

Produção integrada de tambaqui com hortaliças em residência urbana

Integrated production of tambaqui and leafy vegetables in urban houses

Producción integrada de tambaqui con hortalizas en residencia urbana

Recebido: 31/05/2022 | Revisado: 13/06/2022 | Aceito: 16/06/2022 | Publicado: 28/06/2022

Graziele Felix de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9311-3394>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil

E-mail: grazielefelfelix97@gmail.com

Isis Lazzarini Foroni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6390-6510>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil

E-mail: isis.foroni@ifro.edu.br

Marcos Antonio de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7088-3211>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: oliveira@zootecnista.com.br

Resumo

A aquaponia surge como uma alternativa para produção de alimento, a qual é gerida pelo princípio da produção sustentável, com uma visão de respeito ao meio ambiente e atendimento as atuais demandas de um mercado consumidor mais consciente e exigente. Essa técnica de produção se refere à integração entre a criação de peixes, e o cultivo de vegetais e/ou hortaliças hidropônicas. O presente estudo teve como objetivo demonstrar de maneira clara e objetiva para a população a possibilidade de produzir peixes e hortaliças em pequenos espaços, principalmente nos centros urbanos. A espécie de peixe modelo foi o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e as hortaliças modelos foram a alface (*Lactuca sativa*), a rúcula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), o almeirão (*Cichorium intybus sub sp. Intybus*) e o agrião (*Nasturtium officinale*). Os dados coletados mostraram bons resultados quanto ao crescimento dos peixes e das hortaliças, trazendo informação sobre o desenvolvimento e cultivo em sistemas aquapônicos urbanos de baixo custo. Acreditamos que esses resultados serão de grande valia para a população em geral e que os mesmos possam aumentar o interesse nessa modalidade de produção de alimentos saudáveis e com baixo custo.

Palavras-chave: Aquaponia; Tambaqui; Hortaliças; Desenvolvimento sustentável.

Abstract

Aquaponics emerges as an alternative for food production, which is managed by the principle of sustainable production, with a view of respect for the environment and comply with the current demands of a more conscious and demanding consumer market. This production refers to the integration between fish farming and the cultivation of hydroponic vegetables and/or leafy vegetables. The present study aimed to clearly and objectively demonstrate to the population the possibility of producing fish and vegetables in small spaces, especially in urban centers. The model fish species was tambaqui (*Colossoma macropomum*) and the model leafy vegetables were lettuce (*Lactuca sativa*), arugula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), chicory (*Cichorium intybus sub sp. Intybus*) and watercress (*Nasturtium officinale*). The collected data showed good results regarding the growth of fish and leafy vegetables, providing information on the development and cultivation in low-cost urban aquaponic systems. We believe that these results will be of great value to the general population and that they will increase interest in this modality of healthy and low-cost food production.

Keywords: Aquaponics; Tambaqui; Leafy vegetables; Sustainable development.

Resumen

La acuaponía surge como una alternativa para la producción de alimentos, la cual se maneja bajo el principio de producción sustentable, con una visión de respeto al medio ambiente y atendiendo las demandas actuales de un mercado consumidor más consciente y exigente. Esta técnica de producción hace referencia a la integración entre la piscicultura y el cultivo de hortalizas y/o vegetales hidropónicos. El presente estudio tuvo como objetivo demostrar de manera clara y objetiva a la población la posibilidad de producir pescado y hortalizas en espacios reducidos, especialmente en los centros urbanos. La especie de pez modelo fue el tambaqui (*Colossoma macropomum*) y las hortalizas modelo fueron la lechuga (*Lactuca sativa*), la rúcula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), la achicoria (*Cichorium intybus sub sp. Intybus*) y el berro (*Nasturtium officinale*). Los datos recopilados mostraron buenos resultados en cuanto al crecimiento de peces y vegetales, brindando información sobre el desarrollo y cultivo de vegetales y peces en sistemas acuapónicos urbanos de bajo costo. Creemos que estos resultados serán de gran valor para la población en general y aumentarán el interés por esta modalidad de producción de alimentos saludables y bajo costo.

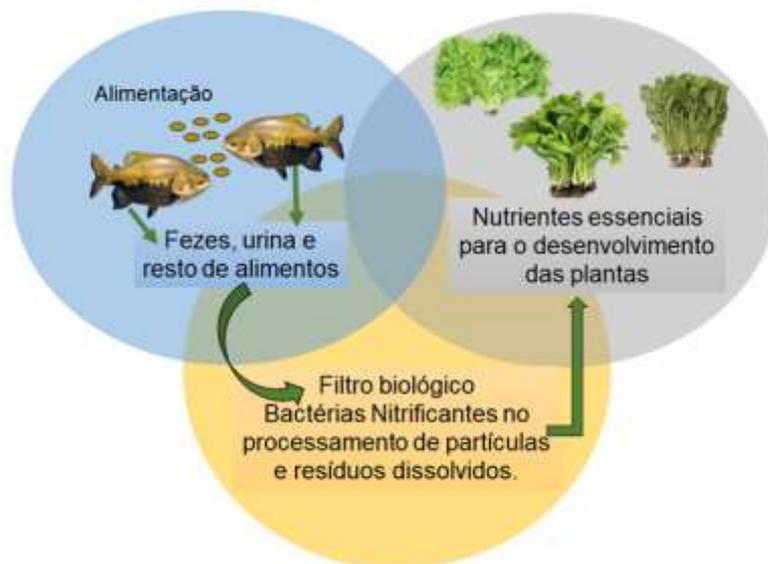
Palabras clave: Acuaponia; Tambaqui; Hortalizas; Desarrollo sustentable.

1. Introdução

Atualmente estão se implementando novas tecnologias na produção de alimentos ecologicamente e economicamente sustentáveis, que podem ser praticadas principalmente nos centros urbanos. Dentre essas, a aquaponia surge como alternativa para produção de alimentos, a qual é gerida pelo princípio da produção sustentável, com uma visão de respeito ao meio ambiente e atendimento as atuais demandas dos mercados consumidores mais conscientes e exigentes no que diz respeito às práticas voltadas a sustentabilidade. A aquaponia é a técnica de produção que se refere à integração da criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais, hortaliças hidropônicas e plantas medicinais (Tyson, et al., 2008; Endut et al., 2010; Tyson, et al. 2011; Love et al., 2014; Goddek et al., 2015; Atique et al., 2022).

Dentre as principais vantagens dessa técnica de produção, pode-se destacar a não utilização de agrotóxicos e adubos químicos, e se ocorrer a utilização de alimentação alternativa para os peixes, a produção pode ser considerada agroecológica e orgânica com alto valor nutritivo e comercial. Além disso, outro benefício dos sistemas aquapônicos é a de utilizar até 80% menos água que o cultivo tradicional (por exemplo, piscicultura em tanques escavados, produção de verduras e legumes em hortas com irrigação) (Endut et al., 2010; Sayara et al., 2016; Pinho et ali., 2021). Desta maneira, a aquaponia gera menor impacto ao meio ambiente pelo uso racional de água e pela minimização da geração e descargas de efluentes no solo e nas águas. A alimentação recebida pelos animais é convertida em tecido muscular e as sobras bem como as excretas dos animais servem de nutrientes para o cultivo de hortaliças. Resíduos tóxicos são processados por bactérias presentes no filtro e no sistema (Figura 1).

Figura 1. A integração do cultivo de tambaqui com hortaliças é um sistema altamente eficiente e sustentável.



Fonte: Autores.

Outro ponto se diz respeito à crescente busca da população pela alimentação saudável, o que se torna necessário realizar estudos na área da aquaponia, para que através das pesquisas, sejam levadas informações confiáveis para a população que procura produzir e consumir alimentos ambientalmente sustentáveis em sua própria residência, configurando assim, alimentação com biossegurança.

Contudo, existem poucos estudos relacionados à aquaponia, dessa forma, pesquisas ainda são necessárias, principalmente as que são voltadas para a definição de parâmetros básicos para que sejam avaliados por exemplo, a taxa de lotação, a capacidade de suporte do sistema ou até mesmo a melhor integração entre espécies de peixes e plantas (Buss et al.,

2015; Maucieri et al., 2019; Pinho et al., 2021; Atique et al., 2022). Sendo assim, objetivou-se com a presente pesquisa, demonstrar de maneira clara e objetiva para a população a possibilidade de produzir peixes e hortaliças em pequenos espaços, principalmente nos centros urbanos, além de levar informações sobre o desenvolvimento e cultivo das hortaliças e dos peixes, para que aumente o interesse nessa modalidade de produção de alimentos saudáveis e de baixo custo.

2. Metodologia

2.1 Caracterização do sistema

A pesquisa foi realizada por meio de uma abordagem quantitativa, em relação aos objetivos o estudo é descritivo e tratando de procedimentos, o estudo foi realizado através de uma pesquisa-ação. Os experimentos foram realizados em residência modelo situada na rua Pedro Kemper, Bairro Brizon, Cacoal, Rondônia. A espécie de peixe modelo foi o tambaqui (*C. macropomum*) e as hortaliças modelo foram a alface (*L. sativa*), a rúcula (*E. vesicaria ssp. Sativa*), o almeirão (*C. intybus sub sp. Intybus*) e o agrião (*N. officinale*). Os experimentos com os animais foram realizados de acordo com o protocolo N° 003/2020, submetido e aprovado pelo CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Cacoal.

Para a montagem do sistema foram adquiridos 80 tambaquins juvenis em torno de 5 meses de idade. Os peixes e as hortaliças foram colocados no sistema dia 19 dezembro de 2020 e retirados no dia 03 de outubro de 2021, totalizando 288 dias no sistema. Em relação as hortaliças, foram colocadas duas espécies por vez no sistema e retiradas ao fim do seu ciclo produtivo.

Os experimentos foram divididos em duas fases: a primeira fase, denominada fase de aclimação dos animais e criação de um ambiente aquático propício para criação e produção das hortaliças, que foi realizada durante os meses de janeiro, fevereiro e março (Figura 2). Para tanto, utilizou-se 1 caixa plástica com capacidade de 1000 litros, com uma taxa de lotação de 80 animais por m³ (Figura 2A). O sistema de cultivo das hortaliças foi feito no modelo de canaletas. Para isso, utilizou-se 3 canos de PVC de 75 mm com 2 metros cada, onde, em cada cano foram feitos 16 buracos com um raio de 3 cm (Figura 2A-C). As plantas foram distribuídas na proporção de 16 mudas em cada canaleta, sendo intercalada as espécies. Na parte superior, ocupando um terço de cada caixa de cultivo dos peixes foi inserido plantas aquáticas do tipo aguapé (*Eichhornia crassipes*). As plantas foram colocadas para auxiliar no controle térmico, devido as altas temperaturas e também para atuarem na remoção de compostos tóxicos da água (Figura 2C).

Após o período de 3 meses foi iniciado a segunda fase do experimento. Nesta fase foi inserida uma segunda caixa plástica no sistema (Figura 2B). A segunda caixa foi colocada no sistema para que pudéssemos avaliar a melhor taxa de densidade dos peixes para criação na fase de recria. Com isso, após realizarmos a biometria dos animais da fase inicial, os peixes foram assim distribuídos: 50 animais por m³ na caixa 1 e 30 animais por m³ na caixa 2 (Figura 2B,C). Após 90 dias, durante o manejo de biometria dos animais, avaliamos que a taxa de crescimento ainda estava abaixo do esperado para a idade, assim, foi adotado uma nova taxa de densidade nas caixas. Durante a biometria, os animais foram pesados e medidos para que fossem retirados os peixes menores das duas caixas. Desta maneira, a nova taxa de densidade testada foi 20 peixes por caixa. Esta distribuição permitiu determinar uma melhor capacidade de suporte do sistema ao final do experimento.

Figura 2. Protótipos do sistema de aquaponia na primeira (A) e segunda (B) fases dos experimentos. (C) Imagem mostrando o sistema instalado e em funcionamento na residência modelo.



Fonte: Autores.

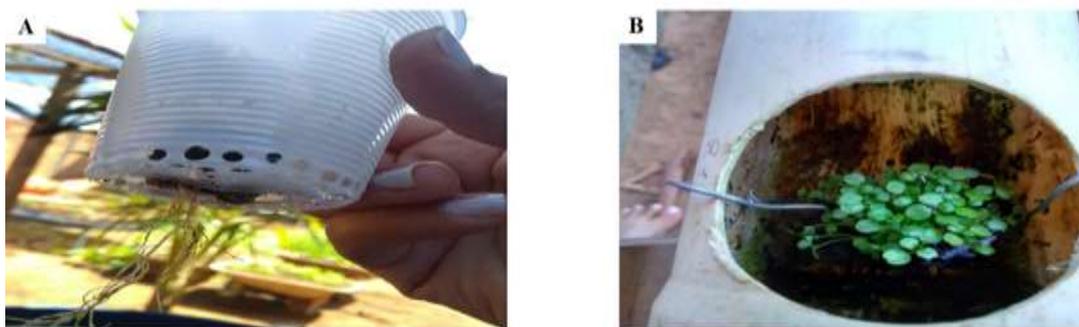
O filtro de sólidos em decantação foi constituído por um tonel de 200 litros, onde em seu interior, para a filtragem da água, colocou-se uma manta acrílica de 1x1m de manta, 10 kg de pedra brita, pedaços de tijolos e telhas (Figura 2A-C). Para o bombeamento do sistema foi utilizado 1 bomba submersa para lagos, que bombeia a água com capacidade de troca de 1000 L/h, do tonel de filtro sólidos para o cultivo das hortaliças, que por nível e gravidade era direcionada à criação dos peixes, favorecendo a oxigenação da água (Figura 2A-C).

2.2 Monitoramento da biomassa animal e vegetal

Os animais foram submetidos a dieta com rações comerciais de acordo com seu peso nas fases de crescimento e indicação do fabricante. A ração era pesada para mensurar a quantidade que deveria ser ofertada para os animais de acordo com sua massa (Silva et al., 2007). Os peixes passaram por biometrias mensais, sendo pesados em balança digital de alta precisão da marca Original Line, e medidos por régua de escala em cm e mm. Durante a fase inicial, o acompanhamento foi realizado para observar a adaptação dos peixes no sistema aquapônico e desenvolvimento dos peixes. Os peixes foram retirados da caixa com um passagua e colocados um a um em uma vasilha plástica, para evitar que caíssem da balança, pesados e medidos.

Para melhor monitoramento das hortaliças, os canos foram enumerados com os números 1,2 e 3. No primeiro ciclo de produção de hortaliças nos canos 1, 2 e 3 foi inserido a alface e a rúcula de forma alternada em copos descartáveis de 150 ml, com o fundo furado e cortado para que a espuma fenólica, em que as mudas de hortaliças se desenvolvem, tivesse contato com a água (Figura 3A). No segundo ciclo de produção foi realizado o mesmo procedimento. No terceiro ciclo de produção, cada cano recebeu um tipo de hortaliça, sendo: cano 1, a alface, no cano 2 o almeirão e no cano 3 o agrião. Neste ciclo de produção o sistema de colocação das hortaliças foi modificado, onde para isso, foi utilizado um arame galvanizado fino atravessando a espuma fenólica amarrado no cano PVC (Figura 3B), para aumentar a área de contato com a água do sistema.

Figura 3. Método de plantio das hortaliças no sistema. (A) Espuma fenólica dentro do copo de 150 ml com o fundo furado e cortado. (B) Espuma fenólica com arame galvanizado atravessando a mesma e amarrada no cano PVC.



Fonte: Autores.

2.3. Monitoramento da qualidade da água

O controle da qualidade de água foi realizado com a utilização de kits de testes comerciais: Labcon Test pH, Labcon Test Amônia Tóxica, Labcon Test O2 Oxigênio Dissolvido e termômetro para medir a temperatura da água (Figura 4). Os testes de qualidade de água foram aferidos uma vez por semana anotados em planilha para o controle. A temperatura foi aferida 3 vezes ao dia, pela manhã, meio dia e final da tarde para determinar a média de temperatura diária. Os demais parâmetros foram determinados no Laboratório RBVEET da cidade de Cacoal.

Figura 4. Testes utilizados no controle de qualidade de água e termômetro culinário.



Fonte: Autores.

2.4 Realização da análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com 20 participantes, onde cada participante recebeu um documento impresso em folha sulfite A4 com perguntas relacionadas as características organolépticas dos alimentos como a textura, coloração e sabor. A análise sensorial com as hortaliças foi realizada a cada ciclo de produção colhido. Já com os peixes foi realizada após abate dos animais. A análise foi realizada após os participantes receberem e consumirem uma amostra de cada tipo de alimento e, responderem as questões (sim) ou (não). Em seguida, os documentos foram coletados e os dados tabelados e analisados. Os critérios de análises foram de acordo com os procedimentos de Stone e Sidel (2004) e Vicenzi Tiepo et al., (2020) com modificações.

2.5 Monitoramento dos custos financeiros do sistema

Para a obtenção e geração de uma tabela com custos de implantação e manutenção do sistema de aquaponia urbana de baixo custo, foram realizadas cotações antes da compra dos produtos afim de obter economia na compra dos mesmos. Os custos foram calculados desde os gastos com instalação, compra dos animais, mudas de hortaliças, ração, compra dos kits de monitoramento da qualidade da água, gasto com energia e gastos com água (calculados em m³) (dados obtidos a partir da concessionária de água e de energia da cidade de Cacoal). Desta forma foi possível mensurar os reais gastos na instalação e manutenção do sistema aquapônico.

2.6 Análises estatísticas

Para o desempenho e crescimento das plantas e dos peixes, a homogeneidade e homocedasticidade dos dados foram determinados, seguido de análise de variância 1-way ANOVA. O teste de Tukey foi aplicado para detectar diferenças significativas entre os tratamentos. Para os parâmetros de desempenho dos peixes, foi aplicado o teste t de Student ($p < 0,05$), respeitando também os pressupostos de normalidade e homogeneidade. Para todas as análises foi utilizado o software GraphPad Prism

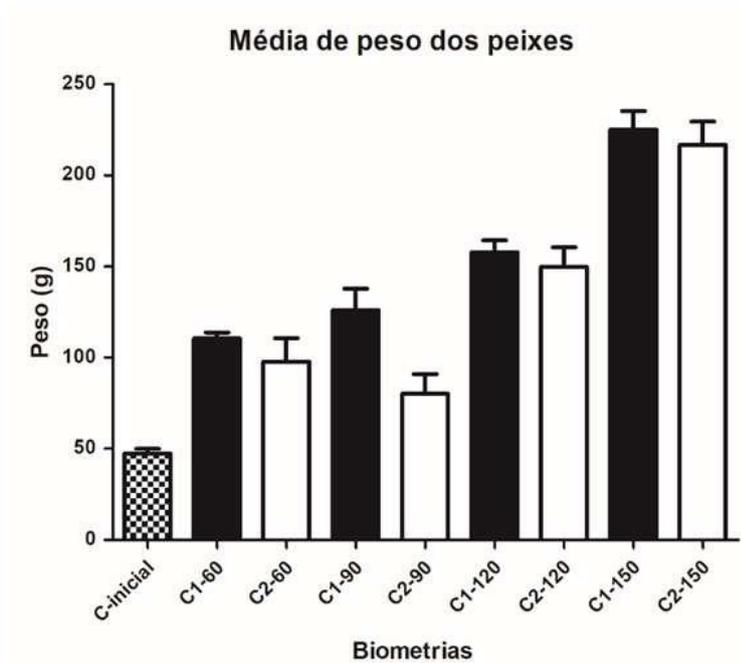
3. Resultados

3.1 Desenvolvimento da biomassa animal e vegetal

Os dados do desenvolvimento e crescimentos dos peixes estão demonstrados na Figura 5. Não foi encontrado diferenças significativas ao final do experimento em relação ao crescimento dos peixes entre as caixas 1 e 2. Durante a primeira fase os peixes apresentaram pouco desenvolvimento, provavelmente devido a taxa de densidade alta, 80 animais por m³ (Figura 5). Após divisão das caixas, ou seja, o início da parte final dos experimentos (segunda fase), os peixes começaram a apresentar uma melhora nos índices de crescimento e desenvolvimento. Os peixes apresentaram crescimento abaixo do esperado até a biometria referente aos 90 dias de experimento. A partir de 120 dias houve um aumento da massa dos peixes, o que seguiu até o abate (Figura 5). Um dado interessante é em relação a biomassa dos peixes da caixa 1 e 2 aos 90 dias (C1-90;C-2-90). Os peixes da caixa 2 apresentaram aproximadamente 80g a menos de massa corporal que os peixes da caixa 2 (Figura 5). No entanto, após os 90 dias, a massa corporal dos peixes da caixa 2 foram próximas da caixa 1, mostrando um ganho compensatório de massa corporal desses animais.

Após a biometria de 120 dias, decidiu-se diminuir novamente a densidade dos animais dentro de cada caixa, selecionando apenas os animais com o melhor desempenho, no intuito de avaliar a melhor taxa de densidade de criação de tambaquis dentro do sistema. Com isso, os animais foram distribuídos na proporção de 20 peixes por m³. Após essa mudança foi possível observar um rápido crescimento dos tambaquis nas duas caixas (Figura 5).

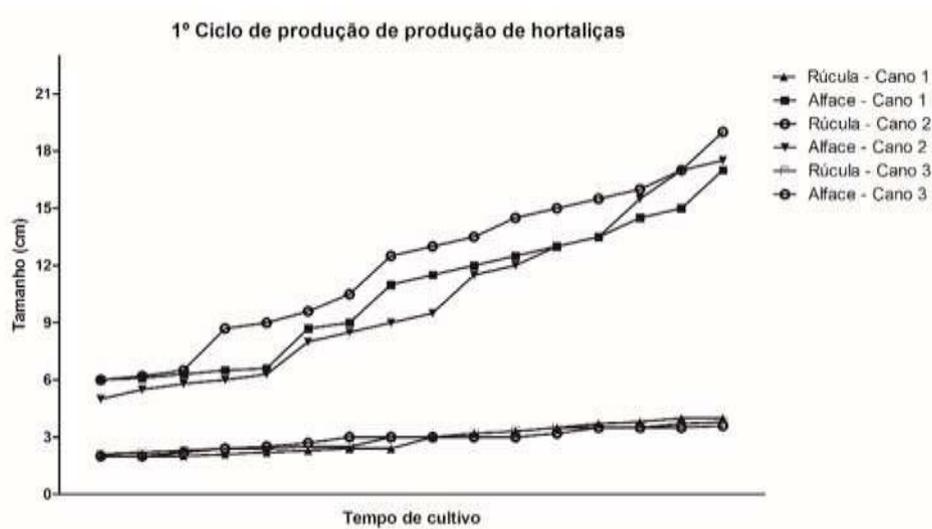
Figura 5. Média de peso dos peixes da caixa 1 (C1) e caixa 2 (C2) ao longo dos dias experimentais (60, 90, 120 e 150 dias).



Fonte: Autores.

Em relação ao desenvolvimento das hortaliças testadas no sistema durante os três ciclos de produção, os resultados iniciais mostram que as plantas não apresentaram um crescimento satisfatório. No primeiro ciclo de produção por exemplo, a alface (Cano1, 2 e 3) se desenvolveu melhor em relação ao almeirão e a rúcula no mesmo tempo de cultivo (Figura 6).

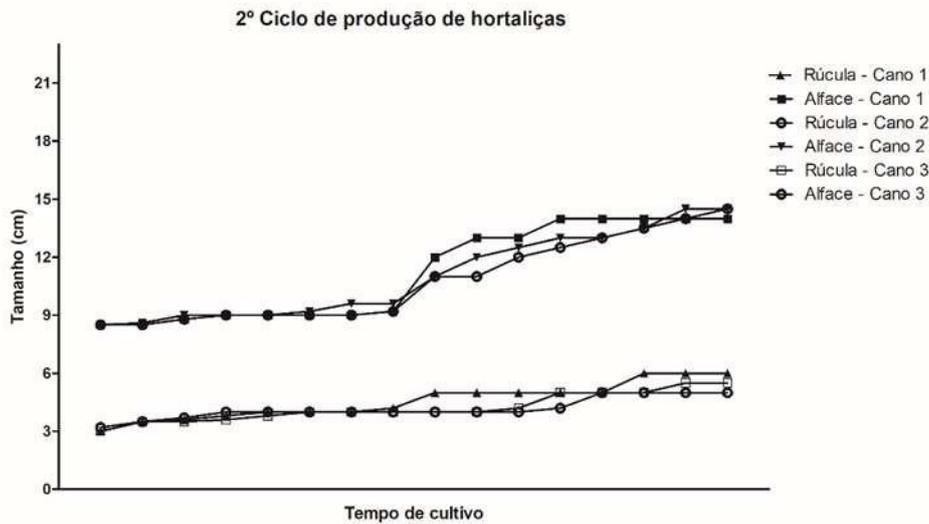
Figura 6. Crescimento da alface e rúcula de acordo com o tamanho em cm e o tempo de cultivo.



Fonte: Autores.

No segundo ciclo, foi colocado no sistema somente a alface e a rúcula, ambas distribuídas de forma alternada nos canos 1, 2 e 3. O resultado obtido foi o mesmo que o ciclo 1, em que a alface se desenvolveu melhor que a rúcula durante o mesmo tempo de cultivo (Figura 7).

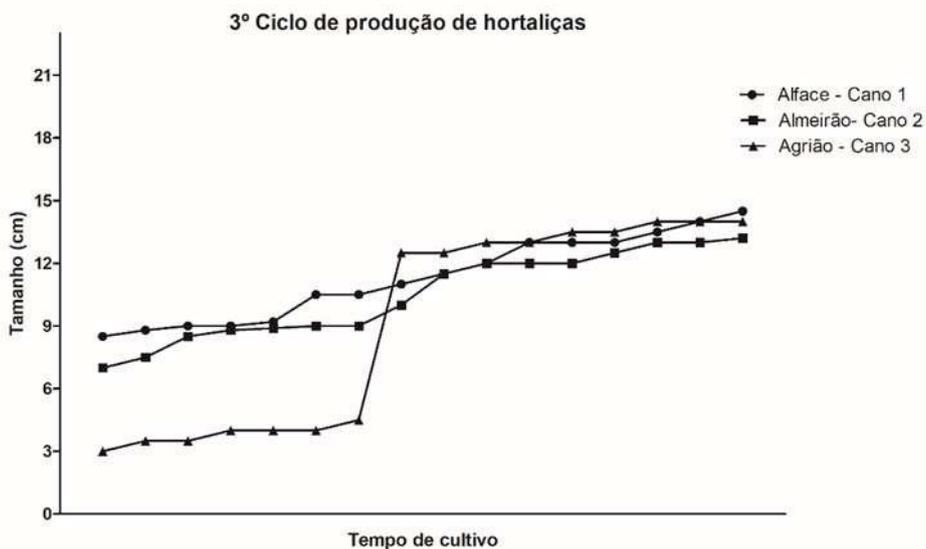
Figura 7. Crescimento da alface e rúcula de acordo com o tamanho em cm e o tempo de cultivo.



Fonte: Autores.

No terceiro e último ciclo foram inseridos no sistema a alface no cano 1, o almeirão no cano 2 e o agrião no cano 3 (Figura 8). Neste ciclo utilizou-se o arame galvanizado como suporte para a espuma fenólica no cano PVC, e foi possível observar melhor desenvolvimento das mesmas, mas não como esperado

Figura 8. Crescimento da alface, almeirão e agrião de acordo com o tamanho em cm e o tempo de cultivo.



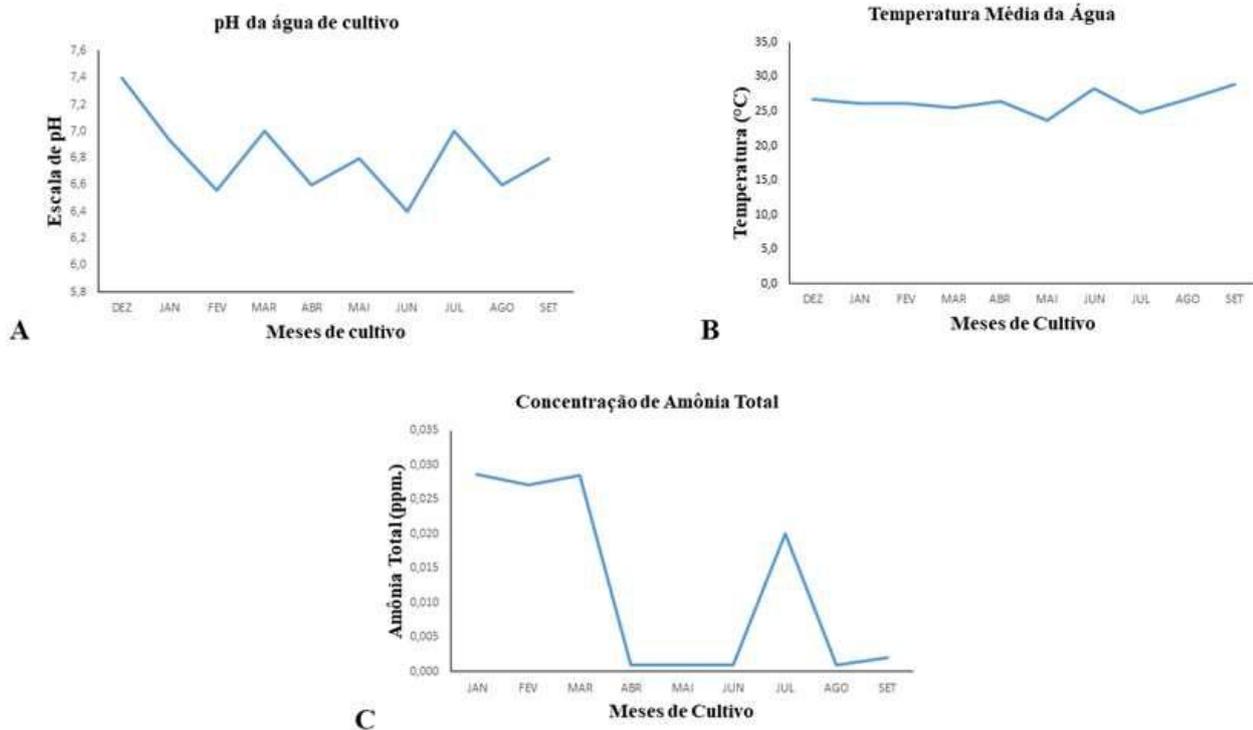
Fonte: Autores.

3.2 Resultados do monitoramento da qualidade da água

As análises da qualidade da água estão demonstradas na Figura 9. Durante toda pesquisa foi realizado o monitoramento da qualidade da água obtendo resultados de pH entre 6,4 a 7,4 (Figura 9A). A temperatura da água se manteve na faixa de 25 a 30°C (Figura 9B). Já a amônia apresentou variações durante os meses de cultivo. As concentrações nos três primeiros meses se manteve elevada entre 0,025 e 0,030 ppm, após esse periodo foi observado a diminuição desses níveis até a estabilidade entre 0,001 e 0,005 ppm durante três meses, no sétimo mês se observou a elevação desse teor de amônia total que logo depois diminuiu e se estabilizou novamente (Figura 9 C). Quanto ao nitrito NO₂, o resultado no sistema foi de 1,15 mg/L.

Já o nitrato apresentou o valor de 20,11 mg/L.

Figura 9. Análises de qualidade da água. (A) Variação média do pH; (B) Variação média da temperatura e (C) concentração de amônia total.



Fonte: Autores.

Em relação ao oxigênio dissolvido, a concentração no sistema foi de 5,22 mg/L (Tabela 1). A dureza da água e a alcalinidade apresentaram concentrações de 28 mg/L 20 mg/L, respectivamente (Tabela 1). Em relação aos outros parâmetros avaliados, os resultados foram favoráveis para garantir as condições ideais de desenvolvimento e crescimentos dos peixes (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos da água no sistema hidropônico. Na tabela são apresentados os dados obtidos durante todo o período experimental e a comparação de cada parâmetro com a recomendação de literatura da área.

PARÂMETROS	RESULTADOS OBTIDOS	RECOMENDAÇÃO*
Oxigênio dissolvido O ₂ D (mg/L)	5,22	4,0 – 8,0 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	0,02	<0,03 mg/L
Nitrato (mg NO ₃ /L)	20,11	<10,00 mg/L
Nitrito (mg NO ₂ /L)	1,15	<0,25 mg/L
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	20,00	>25 mg/L
Materiais Flutuantes (-)	Ausente	-
Turbidez (NTU)	50,52	<100,00
Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	28,00	>25 mg/L
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	65,00	
Ferro Total (mg Fe/L)	0,02	<0,03mg/L
Condutividade Elétrica (mS/cm)	0.09	0,6 – 0,9 mS/cm

Fontes: *Gomes *et al.*, (2010), Mattos *et al.*, (2021), Carneiro *et al.*, (2016).

3.3 Análise sensorial

Diante da procura pela produção sustentável e a alimentação saudável, foi realizada a análise sensorial afim de avaliar as características organolépticas dos alimentos produzidos percebidas pela população da Cidade de Cacoal. Além disso, aproveitamos para disseminar o conhecimento sobre a aquaponia para população. Com isso, realizamos diversas perguntas. A grande maioria dos entrevistados já ouviram falar a respeito de aquaponia, porém não sabiam dos princípios básicos de implementação e manutenção deste tipo de sistema. Os resultados da análise sensorial estão apresentados na Tabela 2. Para melhor entendimento dos participantes em relação as perguntas bem como facilidade para a interpretação e apresentação dos dados, as perguntas foram elaboradas para respostas simples de SIM ou NÃO.

Tabela 2. Perguntas e respostas da análise sensorial realizada.

QUESTIONÁRIO	RESPOSTAS	
	SIM (%)	NÃO (%)
Quanto ao sistema de aquaponia		
<i>Você conhece ou já ouviu falar de aquaponia?</i>	70	30
Quanto ao consumo de verduras		
<i>Você consome verduras mais que uma vez na semana?</i>	70	30
Quanto as características das hortaliças produzidas no sistema de aquaponia		
<i>A sensação percebida sobre a textura da verdura é dura/fibrosa?</i>	50	50
<i>A sensação percebida sobre a textura da verdura é macia/tenra?</i>	50	50
<i>A coloração das folhas é brilhante/viva?</i>	100	0
<i>A coloração das folhas é amarelada?</i>	0	100
<i>A coloração das folhas é esbranquiçada?</i>	0	100
<i>A sensação percebida ao mastigar é mole/molenga?</i>	0	100
<i>A sensação percebida ao mastigar é crocante?</i>	100	0
<i>Você compraria a verdura produzida neste tipo de sistema?</i>	100	0
Quanto ao consumo de pescados		
<i>Você consome peixes mais que uma vez na semana?</i>	50	50
Quanto ao consumo dos peixes produzidos no sistema de aquaponia		
<i>Quanto a textura da carne, a musculatura é firme?</i>	100	0
<i>Quanto a textura da carne, a musculatura é flácida?</i>	0	100
<i>Quanto ao sabor, é bom?</i>	100	0
<i>Quanto ao sabor e cheiro, é rançoso?</i>	0	100
<i>Quanto ao sabor e cheiro, é barroso?</i>	0	100
<i>Quanto ao sabor e cheiro, é normal?</i>	100	0
<i>Quanto a aceitabilidade da carne, você gostou?</i>	100	0
<i>Você compraria peixes produzidos neste tipo de sistema?</i>	100	0
<i>Você implementaria um sistema idêntico em sua residência?</i>	90	10
<i>Você produziria para consumo próprio?</i>	100	0
<i>Você produziria para venda?</i>	50	50

Fonte: Autores.

O conhecimento da população a respeito da aquaponia foi positivo, 70% dos entrevistados conhecem ou ao menos ouviram falar desse sistema. Sobre o consumo de verduras semanalmente, 70% responderam que consomem verduras mais que uma vez na semana. Sobre o consumo de pescados, somente 50% dos participantes da pesquisa consomem essa proteína animal.

Sobre aspectos relacionados a textura, coloração e sensação ao mastigar das hortaliças, metade dos entrevistados responderam que a textura era fibrosa e a outra metade respondeu que era macia. A respeito da coloração, obteve-se respostas satisfatórias. A coloração das hortaliças foi considerada vivas/brilhantes o que era esperado durante a pesquisa. Quanto a sensação ao mastigar, as respostas dos entrevistados foi que as hortaliças eram crocantes, dessa forma atendendo o resultado esperado. No que se refere a textura, coloração, sabor e cheiro da carne todas as respostas foram positivas.

A respeito da aceitabilidade e intenção de compra dos produtos produzidos no sistema aquapônico, o resultado foi favorável, todos entrevistados responderam positivamente. Sobre a instalação de um sistema idêntico em sua residência, 90% dos entrevistados responderam que implementariam e 10% responderam que não, a justificativa foi a falta de tempo. As últimas perguntas da pesquisa foram se os entrevistados implantariam o sistema aquapônico para consumo ou para venda dos

produtos, todos responderam que sim para consumo e 50% responderam que venderiam os produtos.

3.4 Média dos custos financeiros do sistema

De acordo com a Tabela 3, podemos observar os gastos únicos e gastos mensais de manutenção detalhados durante os 10 meses de pesquisa. Quanto à implementação e manutenção do sistema aquaponico modelo, os gastos totais foram de 1.944,96 reais, sendo que a maior composição dos gastos diz respeito aos gastos únicos. Tabela montada a partir das notas fiscais de compra de cada item.

Tabela 3. Produtos necessários e seus respectivos valores. *Gastos Únicos; **Gastos de Manutenção.

ITEM	VALOR
TESTES PARA ÁGUA*	R\$ 143,00
BOMBA*	R\$ 328,00
SOMBRITE E TELA*	R\$ 135,00
TAMBOR 200L*	R\$ 130,00
HIDRÁULICA E ELÉTRICA*	R\$ 608,60
MADEIRAS*	R\$ 85,00
TERMOMETRO*	R\$ 19,99
BALANÇA E PILHAS*	R\$ 42,60
80 TAMBAQUIS*	R\$ 30,00
PASSAGUA*	R\$ 38,00
RAÇÃO**	R\$ 26,00
CESTO PARA O FILTRO*	R\$ 28,90
MANTA ACRILICA**	R\$ 16,87
MUDAS HIDROPONIA**	R\$ 20,00
CAIXA D'AGUA*	R\$ 400,00
MÃO DE OBRA DO PEDREIRO*	R\$ 250,00
GASTO DE ÁGUA**	R\$ 10,00
GASTO DE ENERGIA**	R\$ 33,00
TOTAL DE GASTOS ÚNICOS	R\$ 1.839,09
TOTAL DE GASTOS MENSAIS DE MANUTENÇÃO	R\$ 105,87

Fonte: Autores.

Nós dividimos os gastos em gastos únicos e mensais de manutenção durante os 10 meses de pesquisa. Gastos únicos são os que foram gastos uma única vez, deste modo pode-se ter ideia dos custos para instalação do sistema aquapônico e aquisição dos peixes.

4. Discussão

Os dados de desempenho produtivo dos peixes e das hortaliças testadas apresentaram-se satisfatórios. Não tivemos mortalidades de peixes durante todo o experimento, mostrando assim que tanto parâmetro de exigências nutricionais como ligados as características de qualidade de água foram alcançados e mantidos, assim como é mostrado em nossos resultados.

Quanto ao crescimento dos peixes, avaliamos diferentes taxas de estocagem dos animais nas caixas de água. Durante os meses iniciais é possível notar que o crescimento dos animais foi baixo, fato este que está associado à alta taxa de estocagem (80 animais/m³). A maneira que a segunda caixa foi instalada e os animais divididos em duas taxas de estocagem diferentes (caixa 1= 50 peixes; caixa 2= 30 peixes), os animais apresentaram maior crescimento.

Apesar de uma melhora no desempenho, a partir dos 120 dias, decidimos testar uma nova taxa de estocagem e assim, cada caixa ficou com 20 animais. Os animais tiveram um desempenho produtivo superior em ambas as caixas. Com isso, acreditamos que a melhor taxa de estocagem para tambaquis em sistemas de aquaponia, com 1m³ de água seja de 20 animais na fase de recria e engorda. Os parâmetros ligados ao desempenho produtivo de peixes em sistemas de aquaponia é dependente e pode variar de acordo com diferentes fatores, como por exemplo, fase de desenvolvimento que se encontram os animais, estado fisiológico e de saúde dos animais, taxa de estocagem, valor nutricional e quantidade de ração/alimento oferecida, além da garantia das características de qualidade de água e fatores abióticos do ambiente aquático existentes (Facundes Silva et al., 2020; Oliveira et al., 2020; Maucieri et al., 2019; Day et al. 2021; Kralik et al., 2022)

Analisando o crescimento do tambaqui integrado à hidroponia em um período de 110 dias, Facundo Silva e colaboradores (2020) mostraram que os animais apresentaram peso médio de 67,28, mantidos na densidade de 50 peixes/m³. Assim, quanto ao desempenho produtivo dos peixes, o crescimento em peso deve ser cuidadosamente avaliado para manter a taxa ótima de alimentação, além de evitar perdas e elevar os custos com a oferta de ração e/ou outros alimentos (Silva & Fujimoto, 2015; Colt & Schuur, 2021; Villarroel et al., 2022). De acordo com Pinho e colaboradores (2021), o tambaqui é uma espécie indicada para cultivo integrado em sistemas de aquaponia, uma vez que são peixes rústicos e toleram uma ampla gama de parâmetros de qualidade da água.

Já em relação a produção das hortaliças, observou-se que durante os ciclos 1 e 2 o crescimento não foi satisfatório. Acreditamos que, devido as hortaliças estarem em copos descartáveis com furos no fundo, isso pode ter dificultado a captação de nutrientes pelas mesmas. Nutrientes esses que se suponha que não eram muitos pois havia pouca sobra de ração o que diminuía a presença de nutrientes necessários para as plantas. Outro fator que pode ter contribuído para estes resultados foi a presença de plantas aquáticas do tipo Aguapé nas caixas 1 e 2, afim de auxiliar no controle térmico, devido as altas temperaturas e também para atuarem na remoção de compostos tóxicos da água. Acreditamos que estas plantas poderiam estar retirando muitos nutrientes da água, visto que estavam bem desenvolvidas, sobrando poucos nutrientes para as hortaliças. Para remediar estes problemas, no último ciclo foi utilizado o arame galvanizado como suporte, facilitando assim a captação de nutriente pelas hortaliças. Grande parte dos Aguapés foram retiradas, restando apenas um terço da quantidade inicial. Após isso, foi observado o melhor desenvolvimento das hortaliças dentro do sistema aquaponico. Outros estudos também relataram resultados não satisfatórios quanto ao desenvolvimento de hortaliças em sistemas de aquaponia (Facundes Silva et al., 2020; Maucieri et al., 2019; Pinho et al., 2018; Day et al., 2021).

Ainda em relação ao desenvolvimento das hortaliças, acreditamos que o sistema de criação dos tambaquis durante as duas fases do experimento não foi capaz de produzir e manter um aporte nutritivo para o crescimento das hortaliças por meio dos resíduos nutritivos adequados para o crescimento das hortaliças. Resíduos estes oriundos das fezes e urina e pelas sobras de ração que era ofertada aos peixes.

Villarroel e colaboradores (2022) avaliando o desenvolvimento de alfaces integrado com tilápias, e o uso de fertilizantes no sistema de aquaponia sugerem que o crescimento conjunto de peixes e alface é bastante viável em sistemas acoplados sem a adição de fertilizantes. No entanto, a adição de fertilizante aumentou o crescimento da alface em quase três vezes mais do que sem fertilizante. Os resultados implicam que, com base no tratamento de controle, os peixes utilizados, pelo menos no número e densidades descritos no trabalho (32 tilápias em tanque de 250 litros), não conseguem contribuir com nutrientes suficientes para que a alface atinja todo o seu potencial de crescimento.

Assim, é de suma importância a quantidade e tamanho dos peixes dentro de um sistema, o que influencia diretamente no desenvolvimento da hortaliça produzida, pois a medida que os peixes se alimentam e crescem, aumentam os resíduos (excretas e restos de ração) e conseqüentemente, aumentam os aportes nutritivos para as plantas do sistema (Rakocy, 2012; Munguia-Fragozo et al., 2015; Rizal et al., 2017).

Em nosso estudo as características de qualidade de água para cultivo de peixes mantiveram-se estáveis e propícias para a criação de tambaquis. De acordo com Moro e colaboradores (2013), o monitoramento da água na piscicultura é um fator fundamental para o sucesso da atividade e o descuido no manejo da água pode ocasionar mortalidades gerando perdas incalculáveis. Os dados referentes ao pH atendem os valores preconizados para aquaponia que de acordo com Filho (2000), o pH recomendado para um sistema aquaponico deve variar entre 6,5 e 7,0 de forma a satisfazer todos os elementos biológicos presentes no sistema, uma vez que as bactérias nitrificantes têm pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0, já as plantas cultivadas em hidroponia crescem melhor num pH entre 5,5 e 6,5, por fim os peixes de água doce com interesse econômico o pH ideal é 7,0 e 9,0.

Durante todo o período experimental, o qual tivemos em alguns dias chuvas intensas, a temperatura da água de cultivo apresentou pequena variação ao longo dos dias, de acordo com os dados coletados. Assim, a temperatura sempre se manteve na faixa ótima de criação do tambaqui na região Norte e para o cultivo das hortaliças. O tambaqui é uma espécie tropical que se desenvolve melhor em temperaturas entre 25 e 31°C e segundo Moro e colaboradores (2013), as temperaturas mais próximas a 28°C são as mais adequadas para o crescimento dessa espécie. Para as plantas cultivadas em hidroponia a temperatura adequada é de 18°C a 30°C e, garantir a temperatura correta diminui a probabilidade de doenças e mortalidades nos peixes e nas plantas.

Em relação a presença de amônia na água de cultivo, os dados mostram que as concentrações se mantiveram dentro das recomendações, que segundo Kubitzka (2011), é de no máximo 0,200 mg/L. Um pico de elevação foi verificado durante a primeira fase, o que pode ter sido ocasionado pela alta densidade de estocagem e pelo excesso de excretas e sobras de ração, uma vez que durante este período ainda não haviam plantas no sistema.

A amônia NH₃⁻, metabólito eliminado pelo peixe, é transformada em nitrito e em seguida em nitrato, estes são absorvidos pelos vegetais como fonte de nitrogênio. Segundo Resende (2002), existem diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, a amônia, entretanto, quando presente na água em altas concentrações, pode causar a morte dos peixes. Os resultados de amônia total nos três primeiros meses se manteve elevada entre 0,025 e 0,030 ppm, após esse período foi observado a diminuição desses níveis até a estabilidade entre 0,001 e 0,005 ppm durante três meses, no sétimo mês se observou a elevação desse teor de amônia total que logo depois diminuiu e se estabilizou novamente.

Quanto a presença de nitrito e nitrato, os dados coletados mostraram que os valores foram inferiores aos que comprometem a saúde dos animais. De acordo com Yanbo e colaboradores (2006), em sistemas fechados como a aquaponia, com elevadas densidades de estocagem, o nitrito pode atingir rapidamente níveis possivelmente letais acima de 11,65 mg/L. O resultado de nitrito obtido no sistema foi de 1,15 mg/L, já o nitrato apresentou o valor de 20,11 mg/L. A amônia e o nitrito são tóxicos para os peixes, entretanto, o nitrato é relativamente inofensivo e é a forma preferível para o crescimento das plantas (Rakocy et al., 2006; Santos et al., 2020).

As concentrações de oxigênio dissolvido nas caixas de criação dos peixes se mantiveram em condições ideais para o cultivo. O oxigênio dissolvido é um item muito importante na produção e manutenção das colônias de bactérias. De acordo com Ibrahim e colaboradores (2015), ambientes com reciclagem da água, como acontece em sistemas aquapônicos pode ser suficiente para manter os níveis de oxigênio dissolvido em valores ideais para o cultivo de juvenis de tambaqui. O resultado de oxigênio dissolvido obtido no sistema foi de 5,22 mg/L, dentro dos níveis aconselhados que segundo Somerville e colaboradores (2014), níveis de oxigênio dissolvido entre 5 a 8 mg/L são considerados ótimos para o sistema aquapônico.

É de grande importância realizar a medição dos níveis de alcalinidade e dureza do sistema, os mesmos são encarregados de manter o pH da água constante sem oscilações e em níveis adequados atendendo assim a necessidade da suplementação nutricional das plantas, do biofiltro e da criação dos peixes que são os componentes biológicos envolvidos no sistema aquapônico. A dureza da água apresentou o resultado de 28 mg/L e a alcalinidade 20 mg/L, de acordo com Silva e colaboradores (2015), a alcalinidade aceitável para tambaqui encontra-se na faixa maior que 20 mg/L.

Mediante aos resultados obtidos na análise da água, observasse que o uso de plantas aquáticas tipo Aguapé influenciaram de maneira positiva na retirada de substâncias que são consideradas tóxicas para os peixes, além disso, pode-se reforçar que o sistema aquapônico é uma alternativa de cultivo eficaz pois não se obteve resultados que inibiram o desenvolvimento das hortaliças e dos peixes, não houve morte dos animais e proliferação de doenças na água, demonstrando assim que esses fatores que influenciam na qualidade da água foram favoráveis à produção.

Analisando o efeito de colonização de 10% da área dos viveiros com a planta aquática aguapé (*E. crassipes*) em ilhas artificiais flutuantes, Osti e colaboradores (2021) mostram que na presença destas plantas ocorreu melhoras significativas na qualidade da água sem interferência nos parâmetros zootécnicos de tilápias. Os resultados mostram que após 30 dias da colonização ocorreu uma redução das concentrações de nitrogênio total, amônia nitrogenada total, íon de amônia, fósforo total, ortofosfatos, nitrito e nitrato. Em outro estudo, Silva e colaboradores (2014) analisando a eficiência do aguapé no tratamento e minimização dos efluentes que são gerados na piscicultura, mostraram que o aguapé é altamente eficiente na remoção de fósforo dos efluente. Os resultados apresentados com o uso de aguapés (valores de fósforo de $1,90 \pm 0,1$ mg L⁻¹) em relação ao tratamento sem aguapé ($2,28 \pm 0,2$ mg L⁻¹), deixam claro a eficiência desta planta aquática em manter e garantir a qualidade da água, removendo poluentes orgânicos associados a eutrofização das águas.

Quanto ao consumo e produção de alimentos em sistemas aquapônicos, bem como a instalação em sua residência, a maioria dos entrevistados se disseram adeptos a este novo conceito de produção de alimentos.

Para demonstrar a viabilidade econômica da implantação e manutenção do sistema aquaponico de baixo custo, para ser instalado em residências urbanas, realizamos estudo de composição dos gastos. No momento atual qualquer investimento deve ser analisado e para compra de produtos é necessário que se realize a cotação de preços, afim de economizar para empregar melhor o dinheiro investido. Desta forma, no início da pesquisa foi realizada cotação dos produtos necessários, e durante a pesquisa todos os gastos financeiros foram inseridos em uma tabela para melhor controle dos custos de instalação e manutenção do sistema aquapônico. A organização foi realizada de acordo com os processos de montagem do sistema, compra dos peixes e mudas de hortaliças, ração, manutenção no sistema e gasto de energia e água.

Após a instalação tem-se somente gastos com manutenção que incluem ração, manta acrílica (que deve ser trocada mensalmente), mudas de hidroponia (que são compradas no início de cada ciclo de hortaliças), custo de água e energia. Analisando esses custos pode-se notar que é viável a instalação do sistema aquapônico visto que o investimento inicial e o gasto mensal é considerado baixo, pois enquanto o sistema estiver funcionando, será produzido alimentos de qualidade com custos relativamente baixos, os quais podem servir como geração de renda extra para a família.

A contabilidade de custos operacionais pela utilização de técnicas gerenciais podem auxiliar e nos direcionar quanto ao controle e planejamento dos custos bem como no apoio às tomadas de decisões. Dentre essas técnicas, a análise da relação custo, volume e lucro permite examinar as inter-relações entre receitas, custos, despesas e volume de atividades, o que é de suma importância na gestão dos negócios (Hansen & Mowen, 2001; Oliveira et al., 2014).

O conhecimento relacionado com o custo de produção de uma atividade produtiva, mesmo que de baixo custo é um componente importante para a gestão da atividade. Isso permite conhecer os itens mais relevantes para o fornecimento de informações para uma gestão eficiente (Goldratt & Cox, 2002; Oliveira et al., 2014).

5. Conclusão

O presente estudo trouxe informações de forma clara e objetiva sobre a viabilidade de implementação e manutenção de um sistema aquaponico em ambiente urbano, com a utilização de um sistema de baixo custo e reduzido manejo. Quanto a utilização do tambaqui em sistemas aquapônicos, foi possível determinar que a alta densidade de animais por m³ interfere no desenvolvimento, assim a estocagem final de 20 peixes por m³ é a densidade mais eficiente para este tipo de sistema. Nosso sistema de aquaponia caracterizou-se um sistema sustentável e econômico de produção de alimentos o qual foi demonstrado pela aceitação da população da cidade que consumiu os alimentos produzidos ao longo do experimento. Pesquisas relacionadas a piscicultura e hidroponia ainda são escassas no Brasil e principalmente em Rondônia e as informações expostas no presente trabalho poderão auxiliar em novos experimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Cacoal, pelo ensino de qualidade de forma gratuita, ao Departamento de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação DEPEP pela concessão de Taxa de Bancada e Bolsas de Iniciação à Pesquisa, para discentes matriculados nos cursos de nível médio e nível superior (Edital N° 01/2020/REIT-PROPEP/IFRO - PROCESSO SEI N° 23243.005832/2020-17; Edital N° 13/2020/CAC - CGAB/IFRO) e a Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (PROPEP) (EDITAL N° 13/2022/REIT - PROPEP/IFRO, PROCESSO SEI N° 23243.001264/2022-47) pela concessão do auxílio financeiro para o serviço de publicação deste artigo científico. Agradecemos também ao senhor Marcio Felix de Oliveira pelo suporte na implementação hidráulica e estrutural do sistema de aquaponia.

Referências

- Atique F., Lindholm-Lehto, P. & Pirhonen, J. (2022). Is Aquaponics Beneficial in Terms of Fish and Plant Growth and Water Quality in Comparison to Separate Recirculating Aquaculture and Hydroponic Systems? *Water*, 14(9):1447.
- Buss, A. B., Meurer, V. N., Aquini, E. N., Alberton, J. V., Bardini, D. S. & Freccia, A. (2015). Desenvolvimento da Aquaponia como Alternativa de Produção de Alimentos Saudáveis em perímetro Urbano. *VI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão – SENPEX*.
- Carneiro, P., Maria, A., Fujimoto, R. & Nunes, M. (2016). *Sistema familiar de aquaponia em canaletas*. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Circular Técnica (INFOTECA-E).
- Colt, J. & Schuur, A. M. (2021). Comparison of nutrient costs from fish feeds and inorganic fertilizers for aquaponics systems. *Aquacultural Engineering*, 95:102205.
- Day, J. A., Diener, C., Otwell, A. E., Tams, K. E., Bebout, B., Detweiler, A. M., Lee, M. D., Scott, M. T., Ta, W., Ha, M., Carreon, S. A., Tong, K., Ali, A. A., Gibbons, S. M. & Baliga, N. S. (2021). Lettuce (*Lactuca sativa*) productivity influenced by microbial inocula under nitrogen-limited conditions in aquaponics. *PLoS one*, 16(2), e0247534.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W. B. & Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponics system. *Bioresour Technol*, 101:1511-1517.
- Facundes Silva, T. B., Santos, R. R., Nascimento Pinto, F. E., Silva-Matos, R. R. S., Cordeiro, K. V., Pereira, A. M., Freitas, J. R. B. & Lopes, J. M. (2020). Criação de tambaqui associado à hidroponia em sistema de recirculação de água. *Research, Society and Development*, 9(9):e543997543.
- Filho, M.S.P.B. (2000). *Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água*. São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho.
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H. & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7:4199-4224.
- Gomes, L. D., C., Brandão, F. R., Chagas, E. C., Ferreira, M. F. B. & Lourenço, J. N. P. (2004). Efeito do volume do tanque rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. *Acta Amazônica*, 34(1), 111-113.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2002). *A Meta: um processo de melhoria contínua*. (2a ed.), Editora Nobel, 365 p.
- Hansen, D. R. & Mowen, M. M. (2001). *Gestão de custos*. Atlas.
- Ibrahim, M. A., Castro, F. J. & Oliveira, W. H. (2015). Qualidade da água e desempenho de juvenis de tambaqui criados em sistema de aquaponia. Anais. In: *Seminário de iniciação científica da Universidade Federal do Tocantins*, Araguaína.

- Kralika, B., Weisstein, F., Meyer, J., Neves, K., Andersona, D. & Kershaw, J. (2022). From water to table: A multidisciplinary approach comparing fish from aquaponics with traditional production methods. *Aquaculture*, 552:737953.
- Kubitzka, F. (2011). *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. (2a ed.), Kubitzka. 316 p.
- Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J.A., Li, X. & Semmens, K. (2014). An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS One*, 9:1-10.
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Zanin, G., Birolo, M., Trocino, A., Sambo, P., Borin, M. & Xiccato, G. (2019). 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*, 14(5), e0217561.
- Mattos, B. O., Pantoja-Lima, J., Oliveira, A. T. & Aride, P. H. R. (2021). *Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias*. Atena Editora.
- Moro, G. V., Torati, L. S. & Luiz, D. B. (2013). Monitoramento e manejo da qualidade da água em piscicultura. In: *Piscicultura de água doce: Multiplicando conhecimentos*. Embrapa, 440 p.
- Munguia-Fragozo, P., Alatorre-Jacome, O., Rico-Garcia, E., Torres-Pacheco, I., Cruz-Hernandez, A., Ocampo-Velazquez, R. V., Garcia-Trejo, J. F. & Guevara-Gonzalez, R. G. (2015). Perspective for Aquaponic Systems: "Omic" Technologies for Microbial Community Analysis. *BioMed research international*, 480386.
- Oliveira, M. A., Silva Filho, A. S., Mousquer, C. J., Mexia, A. A., Araújo, F. E., Takamura, A. E. & Delevatti, L. M. (2014). Desempenho e lucratividade de cordeiros mestiços santa Inês x pantaneiro em pastejo suplementado com concentrado. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 8(1):222 – 236.
- Osti, J. A. S., Rodrigues, C. J., do Carmo, C. F., Peixoto, A. C., Schalch, S. H., Marcantonio, A. S., França, F. M. & Marcante, C. T. J. (2021). Artificial floating islands as a tool for the water quality improvement of fishponds. *Ambiente e água – An interdisciplinary Journal of Applied Science*, 16(6): e2734.
- 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. *Aquaculture International*, 26:99–112.
- Sara M. Pinho, S. M., David, L. H., Garcia, F., Keesman, K. J., Portella, M. C. & Goddek, S. (2021). South American fish species suitable for aquaponics: a review. *Aquaculture International*, (29):1427–1449.
- Prado, S. P. T. & Capuano, D.M. (2006). Relato de nematóides da família Anisakidae em bacalhau comercializado em Ribeirão Preto, São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 39(6):580-581.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics - integrating fish and plant culture. *Southern Regional Aquaculture Center*, (454):1–16.
- Resende, A. V. (2002). *Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por Nitrato*. Documentos EMBRAPA, nº. 57. 28p.
- Rizal, A., Dhahiyat, Y., Zahidah, Y., Andriani, A., Handaka, A. & Sahidin A. (2017). The economic and social benefits of an aquaponic system for the integrated production of fish and water plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 137:012098.
- Santos, D. K. M., Kojima, J. T; Santana, T. M., Castro, D. P Serra, P. T., Dantas, N. S. M., Fonseca, F. A. L. Mariúba, L. A. M. & Santos, L. U. G. (2021). Farming tambaqui (*Colossoma macropomum*) in static clear water versus a biofloc system with or without *Bacillus subtilis* supplementation. *Aquaculture International*, 29:207–218.
- Sayara, T., Amarnah, B., Saleh, T., Aslan, K., Abuhanish, R. & Jawabreh, A. (2016). Hydroponic and Aquaponic Systems for Sustainable Agriculture and Environment. *International Journal of Plant Science and Ecology*, 2(3):23–29.
- Silva, A. D. R., Santos, R. B., Bruno, A. M. S. S., Gentelini, A. L., Silva, A. H. G. & Soares, E. C. (2014). Eficiência do aguapé sobre variáveis limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de tambaqui. *Acta Amazonica*, 44(2):255 – 262.
- Silva, C.R., Gomes, L.C. & Brandão, F.R. (2007). Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264:135-139.
- Silva, C. A. & Fujimoto, R. Y. (2015). Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanque-rede. *Acta Amazonica*, 45(3), 323-332.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. *FAO fisheries and aquaculture technical paper*, 589, 2014.
- Stone, H. & Sidel, J. L. *Sensory evaluation practices*. Academic Press: London. 2004. 311 p.
- Tyson, R. V., Treadwell, D. D. & Simonne, E. H. (2011). Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *HortTechnology*, 21(1):6-13.
- Tyson, R. V., Simonne, E. H., Treadwell, D. D., White, J. M. & Simonne, A. (2008). Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. *HortScience*, 43(3):719-724.
- Vicenzi Tiepo, C. B., Werlang, S., Reinehr, C. O. & Colla, L. M. (2020). Metodologias sensoriais utilizadas em estudos descritivos com consumidores: Check-All-That-Apply (CATA) e suas variações. *Research, Society and Development*, 9(8):e407985705.
- Villarroel, M., Miranda-de la Lama, G. C., Escobar-Álvarez, R. & Moratiel, R. (2022). Fish Welfare in Urban Aquaponics: Effects of Fertilizer for Lettuce (*Lactuca sativa L.*) on Some Physiological Stress Indicators in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus L.*), *Water*, 14(6): 935.