mín.)	400 mg
Tiamina (B1) (Mín.)	16 mg
Riboflavina (B2) (Mín.)	16mcg
Niacina (Mín.)	85 mg
Biotina (Mín.)	0,05 mg
Ácido Fólico (Mín.)	5 mg
Pantotenato de Cálcio (mín.)	40 mg
Cobre (Mín.)	4 mg
Ferro (Mín.)	30 mg
Manganês (Mín.)	13 mg
Selênio (Mín.)	0,60 mg
Zinco (Mín.)	170 mg
Pectinase (Mín.)	1.000U
Protease (Mín.)	175U
fitase (Mín.)	75U
Betaglucanase (Mín.)	50U
Xilanase (Mín.)	25U
Celulase (Mín.)	10U
Amilase (Mín.)	7,5U
Mananoligossacarídeo (Mín.)	56 mg

*Informações obtidas pela fabricante, via e-mail (<http://www.guabi.com.br/fale-conosco>).

*Information obtained by the manufacturer, via e-mail (<http://www.guabi.com.br/fale-conosco>).

Para as análises de crescimento e sobrevivência, os juvenis de tambaqui foram contados e pesados antes de serem transferidos para a unidade de criação e após 60 dias quando o experimento foi concluído. Para tanto, uma balança digital com precisão de 0,001 g (Mettler-Toledo®, SP, Brasil) foi usado. Os peixes foram criados durante 90 dias correspondendo aos ciclos de produção das plantas.

As seguintes análises foram realizadas (FRACALLOSSI; CYRINO, 2013):

Sobrevivência (% = 100 x número de indivíduos final/número de indivíduos inicial);

Ganho em peso individual (g, = peso final - peso inicial);

Ganho da biomassa (g, = biomassa inicial – biomassa final);

Conversão alimentar (ganho de biomassa/ consumo de ração).

Hidroponia

No que diz respeito ao cultivo dos vegetais, foram realizados dois ciclos de 60 dias, 30 dias na bancada de germinação e 30 dias na bancada hidropônica. Primeiramente para o cultivo de *A. oleracea* e depois para cultivo *L. sativa*. Inicialmente, as sementes de alface foram adquiridas de uma empresa tradicional em produção e comercialização de sementes (Feltrin Sementes®, RS, Brasil) e colocadas na bancada de germinação com 138 células, preenchidas com substratos de argila, tendo uma luminosidade e disponibilidade de água. A bancada situava-se debaixo da estufa agrícola, a fim de que para que não houvesse a influência da temperatura no seu desenvolvimento.

Com o surgimento das primeiras folhas após 30 dias, as mudas de plantas foram transplantadas para a bancada hidropônica com as canaletas no sistema *NFT* (*nutrient film technique*) finalizando o ciclo e com o início do ciclo de jambu, tendo as sementes sendo adquiridas na UFRA e o mesmo procedimento da alface na bancada de germinação. O cultivo na bancada hidropônica foi por mais 30 dias.

O período de 30 dias corresponde à fase de produção de mudas, quando a alface e o jambu tende a apresentar as primeiras folhas e podem ser transplantados para iniciar a fase de crescimento (KAISER; ERNST, 2012; GAIA et al., 2020). No total, 60 dias de cultivo para cada planta.

Para as análises de desempenho do jambu e da alface, as plantas foram contabilizadas no final do experimento e a massa fresca de cada muda foi pesada individualmente, com caule, folhas e raízes e sem esses componentes, somente a parte aérea (n=138, cada planta).

Com isso, as seguintes variáveis foram obtidas:

Taxa de sobrevivência (%) = (número final de plantas / número inicial de plantas) x100;

Biomassa total (g) = soma do peso de todas as plantas;

Peso médio total (g) = soma dos pesos das plantas / número de plantas);

Peso médio da parte aérea (sem raízes) = soma do peso das plantas / quantidade final de plantas vivas);

Para a obtenção da composição nutricional, no final de cada ciclo, uma amostra de cada planta foi acondicionada em saco de papel e seca em estufa a 60°C durante 72 h. Em seguida, foi moída e acondicionada em sacos plásticos para análises posteriores. Foi determinado os teores de macronutrientes: nitrogênio por meio do método de Kjeldahl, fósforo, potássio, cálcio e magnésio e dos micronutrientes: ferro, zinco, cobre e manganês, por espectrofotometria de absorção atômica (CLAESSEN, 1997) no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém (PA). Os valores obtidos da alface foram comparados boletins técnicos com orientações de cultivo da espécie (FURLANI et al., 1999) e do jambu com carti-

Ihas técnicas da UFRA (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013).

Análises estatísticas

Os valores são descritos como média \pm desvio padrão. Para o desempenho dos peixes e das plantas foi realizado uma estatística descritiva bem como uma variação temporal das variáveis de qualidade de água durante o período do experimento.

RESULTADOS

Qualidade de água

A média dos valores das variáveis de qualidade de água monitorados nos tanques de piscicultura e no reservatório estão apresentados na Tabela 2. O oxigênio dissolvido, o pH, a turbidez e o nitrato foram as variáveis que apresentaram maiores oscilações (Figura 3).

Tabela 2. Valores das variáveis da qualidade de água do tanque de piscicultura e reservatório de água durante a aquaponia com cultivo de 60 dias do *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*, em integração com juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* por 90 dias. / **Table 2.** Values of the variables of the water quality of the fish farming pond and water reservoir during aquaponic with the cultivation for 60 days of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa* in integration with juvenile tambaqui *Colossoma macropomum* for 90 days).

Variáveis	Tanque de piscicultura	Reservatório de água
Temperatura	29,94 \pm 0,49	29,95 \pm 0,55
Condutividade elétrica	283,18 \pm 45,94	281,53 \pm 45,74
Sólidos dissolvidos	139,55 \pm 23,47	138,70 \pm 23,27
Turbidez	11,65 \pm 6,91	10,52 \pm 6,00
pH	7,74 \pm 0,09	7,68 \pm 0,12
Alcalinidade	95,23 \pm 21,78	93,77 \pm 21,78
Oxigênio dissolvido	6,47 \pm 0,70	5,66 \pm 0,62
Amônia	1,43 \pm 0,00	1,37 \pm 0,00
Nitrito	0,39 \pm 0,14	0,46 \pm 0,14
Nitrato	5,93 \pm 2,79	5,57 \pm 3,00

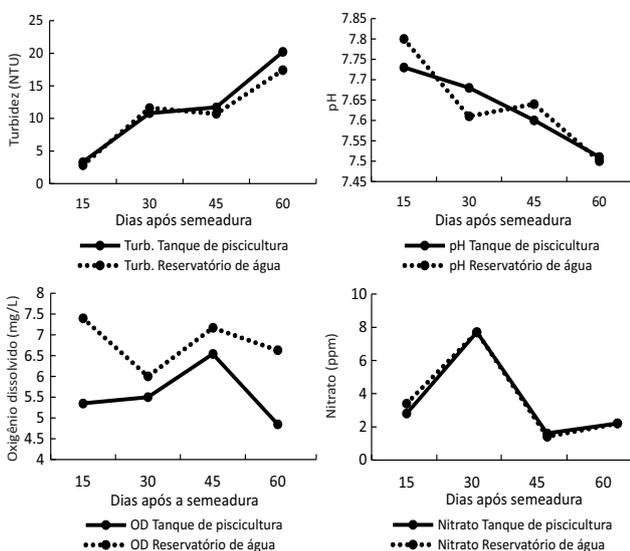


Figura 3. Variação do oxigênio dissolvido, pH, turbidez e nitrato no tanque de piscicultura e reservatório de água durante a aquaponia durante 60 dias de cultivo de *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*, em integração com juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*, por 90 dias. / **Figure 3.** Variation of dissolved oxygen, pH, turbidity and nitrate in the fish culture tank and water reservoir during aquaponic with cultivation for 60 days of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa*, in integration with juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*, for 90 days.

Desempenho de crescimento: juvenis de tambaqui *C. macropomum* *A. oleracea* e *L. sativa*

O desempenho de crescimento dos juvenis de tambaqui e do jambu apresentam resultados satisfatórios que indicam o potencial do sistema na aquaponia amazônica, exceto a alface (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho de crescimento de *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*, em integração com juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* por 90 dias. / **Table 3.** Growth performance of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa*, in integration with juvenile tambaqui *Colossoma macropomum* for 90 days).

Variáveis	Tambaqui <i>C. macropomum</i>	
Sobrevivência (%)	100 \pm 0,0	
Ganho em peso individual (g)	0,078 \pm 0,071	
Ganho da biomassa total (kg)	2,8 \pm 0,25	
Conversão alimentar	1,5 \pm 0,2	

Variáveis	<i>A. oleracea</i>	<i>L. sativa</i>
Sobrevivência (%)	100,00	100,00
Ganho de biomassa ind. (g)	76,42 \pm 27,63	57,24 \pm 33,18
Ganho de biomassa total (kg)	10,54 \pm 6,82	7,89 \pm 4,5
Peso médio da parte aérea (g)	63,70 \pm 21,57	59,84 \pm 24,63

Composição nutricional de *A. oleracea* e *L. sativa*

As plantas apresentaram deficiência de potássio e cálcio podendo ser notada visualmente nas suas folhas (Tabela 4) (Figura 4).

Tabela 4. Composição nutricional de *Acmella oleracea* e *Lactuca sativa*, em integração com o cultivo de juvenis *Colossoma macropomum* por 90 dias. / **Table 4.** Nutritional composition of *Acmella oleracea* and *Lactuca sativa*, in integration with cultivation of juvenile *Colossoma macropomum* for 90 days).

Nutrientes	<i>A. oleracea</i>		<i>L. sativa</i>	
	Experimento	Referencial	Experimento	Referencial
Nitrogênio (N)	44,64	30 a 50	29,13	30 a 50
Fósforo (P)	4,82	4 a 10	4,37	4 a 7
Potássio (P)	9,78	40 a 90	11,47	50 a 80
Cálcio (Ca)	7,85	8 a 15	11,93	15 a 25
Magnésio (Mg)	4,67	2 a 6	4,41	4 a 6
Zinco (Zn)	68,3	40 a 100	35,8	30 a 100
Manganês (Mn)	68,4	40 a 200	35,8	30 a 150
Ferro (Fe)	172,2	100 a 1100	140,1	50 a 150
Cobre (Cu)	194,6	4 a 35	197,1	7 a 20



Figura 4. Deficiência nutricional das plantas: A) *Lactuca sativa* e B) *Acmella oleracea*, durante a aquaponia em integração com juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*. / **Figure 4.** Nutritional deficiency of plants: A) Lettuce *Lactuca sativa* L. and B) Jambu *Acmella oleracea*, during aquaponics in integration with juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*.

DISCUSSÃO

A temperatura da água foi adequada para os juvenis de tambaqui, entretanto foi prejudicial para as plantas, tendo em vista que em temperaturas elevadas, os vegetais tendem a ficar amargos, pendoar precocemente e afetar a disponibilidade de nutrientes (GODDEK, 2019).

Os níveis de oxigênio dissolvido nos tanques de piscicultura e no reservatório apresentaram médias entre 6,88 e 5,55 mg/L, acima, portanto, daqueles normalmente observados em cultivos aquapônicos (RAKOCY, 2007; GRABER; JUNGE, 2009; PINHO et al., 2018; SILVA et al., 2020) e suprimam as demandas necessárias para a criação de juvenis de tambaqui (CORRÊA et al., 2018).

O aumento de turbidez durante o experimento relaciona-se com a quantidade de matéria orgânica, sólidos totais e algas no sistema de aquaponia, que reduzem o oxigênio por meio dos seus processos físico-químicos (VASCONCELOS et al., 2021). Com isso, é necessário fornecer uma quantidade de ração adequada para os peixes para não sobrecarregar o sistema de filtragem e manter a qualidade de água, ou ajustar o tamanho e substrato utilizado (EBELING; TIMMONS, 2012). Apesar da variação da turbidez, os sólidos suspensos do tanque de piscicultura apresentam uma quantidade dentro do limite recomendado para o tambaqui (CÔRREA et al., 2018).

O efluente apresentou uma condutividade elétrica abaixo do que se recomenda para o jambu (FURLANI et al., 1999) e para a alface (GUSMÃO; GUSMÃO, 2013). A ração utilizada no experimento teve como espécie alvo única e exclusivamente, os juvenis de tambaqui, o que ocasiona na quantidade inadequada de nutrientes essenciais para o completo desenvolvimento das plantas.

O pH foi ideal para o desenvolvimento de peixes e bactérias presentes no sistema de filtragem. Porém, prejudicou a taxa de absorção das plantas, uma vez que o pH acima de 7,5 interfere diretamente na solubilidade e disponibilidade de nutrientes na água para as plantas tais como P, Fe, Mn, B, Cu e Zn (RESH, 2012). O recomendado para sistemas de aquaponia, é uma faixa de pH entre 6,5 e 7,0, o que aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas e melhora suas taxas de absorção (SING; DUNN; PAYTON, 2019).

Os compostos nitrogenados foram abaixo dos valores críticos para o tambaqui (CORRÊA et al., 2018), sendo que o nitrato apresentou uma elevada concentração na solução nutritiva que beneficia o crescimento das plantas, pois é a forma mais acessível de nitrogênio para os vegetais e são importantes no crescimento foliar (SOMERVILLE et al., 2014). Além disso, é o composto menos tóxico e dependendo do pH, salinidade e espécies de aquicultura, não deve exceder 50 mg/L (TIDWELL, 2012).

Em relação ao desempenho dos peixes, o cultivo integrado com as hortaliças não ocasionou mortalidade de peixes, tendo em vista que o tambaqui apresentou rusticidade durante o ciclo de cultivo, em que os animais apresentaram sobrevivência superior a 99,0%, o que corrobora com os estudos prévios (MARCIEL et al., 2013; SOUZA et al., 2014; CORRÊA et al., 2018; SILVA et al., 2020).

A conversão alimentar apresentou melhor desempenho quando comparada com sistema de aquaponia que utilizou juvenis de tambaqui maiores (LIMA et al., 2019). Os valores próximos a 1 sugerem que houve um consumo satisfatório para o crescimento dos peixes (SILVA; FUJIMOTO, 2015), corroborando outros estudos sobre o cultivo de tambaqui integrado com cultivo de alface (SILVA et al., 2020). Dessa forma, os estudos com juvenis de juvenis de tambaqui revelam que este índice zootécnico pode variar com o sistema adotado e com o tamanho do peixe utilizado nos estudos (SOUZA et al., 2014; GARCEZ et al., 2021).

A alface apresentou baixo desempenho produtivo quando comparado com outros estudos utilizando essa mesma espécie em cultivos hidropônicos, em diferentes períodos de ciclo (SILVA et al., 2020; STERZELECKI et al., 2021; ANI et al., 2022). A produção de alface na aquaponia amazônica pode ser prejudicada, principalmente nos meses de estiagem, o que acarreta em aumento no risco de parafusamento precoce, queima de ponta e formação de látex (BLIND et al., 2018). Dessa forma, recomenda-se utilizar uma tela de sombreamento com maior micra, para reduzir a radiação solar e melhorar o desempenho produtivo da alface (ILIC et al., 2017).

A temperatura não afetou o desempenho produtivo do jambu, quando comprado com outros sistemas de cultivos (FARIAS et al., 2010; BORGES et al., 2015; GAIA et al., 2020), indicando essa planta com potencial a ser explorado na aquicultura amazônica. A condição climática natural para o crescimento dessa hortaliça requer preferencialmente clima quente e úmido com temperaturas preferencialmente acima de 25 °C (BRASIL, 2010). Apesar da condição climática favorável, também se recomenda o uso de tela de sombreamento para se obter um desempenho satisfatório (NEVES et al., 2013).

No que diz respeito aos nutrientes absorvidos pelas plantas, houve uma deficiência de potássio e cálcio podendo ser identifi-

cada por meio da clorose nas folhas, o que corrobora outros estudos quando há a omissão desses nutrientes durante o cultivo de jambu (SAMPAIO et al., 2019; TRINDADE et al., 2020) e alface (CARVALHO et al., 2018). A ração ofertada no sistema aquapônico é direcionada para o desempenho dos peixes e apresenta baixas quantidades de potássio e cálcio quando comparadas com outros minerais, o que torna a solução nutritiva inadequada. Além disso, o tipo de substrato e a retenção solar por meio das telas de sombreamento também podem influenciar a composição nutricional das plantas (KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

No que tange à alface, a coloração é comumente denominada de *tipburn*, que além da deficiência de cálcio, também pode ser resultante das temperaturas elevadas (KUZAMAKI et al., 2022). Diversos estudos foram realizados para identificar a solução nutritiva ideal para a espécie e concluíram que a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) (ZANDVAKILI et al., 2019) e o uso de carbonato de cálcio como tamponantes (WEIL et al., 2020) podem ser metodologias adequadas para o crescimento das plantas sem deficiências.

O potássio e o cálcio também são nutrientes limitantes do crescimento do jambu (TRINDADE et al., 2020). Entretanto, estudos sobre o desempenho produtivo em função das variações de nutrientes na solução nutritiva (RODRIGUES et al., 2014; SAMPAIO et al., 2021; SAMPAIO et al., 2021b) são necessários para otimizar a produção, tendo em vista o potencial da espécie em uma aquaponia amazônica.

CONCLUSÕES

O cultivo de jambu e alface não afetou a criação de juvenis de tambaqui, porém, a alface apresentou resultados de crescimento insatisfatórios quando comparados com outros sistemas de produção, diferente do que ocorreu com o jambu, que mostrou potencial a ser utilizado na aquaponia amazônica. Entretanto, recomenda-se realizar uma suplementação mineral para suprir a deficiência de potássio e cálcio das espécies de plantas, para evitar a clorose foliar e otimizar o seu desempenho produtivo.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ANI, J. S.; MANYALA, J. O.; MASESE, F. O.; FITZSIMMONS, K. Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponic system integrated with lettuce (*Lactuca sativa*). *Aquaculture and Fisheries*, v. 7, n. 3, p. 328-335, 2022.
- DE ARAÚJO, I. F.; DE ARAÚJO, P. H. F.; FERREIRA, R. M. A.; SENA, I. D. S.; LIMA, A. L.; CARVALHO, J. C. T.; SOUTO, R. N. P. Larvicidal effect of hydroethanolic extract from the leaves of *Acmella oleracea* LRK Jansen in *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *South African Journal of Botany*, v. 117, p. 134-140, 2018.
- ARAÚJO, J. M.; CUNHA, H. P. S.; CASAIS, L. K. N.; AVIZ, R. O.; PONCE, F. S.; NUNES, K. N. M.; ARAÚJO, L. A.; BORGES, L. S. Curva de absorção de nutrientes em jambu (*Spilanthes oleracea* L.), cultivado em sistema hidropônico. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.5, p.553-564, 2021.
- BLIND, A. D.; ARAUJO, F. S.; RODRIGUES FIGUEIREDO, J. N.; SILVA FILHO, D. F. Elongação precoce do caule em plântulas de alface americana. *Global Science and Technology*, v. 10, n. 2, p. 49-57, 2018.
- BORGES, L.; GOTO, R.; NUNES, K.; VIANELLO, F.; LIMA, G. Concentração das atividades antioxidantes em plantas de jambu, cultivadas sob adubação orgânica e mineral. *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, n. 22, 2015.
- BORGES, L. S.; DELGADO, C. H. O.; CASAIS, L. K. N.; NUNES, K. D. N. M.; JACQUES, R. A.; LIMA, G. P. P. Composição química e potencial antifúngico do óleo essencial de jambu sob adubação orgânica e convencional. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 461-470, 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. *Manual de hortaliças não-convencionais*. Brasília: Mapa/ACS, 2010.
- CARDOSO, M. O.; GARCIA, L. C. Jambu (*Spilanthes oleracea* L.). In: Cardoso, M.O. (Coord.) Hortaliças não-convencionais da Amazônia. Embrapa-SPI, Brasília; Embrapa CPAA, Brasil. p. 133-140, 1997.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. *Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015.

- CARVALHO, R. S. C.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 311-321, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.028>
- CASTELLANI, D.; BARRELLA, W. Impactos da atividade de piscicultura na Bacia do Rio Ribeira de Iguape, SP–Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2018.
- CLAESSEN, M.E.C. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997.
- CORRÊA, R. O.; SOUSA, A. R. B.; MARTINS JUNIOR, H. Criação de tambaquis. **Embrapa Amazônia Oriental-Fôlder/Folheto/Carlilha (INFOTECA-E)**, 2018.
- DALAZEN, G. B.; FREITAS SIA, E.; MOTA, C. M.; BENTES, J. R.; BARROS, I. B. A avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em Santarém, Oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 40-56, 2020.
- DE-CARVALHO, H. R. L.; SOUZA, R. A. L.; CINTRA, I. H. A. A aquicultura na microrregião do Guamá, Pará, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 1-6, 2013.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B. **Recirculating aquaculture**. Nova York: Cayuga Aqua Ventures, 2012.
- EFFENDI, H.; WAHYUNINGSIH, S.; WARDIATNO, Y. The use of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. longifolia) in water recirculation system. **Applied Water Science**, v. 7, n. 6, p. 3055-3063, 2017.
- EMBRAPA. 2018. Jamba: A hortaliça produz dormência nos lábios deixada pelas flores da planta. Disponível em <https://www.embrapa.br/embrapa-no-cirio/jamba> (Acesso em 14/04/2022).
- FARIAS, V. D. S.; MOREIRA, S. D.; GOMES, R. F.; SILVA, J. P.; SOUZA, G. T.; GUSMÃO, S. A. L. Rendimento de variedades de jamba (*Acmella oleracea*) conduzidas em solo e hidroponia NFT. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, julho, 2010.
- FERREIRA, S. M. M.; MUNIZ, C. C. S.; ANDRADE, F. L. D. N.; GOMES, R. F.; SANTOS, L. D. S. Jamba varieties performance under shading screens. **Revista Ceres**, v. 68, p. 390-395, 2021.
- FERRI, L. S.; SOUZA, W. de; BRAZ FILHO, M. dos S. P. Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos. **Incaper Revista**, v. 9, p. 66-78, 2018.
- FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 52p. 1999.
- GAIA, C. D. C.; SAMPAIO, I. M. G.; DOS SANTOS ARAÚJO, M.; MAGALHÃES, J. M. C.; DO ROSÁRIO, R. G. A.; DE MELO SOUZA, R. O. R. Crescimento e produção do jamba submetido a lâminas de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020.
- GARCEZ, J. R.; NÓBREGA, V. S. L.; TORRES, T. P.; SIGNOR, A. A. Cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede: Aspectos técnicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e45810817560-e45810817560, 2021.
- GODDEK, S. et al. **Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future**. Springer: Nature, 2019.
- GOMES, A. C. S.; PALHETA, G. D. A.; ARAUJO, D. G.; MATOS RIBEIRO, L.; FAIAL, K. D. C. F.; GAMA, M. A. P. Avaliação de teor de metais pesados em cultivo de jamba (*Acmella oleracea* [(L) R. K Jansen]) com sedimento de viveiro de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e515992866-e515992866, 2020.
- GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, p. 147-156, 2009.
- GREENFELD, A.; BECKER, N.; MCILWAIN, J.; FOTEDAR, R.; BORNMAN, J. F. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 848-862, 2019.
- GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L. **Jamba da Amazônia (Acmella oleracea): Características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico**. Belém: EDUFRA, 2013.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas-relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2018.
- HOAGLAND, D. R. et al. The water-culture method for growing plants without soil. **California agricultural experiment station**, v. 347, n. 2, 1950.
- HOMMA, A. K. O.; SANCHES, R. S.; MENEZES, A. J. E. A.; GUSMÃO, S. A. L. Etnocultivo do Jamba para abastecimento da cidade de Belém, Estado do Pará. In: HOMMA, A.K.O (ed). **Extrativismo vegetal na Amazônia história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília: Ed. EMBRAPA, Distrito Federal, 2014, p. 329-343.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal 2020. Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 1-12, 2021.
- ILUĆ, Z. S.; MILENKOVIĆ, L.; ŠUNIĆ, L.; BARAĆ, S.; CVETKOVIĆ, D.; STANOJEVIĆ, L.; MASTILOVIĆ, J. Bioactive constituents of red and green lettuce grown under colour shade nets. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 937-944, 2019.
- KAISER, C.; ERNST, M. **Hydroponic lettuce**. University Of Kentucky College Of Agriculture: Food and Environment, 2012.
- KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2603-2607, 2003.
- KUMAZAKI, T. Effects of temperature variations during light period on growth and tipburn incidence of hydroponic leaf lettuce grown under artificial lighting. **Environmental Control in Biology**, v. 60, n. 1, p. 53-60, 2022.
- LIMA, J. D. 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.
- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2018.
- MARCIEL, E. C. D. S.; FEITOSA, K. C. D. O.; CORRÊA NETO, C. R.; MACEDO, F. F.; MATTIOLI, W. O.; ABIMORAD, E. G.; ABREU, J. S. D. Desempenho produtivo e parâmetros fisiológicos de juvenis de pacu criados em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 185-194, 2014.
- MELO, C.; ZACARDI, D. M.; PAIVA, R. S.; NAKAYAMA, L. Diagnóstico da piscicultura na mesorregião Sudeste do Estado do Pará. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 10, n. 1, p. 55-65, 2010.
- NEVES, D. A.; SCHMIELE, M.; PALLONE, J. A. L.; ORLANDO, E. A.; RISSO, E. M.; CUNHA, E. C. E.; GODOY, H. T. M. Chemical and nutritional characterization of raw and hydrothermal processed jamba (*Acmella oleracea* (L) RK Jansen). **Food Research International**, v. 116, p. 1144-1152, 2019.
- NEVES, J. F.; DIAS, L. D. E.; SEABRA JÚNIOR, S.; BORGES, L. S.; LOURENÇÃO, W. A. P. Cultivo de jamba em campo aberto sob telas de sombreamento e termo-refletoras. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17; p. 926-933, 2013.
- O' DE ALMEIDA, C. R. M.; SOUZA, R. A. L. Aquicultura no Nordeste Paraense, Amazônia Oriental (Brasil). **Boletim Técnico Científico do Ceqnor**, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2014.
- OLIVEIRA BRITO, A. E.; SILVA, C. S. M. Atividade antimicrobiana de extratos vegetais de especiarias do norte do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e52011226047-e52011226047, 2022.
- PINHO, S. M.; MELLO, G. L.; FITZSIMMONS, K. M.; EMERENCIANO, M. G. C. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. **Aquaculture International**, v. 26, n. 1, p. 99-112, 2018.
- RAKOCY et al., Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.
- RESH, H. M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower**. CRC press, 2012.
- RODRIGUES, D. S.; CAMARGO, M. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A.; CORREA, J. N.; VIDAL, T. C. M. Influence of the fertilization with nitrogen and phosphorus in the production of jamba (*Acmella oleracea* (L) RK Jansen). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1, p. 71-76, 2014.
- SAMPAIO, I. M. G.; SILVA JÚNIOR, M. L.; MORAES BITTENCOURT, R. F. P.; NETO, H. D. S. L.; SOUZA, D. L.; NUNES, F. K. M.; FIGUEIREDO, S. P. R. Sintomas de deficiências nutricionais e produção de massa seca em plantas de jamba (*Acmella oleracea*) submetidas as omissões de nutrientes. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31549-31563, 2019.
- SAMPAIO, I. M. G. et al. Production and postharvest quality of jamba in hydroponics under nitrogen application in nutrient solution. **Revista Ciência Agrônomoica**, v. 52, 2021a.
- SAMPAIO, I. M. G.; SILVA JÚNIOR, M. L. D.; BITTENCOURT, R. F. D. M. P.; SANTOS, G. A. M. D.; LEMOS NETO, H. D. S. Productive and physiological responses of jamba (*Acmella oleracea*) under nutrient concentrations in nutrient solution. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 65-71, 2021b.
- SILVA, C. A.; FUJIMOTO, R. Y. Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazonica**, v. 45, p. 323-332, 2015.
- SILVA, T. B. F.; SANTOS SILVA, R. R.; NASCIMENTO PINTO, F. E.; SILVA-MATOS, R. R. S.; CORDEIRO, K. V.; PEREIRA, A. M.; LOPES, J. M. Criação de tambaqui associado à hidroponia em sistema de recirculação de água. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e543997543-e543997543, 2020.
- SILVA, W. L. M.; FROZZI, J. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, A. L.; SALVADOR, J. S. P.; RIBEIRO, P. N. T.; CAMPOS, M. C. C. Sustentabilidade na aquicultura: dimensões social, econômica e ambiental—uma revisão de literatura. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio ambiente**, v. 20, n. 1, 2018.
- SINGH, H.; DUNN, B.; PAYTON, M. Hydroponic pH modifiers affect plant growth and nutrient content in leafy greens. **Journal of Horticultural Research**, v. 27, n. 1, 2019.
- SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A. & LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome: FAO, 2014.
- SONODA, D. Y.; FRANÇA, E. D.; CYRINO, J. E. P. Modelo de preço de ração para peixe no período de 2001 a 2015. **Revista Ipecege**, v. 2, n. 3, p. 57-71, 2016.
- SOUZA, R. A.; SOUZA, A. S. L. A Piscicultura no Marajó, Pará, Amazônia Oriental, Brasil. **Boletim Técnico Científico do Ceqnor**, v. 15, n. 1, p. 23-29, 2015.
- SOUZA, R. C.; CAMPECHE, D. F. B.; CAMPOS, R. M. L.; FIGUEIREDO, R. A. C. R.; MELO, J. F. B. Frequência de alimentação para juvenis de tambaqui. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, 927-932, 2014.
- STERZELECKI, F. C.; SANTOS, G. R.; GUSMÃO, M. T. A.; CARVALHO, T. C. C.; REIS, A. R.; GUIMARÃES, R.; PALHETA, G. D. A. Effects of hydroponic supplementation on Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862) and lettuce seedling (*Lactuca sativa* L.) development in aquaponic system. **Aquaculture**, v. 543, p. 736916, 2021.
- SUDO, A. et al. Avaliação do consórcio de cenoura com alface em sistema orgânico de produção. **Comunicado técnico**, n. 17. P. 1–6, dez 1997.
- TIDWELL, J. H. **Aquaculture production systems**. UK: John Wiley & Sons, 2012.
- TRINDADE, P. S.; OLIVEIRA FILHO, A. D.; SOUSA FARIAS, E.; SANTOS, P. A.; LIMA SENA, W. Avaliação da Produção de Fitomassa e Sintomas de Deficiência na Cultura do Jamba [*Acmella oleracea* (L) RK Jansen] Cultivado Sob Omissão de Macronutrientes e Ferro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1555-1571, 2020.
- TROMBETA, T. D.; SILVA, W.; ZARZAR, C. A.; REIS, B. P. Caracterização produtiva e análise do ambiente institucional da piscicultura em Monte Alegre–Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5473-5497, 2020.
- VASCONCELOS, V. M.; MORAIS, E. R. C.; FAUSTINO, S. J. B.; HERNANDEZ, M. C. R.; GAUDÊNCIO, H. R. D. S. C.; MELO, R. R.; BESSA JUNIOR, A. P. Floating aquatic macrophytes for the treatment of aquaculture effluents. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 3, p. 2600-2607, 2021.
- WEIL, S.; BARKER, A. V.; ZANDVAKILI, O. R., & ETEMADI, F. Plant growth and calcium and potassium accumulation in lettuce under different nitrogen regimes of ammonium and nitrate nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 2, p. 270-281, 2021.
- ZANDVAKILI, O. R.; BARKER, A. V.; HASHEMI, M.; ETEMADI, F.; AUTIO, W. Comparisons of commercial organic and chemical fertilizer solutions on growth and composition of lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 9, p. 990-1000, 2019.