

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE RAÇÃO NO
FUNCIONAMENTO DE UM MINI SISTEMA DE
AQUAPONIA**

PEDRO HENRIQUE BREDA PÉRIGO

**DOURADOS/MS
2019**

PEDRO HENRIQUE BREDA PÉRIGO

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE RAÇÃO NO FUNCIONAMENTO DE UM MINI
SISTEMA DE AQUAPONIA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado
pela Banca Examinadora como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas, da Universidade
Federal da Grande Dourados.

Orientador: Profª. Drª. Márcia Regina Russo

Aprovado em: 04/09/2013

BANCA EXAMINADORA



Márcia Regina Russo
Presidente



Anderson Ferreira
Membro



Fernando Cesar Paiva Dagosta
Membro

RESUMO

A aquaponia é um sistema sustentável que combina a criação de peixes com o cultivo de plantas em um ciclo simbótico. Nesse ciclo, os resíduos resultantes da criação de peixes são transformados em nutrientes essenciais para o crescimento das plantas por meio de interações microbianas. A absorção desses nutrientes contribui para a melhoria da qualidade da água utilizada no sistema. Com base nestas informações e, considerando a necessidade de compreender as diversas interações bióticas e abióticas que ocorrem neste modo de produção, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de peixes e vegetais, assim como alguns parâmetros químicos e da comunidade fitoplanctônica de um mini sistema de aquaponia. O experimento utilizou 6 caixas com capacidade de 100 litros cada, equipadas com bombas submersas de 500L/h e leitos de cultivo preenchidos com argila expandida (30L). Em cada caixa, foram introduzidos 3 indivíduos de Kinguio (*Carassius auratus*), assim como plantas de alface e manjericão. Foram testados dois tipos de ração na alimentação dos peixes, extrusada (T1) e ração em pó (T2) num delineamento experimental de dois tratamentos com três repetições que foram acompanhados durante 150 dias. Também foram coletadas amostras de parâmetros limnológicos e da comunidade fitoplanctônica. Observamos que o tipo de ração não influenciou nos resultados dos parâmetros limnológicos e nem no crescimento do Kingio nas condições experimentais testadas. No entanto, considerando os resultados obtidos na caracterização da comunidade fitoplanctônica e no crescimento das plantas, concluímos que o tratamento 1 apresentou maior riqueza da comunidade de fitoplancton e um melhor crescimento do manjericão. Assim, em uma recomendação de escolha de ração, o tratamento 1 de ração extrusada beneficiou mais componentes do sistema do que o tratamento 2 de ração em pó.

Palavras-chave: Aquaponia; ração; monitoramento

ABSTRACT

Aquaponics is a sustainable system that combines fish farming with plant cultivation in a symbiotic cycle. In this cycle, the waste produced from fish farming is transformed into essential nutrients for plant growth through microbial interactions. The absorption of these nutrients contributes to the improvement of water quality used in the system. Based on this information and considering the need to understand the various

biotic and abiotic interactions that occur in this production method, the objective of this study was to evaluate the growth of fish and vegetables, as well as some chemical parameters and the phytoplankton community of a mini aquaponics system. The experiment used 6 boxes with a capacity of 100 liters each, equipped with submerged pumps of 500L/h and filled with expanded clay beds (30L). In each box, 3 individuals of Goldfish (*Carassius auratus*) were introduced, as well as lettuce and basil plants. Two types of fish feed were tested, extruded (T1) and in powder form (T2), in an experimental design of two treatments with three repetitions, which were monitored for 150 days. Samples of limnological parameters and the phytoplankton community were also collected. We observed that the type of feed did not influence the results of the limnological parameters or the growth of Goldfish under the tested experimental conditions. However, considering the results obtained in the characterization of the phytoplankton community and plant growth, we concluded that treatment 1 showed a higher richness of the phytoplankton community and better growth of basil. Thus, in a recommendation for feed choice, treatment 1 of extruded feed benefited more components of the system than treatment 2 of powdered feed.

Keywords: Aquaponics; feed; monitoring

INTRODUÇÃO

A aquaponia é um sistema sustentável que combina a criação de peixes com o cultivo de plantas em um ciclo simbótico (CARNEIRO, 2015). Nesse ciclo, os resíduos resultantes da criação de peixes são transformados em nutrientes essenciais para o crescimento das plantas por meio de interações microbianas (DIVER, 2006). A absorção desses nutrientes contribui para a melhoria da qualidade da água utilizada no sistema (YEP e ZHENG, 2019).

Devido à possibilidade de integrar a aquicultura - que se refere ao cultivo de organismos aquáticos como peixes, moluscos, crustáceos e algas, com a hidroponia - técnica que permite o cultivo de plantas sem a necessidade de grandes áreas de cultivo, houve um aumento exponencial no número de trabalhos e publicações relacionados ao tema nos últimos anos (YEP E ZHENG, 2019), mostrando-se uma prática extremamente promissora.

Considerando que os animais de aquicultura não absorvem toda a proteína das rações fornecidas, a parte não aproveitada é liberada no meio aquático na forma de

amônia (CARNEIRO, 2015). Além disso, os excrementos dos animais também contribuem para a presença de amônia na água, fatores que afetam a qualidade da água (CRAB et al., 2007). A qualidade da água é uma variável fundamental na aquaponia, uma vez que o sistema é baseado em recirculação fechada e a água conecta os cultivos animal e vegetal.

Os principais parâmetros que merecem atenção no sistema são o pH, a amônia, o nitrito e o nitrato (BAKHSHI et al., 2018). Esses parâmetros estão intrinsecamente ligados à dinâmica de ambos os cultivos e, mesmo diante de alterações, é crucial manter essas variáveis sob controle, pois elas determinam a produtividade do sistema e evitam problemas como a eutrofização (KILLEBREW e WOLFF, 2010).

A presença de bactérias é crucial para o funcionamento eficiente da aquaponia. Além disso, na maioria dos sistemas, pode-se observar a presença de outros organismos, como algas e fitoplâncton, dos quais alevinos também podem se alimentar. Esse comportamento é notável, por exemplo, nas tilápias (EL-SAYED, 2006).

No que diz respeito às espécies de plantas cultivadas, os vegetais folhosos se mostram ótimas opções devido ao seu cultivo simples, ciclo de crescimento curto, adaptação a águas ricas em nitrogênio, baixas exigências nutricionais e ampla aceitação no consumo (BAILEY e FERRAREZI, 2017). Entre essas espécies, destacam-se o *Ocimum basilicum* (manjericão de folhas largas) e a *Lactuca sativa* (alface), como alternativas promissoras para geração de renda (BAILEY e FERRAREZI, 2017).

No que diz respeito às espécies de peixes mais utilizadas, uma pesquisa internacional realizada por LOVE et al. (2014) revelou que, entre mais de 200 entrevistados com experiência comercial em aquaponia, 69% optaram pelo *Oreochromis niloticus* (tilápia), 43% escolheram peixes ornamentais e 25% já haviam trabalhado com Siluriformes (bagres) em suas operações comerciais. O uso de peixes ornamentais é interessante, pois alguns gêneros, principalmente dentre a família Cyprinidae, podem ser apreciados tanto como alimento quanto como elementos decorativos em aquários. Portanto, a produção de espécies ornamentais em conjunto com espécies vegetais na aquaponia representa uma inovação ao unir estética e funcionalidade, além de possuir maior valor agregado (MENDONÇA, 2019).

Diante disso, considerando as variáveis inerentes aos sistemas de aquaponia e seu papel como ferramenta importante na obtenção sustentável de recursos alimentares, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de peixes e vegetais, assim como

alguns parâmetros químicos e a comunidade fitoplanctônica de um mini sistema de aquaponia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e Delineamento experimental:

O experimento foi conduzido nas instalações da casa de vegetação da EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE – Rodovia BR 163 km 253 6 sn Zona Rural, Dourados - MS, de junho a outubro de 2022.

O experimento utilizou seis caixas com capacidade de 100 litros cada, equipadas com bombas submersas de 500L/h e leitos de cultivo preenchidos com argila expandida (30L). Em cada caixa, foram introduzidos três indivíduos de Kinguio (*Carassius auratus*) de três cores distintas (laranja, preto e branco) para facilitar a identificação. Sobre cada caixa, foram montados os leitos de argila onde foram plantadas alface (*Lactuca sativa*) e manjericão italiano (*Ocimum basilicum*) (Figura 1). O delineamento experimental foi de dois tratamentos com três repetições.

Figura 1. Mini sistema de aquaponia utilizado em experimento



Fonte: MENDONÇA, 2019

No tratamento 1 (T1) foi utilizado ração extrusada e esferificada, com um teor de proteína de 55% e no tratamento 2 (T2) foi utilizada ração em pó, com o mesmo teor de proteína (55%). O experimento teve duração de 150 dias (105 para cultivo de peixes e alface simultaneamente e mais 45 dias de cultivo de manjericão)

A alimentação dos peixes foi administrada nos mesmos horários e em quantidades iguais para todas as caixas, baseando-se na saciedade aparente dos peixes.

Parâmetros de qualidade de água:

Foram conduzidos oito ciclos de coleta de água ao longo do experimento, cada ciclo com seis amostras, uma para cada caixa de cultivo, para analisar os seguintes parâmetros: pH, nitrito, nitrato e amônia. As coletas foram realizadas semanalmente durante oito semanas.

Para a análise quantitativa de amônia, foi empregado o teste de Nessler. Além disso, o método FIA (Análise por Injeção em Fluxo) foi utilizado para avaliar os níveis de nitrato e nitrito.

Biometria dos peixes:

Para avaliar o crescimento dos peixes, foram estabelecidas biometrias a cada 35 dias, totalizando um período de 105 dias (MENDONÇA, 2019). As coletas foram executadas utilizando redes de aquário, e as medições de peso foram realizadas com uma balança convencional, enquanto as medidas de comprimento foram feitas com o uso de fita métrica. Após a obtenção dos dados, todos os indivíduos foram devolvidos às suas respectivas caixas e só foram retirados novamente na próxima avaliação biométrica. Para avaliação do desenvolvimento dos animais, foi analisada a biometria inicial e final dos mesmos em cada tratamento e assim constatado se houve alguma diferença significativa.

Coleta e caracterização da comunidade fitoplânctônica:

Ao final do experimento foram realizadas coletas de fitoplâncton utilizando rede com malha de 20 micrômetros. Foram filtrados 10L de água de cada caixa em triplicata. Cada amostra foi armazenada em frascos e fixada com formol a 4% para posterior análise no Núcleo de Pesquisa em Aquicultura do Mato Grosso do Sul (NUPAQ-MS).

A comunidade fitoplânctônica foi triada em microscópio óptico e foi realizada uma análise descritiva da identificação das algas encontradas, até o nível de gênero, utilizando a literatura específica (BICUDO e MENEZES, 2006). Cada amostra de água coletada foi analisada em microscópio óptico para identificação dos grupos de fitoplânctôn presentes em cada caixa e tratamento.

Produção vegetal:

Foram realizados três ciclos de cultivo da alface, com duração aproximada de 35 dias e posteriormente um ciclo de cultivo do manjericão, com duração de 45 dias. Ambos os cultivos foram conduzidos para analisar o desenvolvimento das plantas em cada um dos 2 tratamentos. Cada caixa de cultivo recebeu três mudas, plantadas em leitos de argila expandida, tendo o peso e o tamanho registrados. Após o período de 35 a 45 dias, dependendo da hortaliça em questão, realizou-se uma nova pesagem para determinar os seguintes parâmetros: biomassa total, biomassa produzida e média de produção por caixa.

Para obter os valores de biomassa total, foi realizada a pesagem bruta das hortaliças ao final dos respectivos ciclos de produção. A biomassa produzida foi calculada pela seguinte fórmula: P_f (peso final) - P_i (peso inicial) = biomassa produzida. Quanto à média de produção, o cálculo foi realizado da seguinte forma: biomassa produzida / 3 = g/caixa.

Uma análise quantitativa da produção vegetal foi conduzida e os resultados foram apresentados em gráficos para permitir a comparação do desempenho de cada cultura.

Análise estatística dos dados:

Os dados coletados foram analisados usando o software R. Para examinar os valores de médias e desvios-padrão de cada variável observada nos diferentes tratamentos com ração, foi empregado um teste t. As variáveis biométricas dos peixes (peso e comprimento), limnológicas (amônia, NO_2 , NO_3 e pH) foram avaliadas em seus respectivos ciclos, permitindo a comparação da influência da ração para os parâmetros.

No que diz respeito à produção vegetal e a comunidade fitoplanctônica, devido à limitação no número de repetições, não foi possível realizar uma análise estatística dos dados, sendo assim só foram apresentados dados descritivos.

RESULTADOS

Os resultados da análise dos parâmetros limnológicos mostrou que não houve diferença significativa na concentração de pH, amônia, NO_2 e NO_3 entre os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Níveis de amônia, NO₂, NO₃ e pH (média ± dp) para cada tratamento com ração (Extrusada e esferificada, Ração em pó) para indivíduos de *Carassius auratus* em sistemas de aquaponia.

	Extrusada T1	Ração em pó T2	P - valor
NO ₂ inicial (mg/L)	0 ± 0 a	0 ± 0 a	-
NO ₂ final (mg/L)	82,11 ± 40,47 a	251,00 ± 181,12 a	0,24
NO ₃ inicial (mg/L)	3,57 ± 1,76 a	2,68 ± 1,26 a	0,52
NO ₃ final (mg/L)	27,37 ± 0,95 a	23,81 ± 2,21 a	0,09
Amônia inicial (mg/L)	0,96 ± 0,10 a	1,23 ± 0,12 a	0,45
Amônia final (mg/L)	8,13 ± 1,86 a	6,95 ± 1,54 a	0,44
pH	7,42 ± 0,13 a	7,40 ± 0,35 a	0,85

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente, segundo valores obtidos mediante Teste t a 5% de probabilidade.

Com relação ao crescimento dos peixes, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Peso e comprimento (média ± dp) nos diferentes tratamentos com ração (Extrusada e esferificada; Ração em pó) para indivíduos de *Carassius auratus* em sistemas de aquaponia.

	Extrusada T1	Ração em pó T2	P - valor
Peso inicial (g)	7,56 ± 4,56 a	7,56 ± 3,53 a	1
Peso final (g)	18,76 ± 6,16 a	20,28 ± 6,62 a	0,62
Comprimento inicial (cm)	6,50 ± 1,58 a	7,13 ± 1,15 a	0,34
Comprimento final (cm)	8,61 ± 1,21 a	9,38 ± 1,31 a	0,21

Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente, segundo valores obtidos mediante Teste t a 5% de probabilidade.

Quanto à comunidade fitoplanctônica, observou-se uma maior ocorrência de algas dos gêneros: *Coelastrum*, *Crucigena* e *Messastrum* na maioria das amostras em ambos os tratamentos. No entanto, no Tratamento 1 houve maior riqueza de gêneros de fitoplâncton quando comparado ao tratamento 2, sendo que os gêneros *Clorella*, *Comasiella*, *Oedogonium* e *Zygnema* só ocorreram no tratamento 1. No tratamento 2, apenas o gênero *Acutodesmus* foi exclusivo. (Quadro 1).

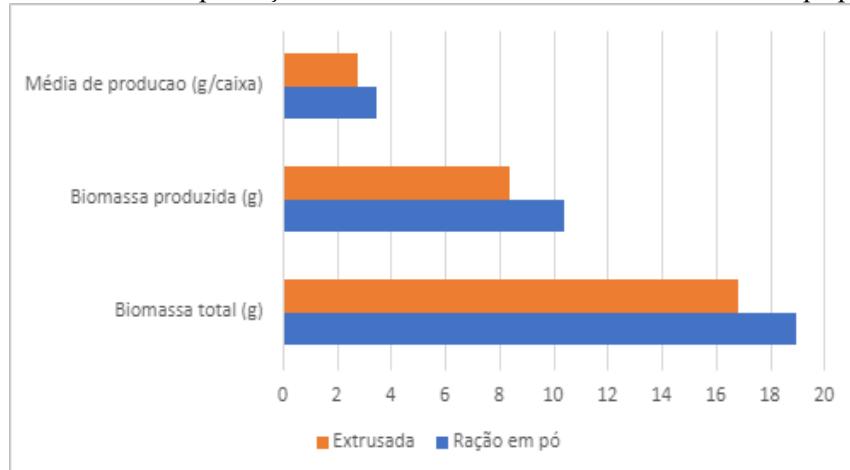
Quadro 1. Riqueza de gêneros de algas da comunidade fitoplanctônica nos tratamentos 1 e 2 em um sistema de aquaponia.

	T1			T2		
	caixa 1	caixa 3	caixa 5	caixa 2	caixa 4	caixa 6
<i>Acutodesmus</i> sp.					x	
<i>Clorella</i> sp.	x					
<i>Crucigena</i> sp.		x	x	x	x	x

<i>Coelastrum</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Comasiella arcuata</i>	x					
<i>Desmodesmus</i> sp.		x			x	
<i>Enallax pascher</i>		x		x		
<i>Messastrum</i> sp.	x	x	x		x	x
<i>Monoraphidium</i> sp.		x	x		x	x
<i>Oedogonium</i> sp.		x				
<i>Scenedesmus</i> sp.	x		x	x		x
<i>Zignema</i> sp.		x				
Riqueza	5	8	5	4	6	5

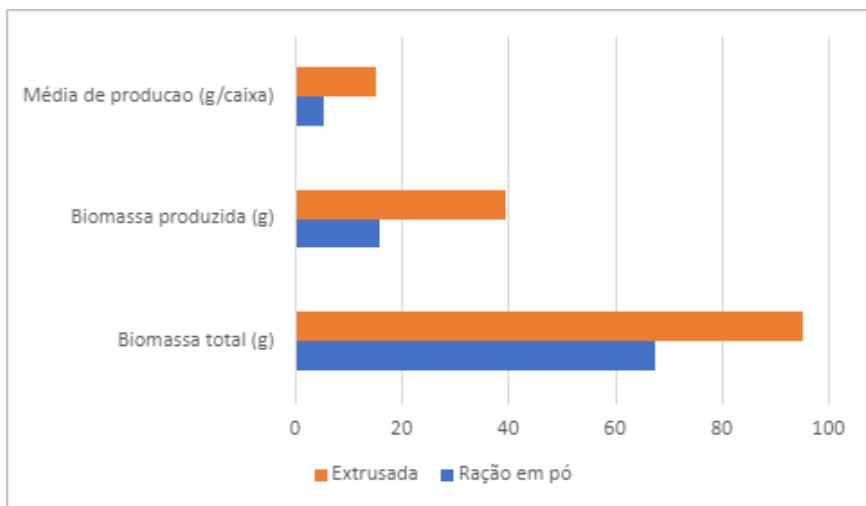
Em relação à produção vegetal, o cultivo de alface se mostrou melhor para o tratamento com ração em pó (Figura 2).

Figura 2. Médias de produção de alface em T1 e T2 de um sistema de aquaponia.



O cultivo de manjericão mostrou maior produção de biomassa ao final do ciclo de 45 dias para o tratamento em T1, de maneira que a ração extrusada se mostrou mais eficiente em seu cultivo (Figura 3).

Figura 3. Médias de produção de manjericão em T1 e T2 de um sistema de aquaponia.



DISCUSSÃO

Em geral, amônia e nitrito (NO_2) são substâncias mais prejudiciais do que o nitrato (NO_3) para animais aquáticos (MIRANDA-FILHO et al., 2009), esta passa a ser nociva em concentrações maiores que os demais, 150-300 mg/L (GRABER e JUNGE, 2009). Segundo QIAO (2006) e JIANG (2014), a amônia ao apresentar valores acima de 0,1 mg/L e o nitrito com valores entre 1-5 mg/L passam a ser nocivos para organismos aquáticos.

As concentrações desses compostos nos sistemas de aquaponia podem variar dependendo do pH, temperatura e até mesmo a concentração de matéria orgânica na água (YEP e ZHENG, 2019). Mas, além disso elas variam devido a presença de bactérias nitrificantes que utilizam esses compostos químicos como fonte de energia (DIVER, 2006). Quanto aos dados analisados para amônia no cultivo, foram encontrados altos valores para um sistema de aquaponia. No entanto, é de fato necessário que ela esteja presente no sistema, uma vez que bactérias oxidantes de amônia, ao a oxidarem, produzem nitrito que é simultaneamente utilizado por outras bactérias, liberando por fim nitrato, composto esse utilizado pelas plantas em seu crescimento (RACKOCY et al., 2006).

Possivelmente, levando em consideração todas essas variáveis, altos valores de amônia, nitrito e nitrato, poderiam ocorrer em determinados períodos do cultivo, especialmente quando as primeiras mudas de hortaliças estão sendo introduzidas, pois começam a utilizar o nitrato presente na água, ou após serem retiradas (ao final do ciclo) deixando de o utilizar e assim acarretando num aumento dos compostos nitrogenados. No entanto, à medida que o sistema entra em equilíbrio com as bactérias

realizando a nitrificação e plantas absorvendo o produto desta para assim se desenvolverem, o sistema poderia vir a apresentar um estado mais equilibrado e dentro dos valores de referência.

Estudos realizados por RAKOCY et al. (2003) e HU et al. (2015) mostraram que em sistemas aquapônicos de ótima operação, as concentrações de NH_3 e NO_2 estavam altas, porém isso não afetou o pescado nem as hortaliças.

Embora as tecnologias que melhoram os processos industriais de produção de ração possam ser aliadas para o aumento da produção em sistemas de aquaponia (TIDWELL, 2001), o experimento demonstrou que a ração extrusada não influenciou no crescimento inicial do Kinguio (*Carassius auratus*). Diferenças observadas nas medidas de peso e comprimento iniciais dos peixes resultaram num alto valor de desvio padrão, fato que pode ter influenciado na análise.

Estas variações podem ser atribuídas à dificuldade de padronização dos peixes, algo comum ao lidar com espécies ornamentais (MENDONÇA, 2019).

Logo, com maiores repetições e um acompanhamento mais longo dos parâmetros limnológicos, poderia se constatar se o sistema encontrou um equilíbrio de produção e em quanto tempo isso seria possível.

Com relação a comunidade fitoplanctônica, as algas verdes desempenham um papel crucial na filtragem da água em ambientes aquáticos, uma vez que reduzem a concentração de componentes como nitrato e fosfato no meio (GILLES et al., 2014). Esse processo é benéfico para os corpos receptores que recebem os efluentes de sistemas de produção (ADEYNKA et al., 2020). Para um sistema de produção como a aquaponia onde a água é recirculada, as algas desempenham um papel importante, pois dependendo da biota que se instala no sistema, podem contribuir no consumo de compostos nitrogenados e, junto com as hortaliças ajudar a equilibrar as concentrações no sistema, diminuindo o risco de intoxicação dos peixes.

Embora a importância da presença de fitoplâncton nos sistemas de aquaponia seja reconhecida como um fator significativo na determinação da qualidade dos flocos microbiológicos (EMERENCIANO et al., 2013), pouco se discute sobre as espécies presentes nesses sistemas. Neste experimento, observou-se que a comunidade fitoplanctônica foi composta principalmente pelos gêneros *Coelastrum*, *Crucigena* e *Messastrum*, que ocorreram com mais frequência em ambos os tratamentos e que o tratamento 1 apresentou maior riqueza de gêneros. Embora apenas descritivos, esses

resultados indicam que a comunidade fitoplanctônica, assim como foi observado para as plantas de alface, a ração em pó aparentemente permitiu um melhor funcionamento do sistema e não interferiu no crescimento dos peixes. Segundo LOVE et al. (2015) produtores normalmente optam por cultivar vegetais folhosos, tais como os escolhidos para o experimento *Lactuca stiva* e *Ocimum basilicum*, pois se desenvolvem melhor, são popularmente consumidos e apresentam boa produtividade.

Entretanto, ambos os cultivos apresentaram resultados distintos quando submetidos aos tratamentos com diferentes rações. O cultivo de alface, que teve três ciclos de crescimento apontou melhor desenvolvimento no tratamento com ração em pó, enquanto o manjericão, com apenas um ciclo, se apresentou muito melhor no tratamento com ração extrusada, quase dobrando sua produtividade. Devido à falta de repetições aos cultivos, não foi possível se analisar essa diferença estatisticamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos com as variáveis analisadas neste experimento, observamos que o tipo de ração não influenciou nos resultados dos parâmetros limnológicos e nem no crescimento do Kingio nas condições experimentais testadas. No entanto, ao observar os resultados obtidos na caracterização da comunidade fitoplanctônica e no crescimento das plantas, concluímos que o tratamento 1 apresentou maior riqueza da comunidade de fitoplâncton e aparentemente um melhor crescimento do manjericão. Assim, em uma recomendação de escolha de ração, o tratamento 1 de ração extrusada beneficiou mais componentes do sistema do que o tratamento 2 de ração em pó.

REFERÊNCIAS

BAILEY, Donald S., FERRAREZI, Rhuanito. S. Valuation of vegetable crops produced in the UVI Commercial Aquaponic System. *Aquaculture Reports*, v. 7, p. 77-82, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.06.002>. Acesso em: 09 set. 2023

BAKHSI, Farideh et al. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, v. 484, p. 259-267, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.036>. Acesso em 09 set. 2023

BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S. **Pond aquaculture water quality management**. Springer Science & Business Media, 2012. ISBN: 1461554071, 9781461554073.

CARNEIRO, Paulo César Falanghe et al. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**. 27p, 2015.

CRAB, Roselien et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1-4, p. 1-14, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.006>. Acesso em 09 set. 2023.

DIVER, S. Aquaponics – Integration of Hydroponics with Aquaculture. **ATTR** National Sustainable Agriculture Information Service, Butte, MT, p. 1-28. 2006.

EL-Sayed, A. F. M. **Tilapia Culture**. CAB eBooks, Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt. 2006. ISBN 10: 0851990142.

EMERENCIANO, Maurício; GAXIOLA, Gabriela; CUZON, Gerard. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. **Biomass now-cultivation and utilization**, v. 12, p. 301-328, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/53902>. Acesso em 09 set. 2023.

GILLES, Sylvain et al. An integrated closed system for fish-plankton aquaculture in Amazonian fresh water. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1319-1328, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001165>. Acesso em 09 set. 2023.

GRABER, Andreas; JUNGE, Ranka. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1-3, p. 147-156, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>. Acesso em 09 set. 2023.

HU, Zhen et al. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource technology**, v. 188, p. 92-98, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013>. Acesso em 09 set. 2023.

JIANG, Qichen et al. Effect of nitrite exposure on metabolic response in the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense*. **Central European Journal of Biology**, v. 9, p. 86-91, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0167-4>. Acesso em 09 set. 2023.

KILLEBREW, Katherine; WOLF, Hendrick. **Environmental impacts of agricultural technologies**, University of Washington, Department of Economics, 2010.

LIMA, Adriana F. et al. Custos de produção e comercialização: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura** (infoteca-e), p. 1-8, 2013.

LOVE, David C. et al. An international survey of aquaponics practitioners. **PLoS one**, v. 9, n. 7, p. e102662, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102662>. Acesso em 09 set. 2023.

LOVE, David C. et al. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614004724>. Acesso em 09 set. 2023.

MENDONÇA, Wesley Clovis Barbieri et al. Produção de massa verde e ganho em peso de peixes ornamentais em mini sistema doméstico de aquaponia, **Universidade Federal da Grande Dourados**, Dourados, MS, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2290>. Acesso em 09 set. 2023.

QIAO, Shi-Fheng. et al. The accumulation and toxicity of ammonia nitrogen in aquaculture water. **Hebei Fish**, v. 1, p. 20-22, 2006.

RAKOCY, James et al. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In: **South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648**. 2003. p. 63-69. DOI: <https://doi/10.17660/ActaHortic.2004.648.8>. Acesso em 09 set. 2023.

RUPASINGHE, Jagath W.; KENNEDY, John O. S. Economic benefits of integrating a hydroponic-lettuce system into a barramundi fish production system. **Aquaculture Economics & Management**, v. 14, n. 2, p. 81-96, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/13657301003776631>. Acesso em 09 set. 2023

TIDWELL, James H.; Allan Geoff L. Fish as Food: aquaculture's contribution - Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. **EMBO Reports**, v. 2, n. 11, p. 958-963, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve236>. Acesso em 09 set. 2023.

YEP, Brandon; ZHENG, Youbin. Aquaponic trends and challenges—A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1586-1599, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>. Acesso em 09 set. 2023.