

ALEVINAGEM DE TILÁPIAS NILÓTICAS EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA E AQUAPONIA COM E SEM SUBSTRATO

*Cicero da Silva Rodrigues de Assis **

*Emanuel Soares dos Santos ***

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho dos alevinos de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* da linhagem chitralada utilizando sistemas de recirculação aquícola (RAS) e sistema de aquaponia com e sem substrato no cultivando alface *Lactuca sativa*. O experimento foi constituído de dois tratamentos, RAS e Aquaponia, e cinco repetições (2 x 5), onde foram estocados 100 peixes.m⁻³. Em ambos os tratamentos foram utilizados sistemas de recirculação compostos por um tanque de 1.000 litros, um decantador de 60 litros e um biofiltro aerado de 60 litros contendo argila expandida como meio de fixação bacteriana, sendo acrescentado um leito de cultivo hidropônico com 24 plantas em cada sistema no tratamento aquaponia. O experimento teve duração de 52 dias, durante o qual foram acompanhados diariamente os seguintes indicadores de qualidade de água: o Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura (°C) e pH, utilizando sonda multiparâmetros. Além disso, foram realizadas quatro biometrias ao decorrer do experimento para acompanhar o desempenho zootécnico das tilápias. Ao final do experimento foi realizada a biometria nas alfaces para acompanhar o desempenho fitotécnico das plantas. Foi avaliado também dois tipos de sistemas de aquaponia: com e sem substrato. Conclui-se que não observou-se diferença na qualidade da água estando os valores dos indicadores dentro dos exigido para a espécie, também não observou-se diferença significativa no desempenho zootécnico entre os tratamentos testados (apesar do cultivo aquapônico obter valores numericamente maiores em relação ao RAS), porém houve diferença entre os tratamentos de aquaponia com e sem substrato, sendo o primeiro a melhor opção.

Palavras-chave: Alface. Aquicultura; Hidroponia. Peixes. Plantas.

* Discente do curso Engenharia de Aquicultura, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE - Campus Aracati), ciceroengaquicultura@hotmail.com.

** Docente do curso Engenharia de Aquicultura, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE - Campus Aracati), santos.e.s@ifce.edu.br.

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* of the chitralada lineage using Recirculating Aquaculture Systems (RSA) and aquaponics with lettuce *Lactuca sativa*. The experiment was constituted of two treatments RSA and aquaponics and five repetitions, in which were stocked 100 fishm⁻³. In both treatments were used recirculating systems composed of a reservoir of 1.000 liters, a decanter of 60 liters and an aerated biofilter of 60 liters containing expanded clay as a biological fixation, adding a hydroponic cultivation bed with 24 plants in each system in the aquaponic treatment. The experiment had duration of 52 days and meanwhile were registered daily the following indicators of water quality: Dissolved oxygen (OD), temperature (°C) and pH, using a multiparameter probe. Besides that, were held four biometry to follow the zootechnic development of the tilapia. In the end of the experiment was held a biometry of the lettuce to follow their phytotechnic development. We also evaluated two aquaponic systems: with and without substrate. . It is concluded that there was no difference in water quality, with the values of the indicators within those required for the species. aquaponics to obtain numerically higher values in relation to the RAS of zootechnical indicators), but there was a difference between the aquaponics treatments with and without substrate, the first being the best option.

Keywords: Aquaculture. Fish. Hydroponics. Lettuce. Plants.

1 INTRODUÇÃO

A produção de organismos em cativeiro tem aumentado significativamente em todo mundo e para que haja uma continuidade no crescimento da produção, o desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais é essencial (JONES et al., 2002). A aquicultura é considerada uma das melhores alternativas para atender essas problemáticas (KUBITZA, 2000), apesar disso, também pode causar alguns impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos (ZELAYA et al., 2001).

Um dos sistemas mais promissores para diminuir ainda mais esses impactos é o sistema recirculação de água (RAS, da sigla em inglês), o qual consiste em um sistema fechado onde a água passa pela unidade de cultivo e posteriormente por um filtro, o qual tem

como função purificar a água que circula constantemente removendo os resíduos orgânicos, como restos de ração, fezes e folhas (EDING et al., 2006).

A aquaponia surge como uma alternativa de cultivo sustentável acessível aos pequenos e grandes produtores, resultando em menor impacto ambiental (CARNEIRO et al., 2015c). O sistema aquapônico é um sistema fechado onde se produz organismos aquáticos e vegetais terrestres sem utilização de solo e ainda reduz consideravelmente o lançamento de efluentes no meio ambiente, diminuindo a contaminação do solo e da água. Permite ainda o reaproveitamento do efluente gerado pela aquicultura por meio da recirculação e manutenção do sistema hidropônico (HUNDLEY et al., 2013).

Entre as técnicas possíveis de serem utilizadas na aquaponia está a conhecida como Técnica do Filme de Nutriente (NFT, da sigla em inglês), a qual é originalmente um método hidropônico, sem utilização de substrato, formado por bancadas com tubos PVC, onde a solução rica em nutrientes circula por fluxo laminar e embebe parcialmente as raízes das plantas levando os nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento (SOMERVILLE et al., 2014). Nesta técnica o volume de água e a área de cultivo são relativamente menores que em outros modelos, podendo a área ser otimizada por meio do uso na forma vertical ou em forma de cascata (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006). Este sistema é o mais indicado para o cultivo de folhosas pela praticidade na colheita e na comercialização (CARNEIRO et al., 2015b).

Entre os organismos mais cultivados na aquaponia está a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, que faz parte do grupo de peixes que mais cresce no modelo de produção em cativeiro e tolera condições ambientais adversas, sendo resistente a doenças (ZIMMERMANN, 2000); e a alface *Lactuca sativa* que é a folhosa mais importante no mundo e é cultivada em maior escala pelo sistema hidropônico NFT, isso se deve à fácil adaptação ao sistema, alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo em solo (CERMEÑO, 1990).

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho dos alevinos de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* da linhagem chitralada utilizando sistemas de recirculação aquícola (RAS) e sistema de aquaponia com e sem substrato cultivando alface *Lactuca sativa*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aquicultura

A produção de organismos em cativeiro tem aumentado significativamente em todo mundo. Não obstante, para que haja uma continuidade no crescimento da produção, o desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais é essencial (ARANA, 2004).

A aquicultura vem sendo considerada como uma das melhores alternativas para diminuir a utilização do espaço sem detrimento da produtividade, pois minimiza o desmatamento, conserva os recursos hídricos e contribui com um aumento localizado na produção pesqueira dos parques aquícolas (KUBITZA, 2000). Além disso, é uma saída para a pressão da pesca sobre os estoques pesqueiros naturais (ROTTA; QUEIROZ, 2003). A aquicultura tem um potencial enorme para aumentar o desenvolvimento econômico e social de uma região específica, gerando empregos e renda na qual aproveita ao máximo os recursos hídricos locais e aumenta a disponibilidade de proteína (ANA, 2005).

Existem diferentes técnicas para os cultivos na aquicultura: cultivo estático, sistemas de recirculação de água, cultivos em cercados ou gaiolas, além de derivação de águas lólicas (ARANA, 2004). E, apesar da aquicultura ser uma boa alternativa para a continuidade da produção de alimento e minimizar os impactos causados por outros modelos de produção, ela também pode causar alguns impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos (ZELAYA et al., 2001).

Entre os sistemas de cultivo possíveis, um dos mais promissores para a redução desses impactos ambientais é o sistema recirculação de água (RAS) que se baseia na alta troca de água, permitindo de uma a vinte trocas totais por hora, sem diminuir a qualidade da água e a produção por área (KUBITZA, 2000).

No RAS o fluxo da água inicia-se com o bombeamento do recipiente de retorno (*sump*) para o tanque de cultivo, a partir deste ponto o fluxo ocorre por gravidade para o decantador e em seguida para o filtro biológico até chegar novamente ao *sump*. Como o metabolismo bacteriano requer oxigênio, é necessário que o ar seja fornecido para o biofilme. Dessa forma, a medida que a água passa pelo filtro, vai sendo continuamente oxigenada, enquanto o dióxido de carbono vai sendo removido (EDING et al., 2006).

2.2 Sistema de Aquaponia

A aquaponia é uma forma de policultivo que consiste na integração do cultivo de plantas sem uso de solo (hidroponia), com a criação de organismos aquáticos (aquicultura), onde o efluente proveniente da aquicultura é utilizada pelas plantas, após serem transformados em nutrientes melhor assimiláveis, por meio de um processo de simbiose pela ação de bactérias, aumentando a diversidade e estabilidade do sistema (BLIDARIU et al., 2011; CARNEIRO et al., 2015a). Esse processo utiliza pouca água, constituindo uma produção sustentável de alimentos com otimização dos espaços e recursos naturais e podendo contribuir de forma significativa para a economia local (BLIDARIU et al., 2011; HUNDLEY et al., 2013; CARNEIRO et al., 2015b).

Um sistema de aquaponia é composto por três componentes principais: tanques criatórios de peixes, filtros biológicos e o componente hidropônico; estas partes são ligadas em um sistema de recirculação, onde a água ao sair dos tanques passa pelos filtros biológicos, onde ocorre uma transformação dos resíduos gerados pela ração ofertada para os peixes em nutrientes para o componente hidropônico, finalmente a água retorna para os tanques de peixes em um ciclo fechado (EMBRAPA, 2015; CANASTRA, 2017).

A aquaponia surge como uma alternativa acessível aos pequenos e grandes produtores de cultivo sustentável com produção de alimentos orgânicos, resultando em menor impacto ambiental (CARNEIRO et al., 2015c). Esse sistema de cultivo consegue atender os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) definidos pelas Nações Unidas e compõem uma agenda global, adotada em setembro de 2015, totalizando 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas até 2030 (ONU, 2015).

Segundo Carneiro et al. (2015b) existem três modelos de produção comumente utilizados nos sistemas de aquaponia, são eles: sistema de produção com técnica de fluxo laminar de nutrientes (*Nutrient Film Technique*, NFT), sistema de produção em placas flutuantes (*Floating Raft System*, SPPF) e sistema de produção com substrato (*Media Filled Growbed*, SPS).

2.3 Organismos cultivados na aquaponia

Considerando o ponto de vista econômico, as tilápias são o grupo de peixes que mais cresce no modelo de produção em cativeiro e os peixes exóticos de maior êxito na piscicultura mundial com produção mundial de 486.155 toneladas (CASTILLO-CAMPO, 1995; FAO,

2020). A espécie ocupa a posição de número dois no ranking de espécies mais cultivadas no mundo, sendo a mais produzida no Brasil, apresentando um crescimento de 223% em 10 anos devido aos incentivos e investimentos em modernização e à intensificação da produção tanto em tanques-rede em reservatórios, como nos viveiros escavados (OLIVEIRA et al., 2007; EMBRAPA, 2017).

A tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* é nativa da África, do Vale Jordão e da costa do Rio Palestina, esta espécie tem rápido crescimento, alta fecundidade e fácil manejo, apresentando o valor de conversão alimentar aparente recomendado, alta produtividade e excelente desempenho reprodutivo (PHILIPPART; RUWET, 1982; GUERRERO, 1982; KUBITZA, 2000). Está distribuída em águas cálidas subtropicais e tem faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento entre 27°C e 32°C. Se destaca entre as demais espécies cultivadas por tolerar condições ambientais adversas, como baixo oxigênio dissolvido (OD) (1,0 mg.L⁻¹), altos níveis de amônia (2,4 a 3,4 mg.L⁻¹ de amônia não ionizada) e pH (5,0 a 11,0) (KUBITZA, 2000; ESPEJO; TORRES, 2001; WATANABE et al., 2002). Além disso, é resistente a doenças, apresenta excelente desempenho de crescimento, possui amplo espectro alimentar, tem técnica de reprodução dominada, carne de coloração branca e sabor suave (ZIMMERMANN, 2000).

Quanto ao manejo, a fase de alevinagem é uma das mais críticas, pois os peixes estão sujeitos a ataques de predadores. É importante que o manejo proceda de forma correta e adequada, pois contribui para o bom desempenho na fase de engorda (EMBRAPA, 2017). O objetivo desta etapa é garantir a maior sobrevivência dos animais, pois chegarão à fase de engorda maiores e conseqüentemente mais fortes e resistentes (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994).

A alface *Lactuca sativa* é a folhosa mais importante no mundo e é explorada em todo o território nacional, seja em sistemas hidropônicos ou em cultivos no solo, sendo a principal cultura utilizada em hidroponia no Brasil (SOARES, 2002). É consumida largamente em todas as regiões do país e principalmente para consumo fresco em saladas, é muito produzida especialmente onde é praticada a agricultura familiar (CARVALHO et al., 2015; SOARES et al 2015). Além de serem ricas em fósforo e possuírem uma quantidade útil de betacaroteno, de vitamina C, potássio e compostos orgânicos, como os flavonóides e lactucina, apresentam o menor índice de exigência nutricional em sistemas de aquaponia (SILVA et al., 2011).

É cultivada em maior escala pelo sistema hidropônico NFT, isso se deve à fácil adaptação ao sistema, alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo em solo (OHSE et al., 2001). Para o crescimento das plantas, em hidropônia, usa-se uma solução

nutritiva fertilizante que fornece nutrientes essenciais (e.g., nitrito, nitrato e amônia). Já na aquaponia os nutrientes necessários estão na água ofertada pela ração para os peixes (GODDEK et al., 2015).

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Núcleo de Estudo em Segurança Alimentar e Nutricional (NESAN-Aquaponia) localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE campus Aracati–CE, Brasil. O NESAN–Aquaponia é composto por uma estufa, que ocupa uma área de 60m², sendo revestida por tela sombrite com 50% de retenção de luminosidade e filme plástico agrícola em sua cobertura; em uma área adjacente que ocupa ao todo aproximadamente 120m².

O experimento foi constituído por dois tratamentos: sistemas de recirculação (RAS) e aquaponia; com cinco repetições (2x5), no qual foram estocadas igualmente em cada sistema tilápias nilóticas *Oreochromis niloticus* na densidade de 100 peixes.m⁻³ e peso médio de 1,34 g ($\pm 0,71$ g).

Para o RAS foram utilizados tanques de polietileno com volume de 1.000 litros interligado a um decantador de 60 litros, para a sedimentação dos sólidos provenientes de fezes e restos de ração não consumidos, e um biofiltro aerado de 60 litros contendo argila expandida, na proporção de 50% do volume do filtro, como meio de fixação bacteriana. Foi instalada no ponto mais baixo do sistema uma bomba elétrica com potência de 50W e vazão de 2.000 L/h em um recipiente de retorno (*sump*) para recirculação da água.

O sistema de aquaponia segue o mesmo modelo do RAS com a adição de um leito de cultivo hidropônico misto que possui dimensão de 1,0 m² e é composto por quatro canaletas de cultivo confeccionadas com canos de PVC de 100 mm; duas delas canaletas funcionam conforme a Técnica do Filme de Nutriente (NFT, da sigla em inglês), outras duas continham substrato de argila expandida desta forma havia fluxo subsuperficial da água. Os leitos de cultivo NFT foram chamados de “sem substrato” e os leitos de fluxo subsuperficial de “com substrato”.

Cada canaleta suportava a estocagem de 06 alfaces *Lactuca sativa* com um distanciando entre elas de 30 cm, totalizando 24 plantas por leito hidropônico misto. Apesar do fluxo da água ser igual para os sistemas dos dois tratamentos, no sistema de aquaponia a água após sair do filtro biológico é distribuída por tubulações de PVC para as canaletas no

leito hidropônico, em seguida desce por gravidade até chegar ao *sump* que retorna a água para o tanque de cultivo.

Os sistemas foram abastecidos com água do sistema de abastecimento público após dechloragem por um período de 24 horas com aeração vigorosa. A aeração foi realizada 24 h por dia por dois sopradores elétricos onde cada um atendia cinco sistemas e tinha potência de 275 W. O ar era distribuído para os sistemas por meio de cano PVC de 25 mm e a difusão do ar era feita por meio de mangueiras porosas de 25 cm. Foram instaladas duas mangueiras difusoras em cada tanque e em cada filtro biológico.

Foi utilizada ração comercial extrusada com 35% de proteína bruta, 10% de umidade, 3,5% de fibra, 6,0% de extrato etéreo e 500 mg de vitamina C por kg, com grânulos de 3,0 mm (informações do fabricante). Nos primeiros dias esta foi triturada mecanicamente para possibilitar a ingestão adequada dos alevinos e posteriormente na sua forma comercial original, sendo fornecida igualmente nos dois tratamentos experimentais.

Durante os primeiros 07 dias a ração foi ofertada considerando a taxa de arraçoamento de 15% da biomassa estocada; do 15° ao 28° dia a taxa foi 14% da biomassa, do 29° ao 35° dia foi 12% da biomassa estocada, do 36° ao 42° dia foi 10% da biomassa estocada, do 43° ao 52° dia foi 8,5% da biomassa estocada sendo calculadas as quantidades a partir dos dados obtidos nas biometrias.

Durante o experimento foram acompanhados os seguintes indicadores de qualidade de água: diariamente o oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD) utilizando sonda multiparâmetro (HANNA HI 9829) para as medições *in loco*.

O experimento teve duração de 52 dias, período em que foram realizadas quatro biometrias para acompanhar o desempenho zootécnico das tilápias. No primeiro dia, ao realizar a estocagem dos animais nas caixas destinadas ao experimento, foi realizada a primeira biometria medindo e pesando todos os peixes. As demais biometrias foram realizadas através de amostragem, sendo retirados 30 peixes por tanque (30% do estoque). Para garantir o bem-estar dos peixes foi realizada a insensibilização com óleo de cravo (eugenol) na concentração de 150 mg.L⁻¹ por banho de imersão, facilitando a pesagem dos animais em balança digital (BEL MARK S3201). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA-IFCE) protocolada com o nº 7583141117.

Já o cultivo das alfaces teve duração de 39 dias, sendo as plântulas implantadas nos sistemas após 13 dias do início do cultivo dos peixes, ao final do cultivo foi realizada a biometria para acompanhar o desenvolvimento fitotécnico, sendo realizada avaliação

estatística para comparar o desempenho das plantas cultivadas nos leitos de aquaponia com e sem substrato. Cada planta foi pesada separadamente com a raiz, sem a raiz e apenas as folhas para a obtenção do peso médio (g), biomassa final (g) e sobrevivência (%). As alfaces oriundas do projeto foram doadas a alunos e servidores do IFCE *campus* Aracati.

Para realização da estatística dos indicadores de qualidade de água, do desempenho zootécnico e dos resultados fitotécnicos foi realizado o teste t de Student utilizando o programa BIOESTAT 5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Qualidade de água

Todos os indicadores de qualidade de água ficaram dentro das faixas ótimas sugeridas por Boyd e Queiroz (2004) para o cultivo de peixes, o que também é encontrado para outros estudos realizados com tilápias em cultivos com RAS (MARENGONI et al., 2010; SANTOS et al., 2021). Nenhum dos indicadores monitorados apresentou diferença estatisticamente significativa (teste-t: $p > 0,05$) (Tab. 1). Isso indica que os cultivos não diferem em qualidade, possuindo resultados semelhantes para os dois tratamentos testados em relação aos indicadores de qualidade de água.

Tabela 1 - Indicadores de qualidade de água.

Indicadores de Qualidade de Água	RAS	Aquaponia
Temperatura (°C)	27,94 ± 0,23	27,96 ± 0,15
Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹)	6,80 ± 0,58	7,23 ± 0,17
pH	7,9 ± 0,1	8,0 ± 0,0
Condutividade Elétrica (µS.cm⁻¹)	1100,08 ± 359,55	1074,53 ± 123,68
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L⁻¹)	584,12 ± 178,95	537,35 ± 61,93

Nenhum indicador apresentou diferença estatisticamente significativa nos tratamentos (teste-t: $p > 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os valores de temperatura e oxigênio dissolvido obtidos na presente foram semelhantes aos observados por Santos et al. (2020). Apesar da temperatura ser um fator determinante no crescimento dos peixes e plantas (HUNDLEY, 2013) valores mais altos de

temperatura, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica nos sistemas de aquaponia parecem ser um padrão quando comparado aos valores observados em outros tipos de sistemas de cultivo (EL-SAYED; KAWANNA, 2008; MARENGONI et al., 2010; SANTOS et al., 2020).

Apesar do pH não demonstrar diferença para o cultivo de aquaponia, a condutividade elétrica pode ser diferente dependendo da planta utilizada no sistema (e.g., manjeriço, manjerona) (HUNDLEY, 2013).

4.2 Desempenho zootécnico

Segundo Santos et al. (2021) o modelo de cultivo RAS apresenta melhor desempenho zootécnico do que outros sistemas de cultivo (e.g., com e sem renovação de água). Apesar disso, no presente estudo não foi encontrado diferença no desempenho das tilápias entre os tratamentos (teste-t: $p > 0.05$) (Tab. 2).

Tabela 2 - Desempenho zootécnico das tilápias cultivadas em RAS e aquaponia.

Indicadores zootécnicos	RAS	Aquaponia
Peso médio final (g)	19,40 ± 1,92	20,51 ± 1,02
Ganho de Peso (g)	18,06 ± 1,92	19,17 ± 1,02
Ganho de Peso Diário (g.dia⁻¹)	0,35 ± 0,04	0,37 ± 0,02
Biomassa final (g.m⁻¹)	1862,05 ± 184,42	1968,82 ± 97,84
Sobrevivência (%)	100	100

Nenhum indicador apresentou diferença estatisticamente significativa nos tratamentos (teste-t: $p > 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No entanto, podemos observar valores maiores de desempenho zootécnico para as tilápias cultivadas em aquaponia, o que corrobora com outros estudos que encontraram a aquaponia como alternativa promissora, estável e um meio sustentável para aproveitamento tanto animal como vegetal (BLIDARIU et al., 2011; CAVALCANTI-FILHO et al., 2020). Os valores mais altos para alguns indicadores zootécnicos pode ter ocorrido pela adição dos compostos que são convertidos pelas plantas em forma de nutrientes para os peixes (CARNEIRO et al., 2015c).

O período utilizado pelo experimento foi de curta duração e como foi observado maiores valores (apesar de não serem estatisticamente significativas) para o sistema de aquaponia, talvez com maior tempo de cultivo poderia ser visualizado maior diferença e possível significância estatística na comparação com o RAS (BARBOSA et al., 2009). Outro fator que pode influenciar no desempenho zootécnico é a densidade de estocagem, na qual é observado que em uma menor densidade de peixes pode haver mais eficiência do cultivo (HUNDLEY, 2013).

4.3 Desempenho fitotécnico

Apesar dos sistemas de aquaponia não serem diferentes dentro deste mesmo tratamento, foi encontrado diferença estatística quando comparado o peso médio final das plantas nos leitos com substrato e sem substrato (teste-t: $p < 0,05$) (Tab. 3). Isso pode ter ocorrido devido à funcionalidade nos tratamentos em questão, onde o NFT pode possibilitar uma menor circulação já que cobre parcialmente as raízes das plantas (SOMERVILLE et al., 2014). Além disso, esse sistema utiliza menor volume de água e área do que em outros sistemas por utilizarem apenas nível de fluxo laminar, o que pode ter influenciado no crescimento e peso das plantas (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Tabela 3 - Desempenho fitotécnico das alfaces cultivadas no sistema de aquaponia.

Indicadores Fitotécnicos	Com substrato	Sem substrato
Peso médio final (g)*	59,8 ± 43,7	23,6 ± 18,6
Biomassa por tipo aquaponia (g)	3528,48	1228,84
Biomassa total (g)	4757,32	
Sobrevivência por tipo de aquaponia (%)**	98,3 ± 3,7	86,7 ± 15,1
Sobrevivência total (%)	92,5 ± 8,6	

Dados expressos em * apresentaram diferença estatisticamente significativa (teste-t: $p > 0,05$); Dados expressos em ** não apresentaram diferença estatisticamente significativa (teste-t: $p > 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Além disso, a biomassa, que é o somatório dos pesos das plantas, foi maior para as aquelas cultivadas com substrato, o que corrobora com a hipótese de que o sistema com fluxo subsuperficial (com substrato) é mais vantajoso para o crescimento das alfaces.

As plantas obtiveram sobrevivência média de 92,5%, totalizando 111 plantas ao final do cultivo. A mortalidade das plantas pode ser explicada por problemas metodológicos e estruturais, como condições ambientais dentro da estufa e falhas ocasionais no funcionamento dos sistemas, comprometendo a circulação de água nas unidades de cultivo, o que afeta o desenvolvimento dos organismos cultivados.

5 CONCLUSÃO

É possível concluir que tanto o sistema de recirculação (RAS) como a aquaponia promoveram condição ambiental adequada para o bom desenvolvimento dos peixes cultivados, porém ao considerar que ao realizar a aquaponia é aumentada consideravelmente a produção de alimento por meio da biomassa vegetal, este sistema torna-se mais indicado ao se comparar com o RAS. Complementarmente, ao avaliar o desempenho dos vegetais nos leitos aquaponicos observou-se que aqueles que usaram substrato mostraram um melhor resultado em detrimento aqueles que não usaram substrato.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Aquicultura e pesca: situação atual Brasília, 2005. Disponível em:
https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/NovasAquisicoes_Jul2005.asp Acesso: 25 de julho de 2022
- ARANA, L.V. Fundamentos de aquicultura. Florianópolis: UFSC, 2004. 349p. Disponível em:
https://books.google.com.py/books/about/Fundamentos_de_aq%C3%BCicultura.html?id=icxPAAAACAAJ&redir_esc=y Acesso: 25 de julho de 2022
- BARBOSA, A. C. A., MOURA, E. V. D.,; SANTOS, R. V. D. Cultivo de tilápia em gaiolas. EMPARN. 27 p. 2009. Disponível em:
https://books.google.com.py/books?id=7UvXXwAACAAJ&dq=Cultivo+de+til%C3%A1pia+em+gaiolas.+EMPARN&hl=pt-BR&sa=X&redir_esc=y Acesso: 26 de julho de 2022
- BLIDARIU F. et al. Increasing the Economical Efficiency and Sustainability of Indoor Fish Farming by Means of Aquaponics. Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 44 (2). 1.– Review. 2011
- BOYD, C.; QUEIROZ, J.F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: Cyrino, J.E.P. et al (Ed). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, Cap. 3, p.25-43, 2004.

Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>
Acesso: 15 de julho de 2022

CANASTRA, I. I. O. Aquaponia: construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.

CARNEIRO, P. C. F. et al. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. 23 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961, 189). 2015a. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf> Acesso: 25 de julho de 2022

CARNEIRO, P. C. F. et al. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. (Org.). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos: Editora Pedro & João, 2015b. 429 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf> Acesso: 25 de julho de 2022

CARNEIRO, P. C. F. et al. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. 30 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953, 189). 2015c. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf> Acesso: 25 de julho de 2022

CARVALHO, R.O. et al. Hydroponic lettuce production and minimally processed lettuce. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, p.290-293, 2015. Special issue.

CASTILLO-CAMPO, L. F. História genética e hibridação da tilápia roja. San Tander: Ideal, 1995. 236p. [10.13140/RG.2.1.4356.9686](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4356.9686)

CERMEÑO, Z.S. Estufas – instalações e manejo. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 355 p.

EL-SAYED, A.F.M.; KAWANNA, M. 2008. Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquac. Res.*, 39: 670-672. [10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x)

EMBRAPA. Tabuleiros Costeiros. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros, 2015. 30p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf> Acesso: 25 de julho de 2022

EMBRAPA. Produção de tilápia no Brasil cresce 223% em dez anos. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez-anos#:~:text=Algumas%20not%C3%ADcias%20publicadas%20no%20Portal,de%20restric%C3%A7%C3%B5es%20da%20legisla%C3%A7%C3%A3o%20eleitoral>. Acesso: 25 de julho de 2022

EDING, E. H. et al. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. *Aquacultural Engineering*, Wageningen, v. 34, p. 234-260, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.007>

ESPEJO, C.; TORRES, E. 2001 Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis spp.*) y la plateada (*Oreochromis niloticus*). In: RODRÍGUEZ, H.; VICTORIA, P.; CARRILLO, M. (Ed.). Fundamentos de Acuicultura Continental. 2. ed. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). 423p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Food safety risk analysis. A guide for national food safety authorities. Rome: FAO; 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43718> Acesso: 2 de agosto de 2022

GODDEK, S. et al. Challenges of sustainable and commercial aquaponics – review. Sustainability, Basel, v.7, p.4199-4224, 2015. <https://doi.org/10.3390/su7044199>

GUERRERO, R.D. III. 1982 Control of tilapia reproduction. In: PULLIN, R.S.V. e Mc CONNELL (Ed.). The biology and culture of tilapias. Manilla: ICLARM Conference Proceedings, 7. / International Center for Living Aquatic Resources Management. 432p.

HUNDLEY, G. M. C. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.3, p.51-55, 2013. IBGE. Dados estatísticos do Brasil. 2001. <https://doi.org/10.21206/rbas.v3i1.188>

JONES, A.B.; PERSTON, N.P.; DENNISON, W.C. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. Aquaculture Research, v.33, p.1–19, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557X.2001.00637.x>

KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 1. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285 p.

MARENGONI, N. G.; ALBUQUERQUE, D. M.; MOTA, F. L. S., PASSOS NETO; O. P., SILVA NETO; A. A., SILVA, A. I. M.; OGAWA, M. (2010). Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob à inclusão de probiótico em água mesohalina. *Archivos de Zootecnia*, 59(227), 403-414.

OHSE, S. et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 58, v.1, p. 181-185, 2001.

OLIVEIRA, G. E. et al. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/69806/1/Circular45.pdf> Acesso em: 15 de julho de 2022.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. Manual de piscicultura tropical. Brasília: IBAMA, 1994. 195 p.

PHILIPPART, J-CL.; J-CL. RUWET. 1982. Ecology and distribution of tilapia, p. 15-59. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. 360 p. International Center for living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

- RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank RESH, H.M. Hydroponic food production. 5th ed. Califórnia, EUA, Woodbridge Press Publishing Company, 1996, 527 p.
- ROTTA, M.A.; QUEIROZ, J.F. Boas Práticas de Manejo (BPM's) na produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2003. 21p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/798993/1/DOC47.pdf> Acesso em: 15 de julho de 2022.
- SANTOS, Hanna Karolyna et al. Crescimento e biologia de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) em um sistema de criação em recirculação de água. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-821>
- SILVA, E. M. et al. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. Horticultura Brasileira, v. 29, n. 2, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>
- SOARES, I. Alface: cultivo hidropônico. Fortaleza: Editora UFC, 2002. 50 p.
- SOARES, H.R. et al. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.19, p.636-642, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p636-642>
- SOMERVILLE, C. et al. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 p. 2014 UNESCO. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Porto: Edições Asa. 2015. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/6c3a0de6739c75c63321ef0a7d133463/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237320> Acesso em: 15 de julho de 2022.
- WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production system in the Americas: technological advances, trends, and challenges. Reviews in Fisheries Science [on-line], v. 10, n. 384, p. 465-598. 2010. <https://doi.org/10.1080/20026491051758>
- ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias-do-nilo geneticamente superiores. Panorama da Aqüicultura, Rio de Janeiro, v.9, n. 54, p. 15-21, 1999. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/incubacao-artificial/> Acesso em: 15 de julho de 2022.
- ZELAYA, O.; BOYD et al. Effects of Water Recirculation on Water Quality and Bottom Soil in Aquaculture Ponds. In Eighteenth Annual Technical Report, Pond Dynamics/Aquaculture CRSP. Oregon, 2001. Disponível em: https://www.academia.edu/3028804/EFFECTS_OF_WATER_RECIRCULATION_ON_WATER_QUALITY_AND_BOTTOM_SOIL_IN_AQUACULTURE_PONDS Acesso em: 25 de julho de 2022.