

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA
VERMELHA DA FLÓRIDA (*Oreochromis spp.*) E
REPRODUTIVO DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)
MANTIDOS EM SISTEMA AQUAPÔNICO
CONTENDO PROBIÓTICO E PREBIÓTICO**

Barbara Ayumi Kasuga

Engenheira de Pesca

Jaboticabal, São Paulo
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA
VERMELHA DA FLÓRIDA (*Oreochromis spp.*) E
REPRODUTIVO DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)
MANTIDOS EM SISTEMA AQUAPONICO
CONTENDO PROBIÓTICO E PREBIÓTICO

Barbara Ayumi Kasuga

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antônio Sanches

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Aquicultura do Centro de Aquicultura
da UNESP - CAUNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do
título de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Barbara, Ayumi Kasuga
B229d Desempenho de juvenis de tilápia vermelha da Flórida (*Oreochromis spp.*) e reprodutivo de jundiá (*Rhamdia quelen*) mantidos em sistema aquapônico contendo probiótico e prebiótico / Barbara Ayumi Kasuga.
– – Jaboticabal, 2022
61 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022
Orientador: Eduardo Antônio Sanches
Banca examinadora: Leonardo Tachibana, Dariane Beatriz Schoffen Enke
Bibliografia

1. Sistema integrado. 2. Aquicultura sustentável. 3. Suplementação. 4. Microrganismos vivos. 5. Hortaliças. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.03

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

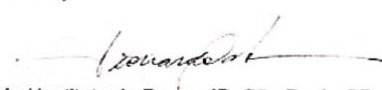
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA VERMELHA DA FLÓRIDA (*Oreochromis spp.*) E REPRODUTIVO DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) MANTIDOS EM SISTEMA AQUAPONICO CONTENDO PROBIÓTICO E PREBIÓTICO**

AUTORA: BARBARA AYUMI KASUGA

ORIENTADOR: EDUARDO ANTÔNIO SANCHES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDUARDO ANTÔNIO SANCHES (Participação Presencial)
Curso de Engenharia de Pesca / FCAVR/Unesp, Registro-SP


Prof. Dr. LEONARDO TACHIBANA (Participação Virtual)
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Peixes Ornamentais / Instituto de Pesca, IP, São Paulo-SP


Profa. Dra. DARIANE BEATRIZ SCHOFFEN ENKE (Participação Presencial)
Curso de Engenharia de Pesca / FCAVR/Unesp, Registro-SP

Jaboticabal, 01 de julho de 2022

SUMÁRIO

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	iv
Agradecimentos.....	1
Ao apoio financeiro e institucional	3
GENERAL ABSTRACT.....	5
Capítulo 1 – Introdução Geral	6
1.INTRODUÇÃO.....	7
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
Capítulo 2 - Desempenho reprodutivo de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>) em sistema aquapônico contendo probióticos e prebióticos.....	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. OBJETIVOS	22
2.1 Objetivos específicos	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Instalações e condições do experimento	22
3.2 Parâmetros reprodutivos e espermáticos	26
3.3 Análise estatística.....	27
4. RESULTADOS	28
5. DISCUSSÃO.....	32
6. CONCLUSÃO.....	34
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
Capítulo 3 - Desempenho de juvenis de tilápia (<i>Oreochromis spp.</i>) da variedade da Flórida e de alfaces Valentina (<i>Lactuca sativa</i>) em sistema aquapônico contendo probióticos e prebióticos.....	40

RESUMO	41
ABSTRACT	42
1. INTRODUÇÃO.....	43
2.OBJETIVOS	44
2.1 Objetivo geral.....	44
2.2 Objetivo específicos.....	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 Instalações e condições do experimento	45
4. RESULTADOS	49
5. DISCUSSÃO.....	54
6. CONCLUSÃO	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Lista de figuras

Figura 1. Desenho esquemático da unidade experimental aquapônico. Por Vinícius Mecca Zabotto.	25
Figura 2. Visão geral e distribuição da aeração no sistema aquapônico.....	25
Figura 3. Desenho esquemático da plataforma NFT e o filtro do sistema aquapônico. Por Vinícius Mecca Zabotto.....	47
Figura 4. Visão geral dos sistemas e distribuição da aeração no sistema de aquaponia. Por Vinícius Mecca Zabotto.....	48

Lista de tabelas

Tabela 1. Composição do suplemento energético, vitamínico e aminoácido com probiótico e prebiótico - DBAqua®.....	23
Tabela 2. Composição nutricional da ração laguna onívoros alevinos 2,6 mm 36% Socil® - saco 25 kg.	24
Tabela 3. Desempenho zootécnico das fêmeas e machos de jundiá R. quelen, criados em sistema de aquaponia, utilizando quatro diferentes doses de DBAqua®.	29
Tabela 4. Parâmetros de qualidade de água (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.	30
Tabela 5. Parâmetros reprodutivos das fêmeas de jundiá R. quelen (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de DBAqua®.....	30
Tabela 6. Estatística descritiva das análises dos parâmetros espermáticos do jundiá, R. quelen avaliados pelo plugin CASA em 5s pós ativação.	31
Tabela 7. Composição nutricional da ração laguna onívoros alevinos 2,6 mm 36% Socil® - saco 25 kg.	46
Tabela 8. Desempenho zootécnico dos alevinos de tilápia vermelha da Flórida <i>Oreochromis spp.</i> , cultivadas em sistema de aquaponia, utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.	51
Tabela 9. Parâmetros de qualidade de água e vazão volumétrica das mesas de cultivos das alfaces (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.....	52
Tabela 10. Parâmetros de peso e número de folhas de alface sob cultivo aquapônico utilizando quatro diferentes doses de probiótico.....	52
Tabela 11. Concentração e acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de alface em cultivo aquapônico utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.	53

Dedicatória

*“Dedico este trabalho aos meus pais **Diogo Kasuga** e **Marli Rodrigues de Sá Kasuga** que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me incentivar nos meus objetivos”.*

A eles, todo o meu amor e gratidão por tudo.

*“A minha tia **Vera Lucia de Sá** e a minha avó **Edith de Sá** que mesmo não estando mais presente entre nós, sei que, de algum lugar, olham por mim”.*

Saudade eterna.

*“Dedico também ao meu grande e melhor amigo **Lucas Kodama**, você faz muita falta”.*

Penso em você todos os dias.

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado”.

Roberto Shinyashiki

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por toda força, amor e que graças a ele cheguei aonde estou hoje.

Ao meu orientador Professor Drº. Eduardo Antônio Sanches por sempre mostrar o melhor caminho a ser seguido, pela paciência durante esses anos, e pela dedicação na formação de excelentes profissionais.

A minha família especialmente aos meus irmãos e a minha sobrinha Luiza Kasuga, pelo suporte, apoio e compreensão pelos momentos que me ausentei.

As minhas grandes amigas Taynara Castro e Nathalia Caroline, obrigada por sempre acreditarem nos meus sonhos.

As minhas amigas Cíntia Araújo, Júlia Pohl, Kelly Izumi, Stéfany Gonçalves e Stephanie Nickus que apesar da distância sempre estiveram presentes comigo.

Ao grupo Fish Reproduction em especial Gabriela Carvalho, Janaina Valandro, Vinícius Zabotto e Luciana por ajudarem na realização desse experimento.

Ao Felipe Shiniti e a Jéssica Ferreira que ajudaram nas atividades desenvolvidas no experimento.

À Thais Gonçalves e a S3 Piscicultura pelo carinho, incentivo e parceria, colaborando para que essa pesquisa fosse realizada.

Ao laboratório de diagnose de solo, planta e fisiologia vegetal, especialmente ao professor Danilo Rozane e ao técnico Marcos Aurélio pelas conversas, apoio e auxílio nas análises.

A Universidade Estadual Paulista, especialmente ao Programa de Pósgraduação em Aquicultura- CAUNESP, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional proporcionado.

À coordenação e a secretaria, especialmente ao David Oliveira Lorente obrigada pela atenção e suporte nos últimos anos.

Aos funcionários da Universidade Estadual Paulista - Campus Registro que sempre foram receptivos e atenciosos durante a realização do experimento.

Aos meus cachorros de apoio que foram cruciais nessa etapa e me ajudaram incondicionalmente.

A todos que, mesmo não citados, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Ao apoio financeiro e institucional

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Bolsa de Mestrado, código nº 33004102049P7).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO GERAL

Os probióticos associados aos prebióticos são uma alternativa de suplementação que auxiliam na criação de animais aquáticos, podendo melhorar a resistência do peixe a doenças e a qualidade de água do ambiente. Entretanto, estudos utilizando esses microrganismos em sistemas aquapônicos ainda são limitados. Com isso, o objetivo do primeiro experimento foi avaliar o desempenho zootécnico e reprodutivo do jundiá (*Rhamdia quelen*) durante o período de 31 dias em sistema aquapônico, sob inclusão a cada cinco dias na água de doses crescentes de um suplemento energético, vitamínico e aminoácido enriquecido com probiótico e prebiótico (DBAqua®), nas concentrações de 0,0 (controle); 0,05; 0,20 e 0,35 g/m³. O objetivo do segundo experimento foi avaliar o desempenho zootécnico da tilápia vermelha da Flórida (*Oreochromis spp.*), e o desempenho produtivo e nutricional da alface Valentina (*Lactuca sativa*), sob a inclusão a cada cinco dias na água de doses crescentes de DBAqua®, utilizando a mesma concentração do primeiro experimento, durante o período de 40 dias. Com relação aos parâmetros zootécnicos e reprodutivos do jundiá (*R. quelen*), não houve efeito significativo para nenhum dos parâmetros avaliados. No segundo experimento não foi observado efeito significativo nos parâmetros de desempenho zootécnico da tilápia vermelha da Flórida (*O. spp.*) e desempenho produtivo, concentração de macronutrientes e micronutrientes e acúmulo de macronutrientes da alface Valentina (*Lactuca sativa*), apenas o parâmetro de acúmulo dos micronutrientes ferro e manganês foi observado efeito significativo ($P < 0,05$). Diante disso, conclui-se que a dose de até 0,35 g/m³ de DBAqua® a cada cinco dias pode ser aplicada na água em sistemas aquapônicos sem efeitos negativos sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de jundiá, no desempenho zootécnico de tilápia vermelha da Flórida e desempenho produtivo e composição nutricional da alface Valentina.

Palavras-chave: Sistema integrado, Aquicultura Sustentável, Tilápia, Jundiá, Suplementação, Hortaliças, Microrganismos vivos.

GENERAL ABSTRACT

Probiotics associated with prebiotics are a supplementation alternative that aid in the creation of aquatic animals and can improve fish resistance to diseases and water quality of the environment. However, studies using these microorganisms in aquaponic systems are still limited. Therefore, the objective of the first experiment was to evaluate the zootechnical and reproductive performance of jundiá (*Rhamdia quelen*) during the 31-day period in aquaponic system, under inclusion every five days in water of increasing doses of an energetic, vitamin and amino acid supplement enriched with probiotic and prebiotic (DBAqua®), at concentrations of 0.0 (control); 0,05; 0.20 and 0.35 g/m³. The objective of the second experiment was to evaluate the zootechnical performance of Florida red tilapia (*Oreochromis spp.*), and the productive and nutritional performance of Valentina lettuce (*Lactuca sativa*), under the inclusion every five days in water of increasing doses of DBAqua®, using the same concentration of the first experiment, during the 40-day period. Regarding the zootechnical and reproductive parameters of jundiá (*R. quelen*), there was no significant effect for any of the evaluated parameters. In the second experiment, no significant effect was observed in the parameters of zootechnical performance of Florida red tilapia (*O. spp.*) and productive performance, concentration of macronutrients and micronutrients and macronutrient accumulation of valentina lettuce (*Lactuca sativa*), only the accumulation parameter of iron and manganese micronutrients was observed a significant effect ($P < 0.05$). Therefore, it is concluded that the dose of up to 0.35 g/m³ of DBAqua® every five days can be applied to water in aquaponic systems without negative effects on the zootechnical and reproductive performance of jundiá, on the zootechnical performance of Florida red tilapia and productive performance and nutritional composition of Valentina lettuce.

Keywords: Integrated System, Sustainable Aquaculture, Tilápia, Jundiá, Supplementation, Vegetables, Living Microorganisms.

Capítulo 1 – Introdução Geral

1.INTRODUÇÃO

A população mundial tem aumentado significativamente ao longo dos últimos anos ultrapassando 7,2 bilhões, dessas, 2,3 bilhões de pessoas não tiveram acesso a alimentação apropriada durante o ano de 2020 (FAO, 2021). Estima-se que a população global atinja 8,3-10,9 bilhões de pessoas até 2050 (Bringezu, et al., 2014), afetando diretamente o consumo de alimentos (Thomas, et al., 2017), e as questões sociais e econômicas (Joyce, Goddek, Kotzen, & Wuertz, 2019a). Desta forma, dispõe a agenda 2030, onde reúne diversos países que juntos buscam o desenvolvimento sustentável, econômico, social e ambiental (IPEA, 2018).

A agricultura sustentável é um exemplo de produção de alimentos que causam menos danos ao meio ambiente (Lehman, Clark, & Weise, 1993), produzindo alimentos de alta qualidade para o consumo humano (Wunderlich & Martinez, 2018). Francis et al., (2003) acrescenta que a produção sustentável pode ser alcançada assemelhando-se aos ecossistemas naturais. Neste contexto, a aquaponia é um exemplo de um sistema de produção de alimentos sustentável, uma vez que permite a produção de dois cultivos diferentes (Goddek, Joyce, Kotzen, & Dos-Santos, 2019). Em 2015, o parlamento Europeu nomeou aquaponia como uma das dez tecnologias que podem mudar a vida das pessoas (Woensel, Archer, Panades-Estruch, & Vrscaj, 2015). As instalações do sistema podem ser realizadas em áreas improdutivas ou próximas a grandes centros urbanos, reduzindo a produção de gás carbono associado a fazendas rurais e ao transporte dos produtos até a sua comercialização (Joyce, et al., 2019a).

A aquaponia faz referência a um sistema de cultivo que une a hidroponia (cultivo de plantas sem o uso de solo) e aquicultura (criação de organismos aquáticos) (Bosma, et al., 2017). É uma relação simbiótica, onde os nutrientes presentes no efluente dos peixes são absorvidos pelas raízes das plantas (Diver, 2006), à medida que as plantas assimilam esses nutrientes, diminuem a eutrofização do sistema aquático, melhorando a qualidade da água e o desempenho do tanque dos peixes (Liang & Chien, 2013). O efluente proveniente dos peixes contém nitrogênio (N), fósforo (P), compostos orgânicos e inorgânicos específicos (Effendi, Wahyuningsih, & Wardiatno, 2017). Dessa forma, o cultivo é mais eficiente comparada aos sistemas convencionais, a sobra de ração e os

resíduos dos peixes são convertidos, auxiliando no crescimento das plantas (Palm, et al., 2018). Além disso, em termos de eficiência hídrica, a aquaponia perde água apenas por evapotranspiração, principalmente mediada pelas plantas, utilizando baixa renovação de água (Lennard & Leonard, 2006), podendo ser produzidos em regiões semiáridas (Diver, 2006).

O primeiro relato da aquaponia se inicia no México, onde foi desenvolvida pelos astecas (Brummett & Barry, 2002), porém eram conhecidas como “jardins flutuantes” (McKrause, 2019), onde as plantas eram irrigadas com água do lago dos peixes (Goodman, 2011). Após esse período, há relatos no sudeste asiático (Komives & Ranka, 2015), onde inicialmente foi interligado a produção de arroz a carpas, para beneficiamento de ambos (Palm, et al., 2018). Essa prática foi mais comum a partir do século XIX (Halwart & Gupta, 2004). Entretanto, era uma tecnologia recente, havendo poucas informações a respeito da proporção de peixes e plantas (Lennard & Goddek, 2019). Os sistemas de aquaponia modernos se iniciaram na década de 1970 (Lewis, Yopp, Schramm, & Brandenburg, 1978; Naegel 1977; Rakocy 1989; Waten & Busch, 1984).

O sistema de recirculação de água demanda de componentes básicos, um tanque de peixes, canteiro de plantas e biofiltros ou decantadores (König, Janker, Reinhardt, Villarroel, & Junge, 2016). Desta forma, os peixes excretam amônia através das brânquias, urina e fezes, onde a água rica em nutrientes flui para o filtro biológico e a amônia (NH_4^+) é convertida a nitrito (NO_2^-) pelas bactérias *Nitrosomonas spp* e então um segundo tipo de bactéria a *Nitrobacter spp.* converte o nitrito em nitrato (NO_3^-) (Goodman, 2011). O componente final desta conversão bacteriana, nitrato, é menos tóxica para os peixes (Goddek, Delaide, Mankasingh, Ragnarsdottir, & Jijakli, 2015). A relação entre bactérias, plantas e peixes são altamente complexas e interdependente (Tyson, Treadwell, & Simonne, 2011).

Assim, conseguir o equilíbrio certo requer conhecimentos fundamentais em relação aos seguintes tópicos: (1) tipo de peixe e sua taxa de conversão alimentar; (2) composição dos alimentos do peixe; (3) frequência de alimentação; (4) tipo e design do sistema hidropônico; (5) tipos e estágios fisiológicos de plantas cultivadas (verduras frondosas vs. hortaliças frutíferas); (6) densidade e semeadura vegetal; (7) composição química da água influenciada pela taxa de mineralização dos

resíduos dos peixes (Goddek, et al., 2015). Além disso, como dependem da mesma água de recirculação é importante encontrar a qualidade da água ideal, já que interferem diretamente nos microrganismos, peixes e plantas (Tyson, Simonne, White, & Lamb, 2004).

O projeto de aquaponia pode ser realizado desde o uso doméstico (Palm, et al., 2018) até em escala comercial (Love, et al., 2015). Além disso, está sendo realizado em formatos de jardins verticais, telhados verdes ou paredes vivas, principalmente em áreas urbanas (Palm, et al., 2018). Podendo conciliar tecnologias de aquicultura, hidropônia, energia solar, eólica e bateria (Giacomantonio, 2012).

Os tipos de sistemas mais comuns são classificados em *Media-filled bed*, *DWC (deep water culture)*, *Wicking bed* e *NFT (nutrient film technique)* (Carneiro, Moraes, Nunes, Maria, & Fujimoto, 2015). O método NFT foi criado por Allen Cooper em 1965, e desde então tem sido o mais viável comercialmente para o cultivo de diversas culturas (Cometti, 2003). O tanque dos peixes fica associado a um sistema de hidroponia convencional em perfis de PVC (Queiroz, Freato, Luiz, Ishikawa, & Frighetto, 2017). As raízes das plantas ficam submersas com fluxo parcial ou total de água sendo movido através da gravidade (Palm, et al., 2018), realizando o transporte dos nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas (Love, et al., 2015). Além disso, o cultivo nesse tipo de sistema possui maior controle ambiental, facilidade no manejo, menor incidência de pragas e doenças (Ribeiro, 2017). Outra vantagem em sistemas de NFT de pequena escala é o baixo consumo de energia devido a utilização de uma única bomba (Palm, et al., 2018), e quando comparada aos demais sistemas possui menor custo econômico para a sua construção (Lennard & Leonard, 2006).

A escolha do cultivar no sistema aquapônico é vasto, sendo possível cultivar ervas, plantas medicinais e ornamentais (Palm, et al., 2018). Estudos de Love et al., (2015), constam dados dos principais cultivares entre produtores de aquaponia comerciais sendo: manjerição (*Ocimum basilicum*, 81% dos entrevistados), verduras de salada (76%), ervas (73%), tomate (*Solanum lycopersicum*, 68%), alface de cabeça (*Lactuca sativa*, 68%), couve (*Brassica oleracea*, 56%), acelga (*Beta vulgaris* subespécie cicla, 55%), bok choi (*Brassica rapa* subespécie

chinensis , 51%), pimentas (*capsicum annuum*, 48%) e pepinos (*Pepino sativus*, 45%).

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertencente à família Asteraceae é uma planta herbácea anual, podendo ser cultivada o ano inteiro (Carvalho, Zanella, Mota, & Lima, 2005). Sendo a hortaliça mais consumida na alimentação do brasileiro (Grangeiro, et al., 2006), devido a sua distribuição geográfica e acessibilidade em relação ao preço (Teodoro, Seixas, Lacerda, & Araújo, 2016). Além disso, é um alimento rico em nutrientes e fonte de vitaminas A e C (Martins, Medeiros, Lopes, Braga, & Amorim, 2009), sais minerais, ferro e cálcio (Ohse, 1999).

Portanto, é uma das espécies vegetais mais utilizadas na aquaponia (Diver, 2006), devido ao seu alto rendimento e facilidade na sua produção (Pérez-urrestarazu, Lobillo-equíba, Fernández-cañero, & Fernández-cabanás, 2019), atingindo valor comercial em cerca de 28 dias (Rakocy, Masser, & Losordo, 2006). A alface Valentina é do grupo da alface crespa, apresentando grande porte, folhas largas e compridas possuindo cor verde chamativa, possuindo facilidade na sua comercialização devido ao tamanho e a sua coloração (Sakata, 2020).

A produção de pescado tem se intensificado no mundo nos últimos anos alcançando 179 milhões de toneladas em 2018, dessas, 46% são provenientes da aquicultura (FAO, 2020). No Brasil em 2021 a produção de peixes de cultivo alcançou uma produção de 841.005 t (PeixeBr, 2022).

Diante desse cenário aumentam as necessidades por novas tecnologias que melhorem a saúde e o desempenho produtivo (Vieira & Pereira, 2017). Sendo assim, suplementos contendo probióticos e prebióticos são adotados na criação de organismos aquáticos, com a finalidade de melhorar o desempenho dos peixes (Ribeiro, Costa, & Logato, 2008) e estimular o sistema imunológico contra patógenos (Bloemer & Madureira, 2019).

Os probióticos são suplementos alimentares compostos por microrganismos vivos que em quantidades ideais, ajudam a melhorar o equilíbrio da microbiota intestinal produzindo efeitos benéficos a imunidade do peixe (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000). No entanto, os prebióticos são compostos fibrosos que não são digeríveis por enzimas, ácidos e sais produzidos pelo metabolismo (Mantovani, 2021), atuando seletivamente no crescimento e/ou

das suas atividades no intestino (Junqueira & Duarte, 2005). Sendo assim, esses compostos são fermentados pelos microrganismos vivos do trato gastrointestinal, esse processo seleciona e estimula o crescimento e atividade de bactérias benéficas, melhorando a saúde do organismo (Gibson & Roberfroid, 1995). Os simbióticos são a junção de probióticos e prebióticos, possuindo efeitos sinérgicos, para beneficiamento de ambos (Gibson & Roberfroid, 1995).

Os *Pseudomonas* e *Bacillus* são usados na hidroponia e na aquicultura, devido a sua eficiência (Folorunso, Roy, Gebauer, Bohat, & Mraz, 2020). Os probióticos mais utilizados na aquicultura são compostos por *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus spp.*, *Vibrio spp.*, *Bifidobacterium spp.* e *Saccharomyces spp.* (Barros, 2012).

Segundo Joyce, Timmons, Goddek, & Pentz (2019b) o uso de prebióticos e probióticos em sistema de aquaponia apresentam potencial, uma vez que pode melhorar a saúde dos peixes e obter múltiplos efeitos nas plantas. Apesar disso, estudos com a utilização desses microrganismos em sistema de aquaponia ainda são limitados, e o seu efeito sobre as plantas e peixes precisam de mais informações para serem aplicados em escala comercial.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, C. (2012). *Bactérias com potencial probiótico isoladas do intestino do beijupirá (Rachycentron canadum Linnaeus, 1766)*. Dissertação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife.
- Bloemer, J., & Madureira, E. M. (2019). Aplicação de probióticos na aquicultura. *Anais do Congresso Nacional de Medicina Veterinária FAG*, 3, p. 12.
- Bosma, R. H., Lacambrab, L., Landstrac, Y., Perinib, C., Poulied, J., Schwanerd, M. J., & Yinb, Y. (2017). The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. *Aquacultural Engineering*, 78, 146-154.
- Bringezu, S., Schütz, H., Pengue, W., OBrien, M., Garcia, F., & Sims, R. (2014). Assessing global land use: balancing consumption with sustainable supply. *United Nations Environment Programme*. Nairobi/Paris.
- Brummett, R. E., & Barry, C.-P. (2002). Village-based aquaculture ecosystems as a model for sustainable aquaculture development in sub-Saharan Africa. *Ecological Aquaculture: Evolution of the Blue Revolution*. Blackwell Science, 145-160.
- Carneiro, P. C., Morais, C. A., Nunes, M. U., Maria, A. N., & Fujimoto, R. Y. (2015). *Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia*. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa.
- Carvalho, J. E., Zanella, F., Mota, J. H., & Lima, A. L. (2005). Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 935-939.
- Cometti, N. N. (2003). *Nutrição Mineral da Alface (Lactuca sativa L.) em Cultura Hidropônica – Sistema NFT*. Tese de doutorado, INSTITUTO DE AGRONOMIA, CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA CIÊNCIA DO SOLO, Seropédica.
- Diver, S. (2006). *Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATTRA.

Effendi, H., Wahyuningsih, S., & Wardiatno, Y. (2017). The use of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) in water recirculation system. *Applied Water Science*, 7(6), 3055-3063.

FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Sustainability in action. Roma: FAO.

FAO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.

Folorunso, E. A., Roy, K., Gebauer, R., Bohat, A., & Mraz, J. (2020). Integrated pest and disease management in aquaponics: A metadata-based review. *Reviews in Aquaculture*, 1-25.

Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood, R., . . . Poincelot, R. (2003). Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of sustainable agriculture*, 22(3), 98-118.

Giacomantonio, P. J. (2012). *Washington, DC Patente Nº 8,181,391*.

Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., & Jijakli, H. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *sustainability*, 7, 4199-4224. doi:10.3390/su7044199

Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Dos-Santos, M. (2019). Aquaponics and Global Food Challenges. Em S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, G. M. Burnell, S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell (Eds.), *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (pp. 3-17). Suíça: Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-15943-6

Goodman, E. R. (2011). *Aquaponics: community and economic development*. Institute of technology. Tese de Doutorado, Massachusetts Institute of Technology.

Grangeiro, L. C., Costa, K. R., Medeiros, M. A., Salviano, A. M., Negreiros, M. Z., Neto, F. B., & Oliveira, S. L. (2006). Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. *Horticultura brasileira*, 24, 190-194.

Halwart, M., & Gupta, M. V. (2004). *Culture of fish in rice fields*. Rome: FAO.

IPEA. (2018). *2030: ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Brasília. Acesso em 02 de 10 de 2021, disponível em : https://www.ipea.gov.br/porta1/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf

Joyce, A., Goddek, S., Kotzen, B., & Wuertz, S. (2019). Aquaponics: Closing the Cycle on Limited Water, Land and Nutrient Resources. Em S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell, *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (pp. 19-34). Suíça: Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-15943-6

Junqueira, O., & Duarte, K. (1-4 de Outubro de 2005). Resultados de pesquisa com aditivos alimentares no Brasil. *XLII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, pp. 25-28.

Komives, T., & Ranka, J. (2015). Editorial: on the “aquaponic corner” section of the journal. *Ecocycles* 1, 2, 1-2.

König, B., Janker, J., Reinhardt, T., Villarroel, M., & Junge, R. (2016). On the sustainability of aquaponics. *Journal of cleaner production*, 180, 26-32.

Lehman, H., Clark, A., & Weise, S. F. (1993). Clarifying the definition of sustainable agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 6, 127-143.

Lennard, W. A., & Leonard, B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International*, 14(6), 539-550.

Lennard, W., & Goddek, S. (2019). Aquaponics: The Basics. Em S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell, *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*

(pp. 113-143). Suíça: Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-15943-6

Lewis, W. M., Yopp, J. H., Schramm, H. L., & Brandenburg, A. M. (1978). Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Transactions of the American Fisheries Society*, 197, 92-99.

Liang, J.-Y., & Chien, Y.-H. (2013). Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia–water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 693-700.

Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435, 64-74.

Mantovani, L. S. (9 de Fevereiro de 2021). *O uso de prebióticos e probióticos na aquicultura*. Fonte: Piscishow e Avisuleite Ciência, Tecnologia, Negócios e Informação: <https://piscishoweavisuleite.com.br/o-uso-de-prebioticos-e-probioticos-na-aquicultura---por-lais-mantovani-artigos>

Martins, C. M., Medeiros, J. F., Lopes, W. d., Braga, D. F., & Amorim, L. b. (2009). CURVA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM ALFACE HIDROPÔNICA. *Revista Caatinga*, 22(4), 123-128.

McKrause, S. (2019). *A vida no império asteca*. Brainy Bookstore McKrause.

Naegel, L. C. (1977). Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*, 10, 17-24.

Ohse, S. (1999). *Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Goddek, S., Strauch, S. M., Vermeulen, T., . . . Kotzen, B. (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, Towards commercial aquaponics: a review of systems,. *Aquaculture international*, 26(3), 813-842.

PeixeBr. (2022). *Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022*. São Paulo: Associação brasileira de piscicultura.

Pérez-urrestarazu, L., Lobillo-equíba, J., Fernández-cañero, R., & Fernández-cabanás, V. M. (2019). Food safety concerns in urban aquaponic production: Nitrate contents in leafy vegetables. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126431.

Queiroz, J. F., Freato, T. A., Luiz, A. J., Ishikawa, M. M., & Frighetto, R. T. (2017). *Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia*. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna: Embrapa .

Rakocy, J. E. (1989). Vegetable hydroponics and fish culture: a productive interface. *World Aquaculture*, 20(3), 42-47.

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.

Ribeiro, E. F. (2017). *Desempenho de diferentes substratos em cultivo de alface aquapônico e hidrôponico*. Tese de mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados, Programa de PósGraduação em engenharia Agrícola, Dourados.

Ribeiro, P. A., Costa, L. S., & Logato, P. V. (2008). Probióticos na Aquicultura. *Revista Eletrônica Nutritime*, 6(1), 837-846.

Sakata. (Janeiro de 2020). *Alface Valentina Qualidade aliada a segurança*. Fonte: Sakata: <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/valentina>

Teodoro, M. S., Seixas, F. J., Lacerda, M. N., & Araújo, L. M. (2016). Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes doses de vermicomposto. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(1), 18-22.

Thomas, R. J., Reed, M., Clifton, K., Appadurai, A., Mills, A., Zucca, C., . . . Mares, V. (2017). Scaling up sustainable land management and restoration of degraded land. *Global Land Outlook Working Paper*, (p. 25).

Tyson, R. V., Simonne, E. H., White, J. M., & Lamb, E. M. (2004). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the ph levels. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 79-83.

Tyson, R. V., Treadwell, D., & Simonne, E. H. (2011). Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *HortTechnology*, 21, 7-13.

Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4), 655-671.

Vieira, B. B., & Pereira, E. L. (2017). Potencial dos probióticos para o uso na aquicultura. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 14(2), 1223-1241.

Waten, B. J., & Busch, R. L. (1984). Tropical production of Tilapia (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system. *Aquaculture*, 41, 271-283.

Woensel, L. V., Archer, G., Panades-Estruch, L., & Vrscaj, D. (2015). *Ten technologies which could change our lives – potential*. European Parliament.

Wunderlich, S. M., & Martinez, N. M. (2018). Conservation of natural resources by reducing food loss: production and consumption steps in the food chain. *Int Soil Water Conservation*, 331–339.

**Capítulo 2 - Desempenho reprodutivo de jundiá
(*Rhamdia quelen*) em sistema aquapônico
contendo probióticos e prebióticos.**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o desempenho zootécnico e reprodutivo de machos do jundiá *R. quelen* sob diferentes doses de suplemento energético, vitamínico e aminoácido contendo probiótico e prebiótico (DBAqua®) durante o período de 31 dias. O experimento foi montado seguindo um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (0; 0,05; 0,20; 0,35 g/m³) e quatro repetições. Foram utilizados 160 jundiás, distribuídos em 16 caixas de polietileno de 310 L (300 L útil), cada caixa possuía uma mesa de cultivo localizada acima da caixa d'água dos peixes (sistema de recirculação), onde foram confeccionadas em canos de PVC (50mm), possuindo vinte furos (32 mm) para acomodação das alfaces, no total foram distribuídas entre os tratamentos 320 alfaces da variedade Valentina. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia com ração extrusada comercial contendo 36% PB. Não verificou-se efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos para peso médio inicial, peso médio final, biomassa inicial, biomassa final, conversão aparente, conversão aparente por peixe, ganho de peso diário, taxa de crescimento e eficiência alimentar, fecundidade absoluta, fecundidade relativa, taxa de fertilidade, taxa de larvas normais, taxa de eclosão e de parâmetros de cinética espermática (CASA) de taxas de motilidade, velocidade curvilínea, velocidade média de deslocamento, velocidade em linha reta, retilinearidade, oscilação, progressão, frequência de batimento transporto e número de espermatozoides. Assim, o uso de DBAqua® pode ser empregado até 0,35 g/m³ em sistema de aquaponia não influenciando negativamente no desempenho zootécnico e reprodutivo do jundiá.

Palavras-chave: Reprodução de peixes; Análise Espermática; Fertilização; Aditivos; Desempenho; *Rhamdia quelen*; Probióticos; Prebióticos;

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the zootechnical and reproductive performance of males of jundiá *R. quelen* under different doses of energy supplement, vitamin and amino acid containing probiotic and prebiotic (DBAqua®) during the period of 31 days. The experiment was carried out following a completely randomized design with four treatments (0; 0.05, 0.20, 0.35 g/m³) and four replicates. 160 jundiás were used, distributed in 16 polyethylene boxes of 310 L (300 L useful), each box had a cultivation table located above the fish water box (recirculation system), where 320 lettuces of the Valentina variety were made of lettuces. The fish were fed four times a day with commercial extruded feed containing 36% CP. There was no effect ($P>0.05$) between treatments for initial average weight, final average weight, initial biomass, final biomass, apparent conversion, apparent conversion by fish, daily weight gain, growth rate and feed efficiency, absolute fecundity, relative fecundity, fertility rate, normal larvae rate, hatching rate and spermatocinetic parameters (CASA) of motility rates, curvilinear velocity, average displacement speed, straight speed, straight line, retilinearity, oscillation, progression, frequency of beat transport and number of spermatozoa. Thus, the use of DBAqua® can be used up to 0.35 g/m³ in aquaponics system, not negatively influencing the zootechnical and reproductive performance of jundiá.

Keywords: Reproduction of fish; Spermatocinetic Analysis; Fertilization; Additives; Performance; *Rhamdia quelen*; Probiotics; Prebiotics.

1. INTRODUÇÃO

O jundiá *R. quelen* é uma espécie nativa de água doce, a sua distribuição geográfica localiza-se do sudeste do México ao centro da Argentina (Baldiasserotto & Neto, 2004). Possui hábito onívoro (Zaniboni-Filho, Meurer, Shibatta, & Nuñez, 2004) com tendência ao carnívoro, se alimentando de zooplâncton, crustáceos, (Bail, Keith, & Planquette, 2000), peixes e insetos (Boujard, Pascal, Meunier, & Bail, 1997).

Os machos quando comparados as fêmeas, são maiores até o terceiro ou quarto ano de vida (Baldiasserotto, Barcellos, Fracalossi, & Kreutz, 2020). Podendo alcançar 52,0 cm (machos), 66,5 cm (fêmeas) (Weis & Castello, 1980; Benaduce, Rodrigues, Mistro, & Baldiasserotto, 2006), e 4 kg de peso (IGFA, 2001). Na natureza a reprodução se inicia com a maturidade sexual atingindo por volta de um ano de idade (Baldiasserotto, et al., 2020).

Nos últimos anos vem crescendo a sua produção, devido a sua rusticidade, bom desenvolvimento e tolerância a baixas temperaturas em sistemas de produções (Baldiasserotto & Neto, 2004). Além disso, possui resistência ao manejo e aceitação do público consumidor devido à ausência de espinhas intramusculares e pela suculência do seu filé (Fracalossi, Zaníboni-filho, & Meurer, 2002). No Brasil a exportação de bagre foi de 12 toneladas em 2021 (PeixeBr, 2022).

O jundiá possui facilidade na reprodução induzida utilizando hipófise de carpa comum, apresentando ótimas taxas de fertilização e fecundação (Luchini, 1982; Carneiro, 2004). Segundo Aydın & Çek-Yalınız (2019) a saúde e bem-estar dos peixes interfere diretamente na reprodução e saúde dos gametas e embriões. Portanto, o estresse é um fator de predisposição a doenças, queda no desempenho reprodutivo e zootécnico da espécie (Baldiasserotto, et al., 2020). Além disso, a indução hormonal pode acarretar outros fatores de estresse, tais como: manejo na seleção das matrizes, captura, manejo, pesagem, aplicação de hormônios, extrusão do ovócito e espremição (Schreck, 2010).

Diante desse cenário medidas profiláticas utilizando probióticos e prebióticos tem sido uma alternativa na criação de peixes (Rombout, Abelli, Picchietti, Scapigliati, & Kiron, 2010). Além disso, diminui o uso de antibióticos e outros

fármacos, aumenta a produtividade, melhora a qualidade da água (Jahangiri & Esteban, 2018; Liu & Han, 2004), e a saúde dos peixes. Entretanto, pesquisas utilizando esses microrganismos vivos em sistema de aquaponia com jundiá ainda são limitados.

2. OBJETIVOS

Avaliar o efeito da inclusão de suplemento contendo probióticos e prebiótico em diferentes doses sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo do jundiá *R. quelen* em sistema de aquaponia NFT.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico de *R. quelen*;
- Avaliar os parâmetros reprodutivos de fêmeas de *R. quelen*;
- Avaliar os parâmetros reprodutivos de machos de *R. quelen* utilizando o programa computadorizada CASA;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalações e condições do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (10,6x7,2 m), localizado nas dependências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Registro unidade Agrochá, (24° 32' 05" S, 47° 51' 39" W), Registro, São Paulo, entre 26 de fevereiro a 28 de março de 2021, com duração de 31 dias.

Para o experimento foram utilizados no total de 160 peixes com cerca de um ano de idade, possuindo peso inicial de $105,01 \pm 1,48$ g e $21,61 \pm 1,98$ cm (comprimento total médio), onde foram distribuídos em cada tratamento sete fêmeas e três machos. O experimento foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições

sendo os tratamentos compostos pela adição de DBAqua®, fabricante Imeve, lote 039/19, validade 17/09/2021, os níveis de garantia do produto são apresentados na Tabela 1. As concentrações adicionadas foram: 0,00 (controle); 0,05; 0,20 e 0,35 g/m³. As doses foram determinadas a partir do recomendado pelo fabricante (inferior – 0,05g/m³, recomendada – 0,20g/m³ e superior – 0,35g/m³), sendo incorporadas diretamente na água com intervalo de cinco dias, após realização da limpeza periódica (remoção dos dejetos e renovação de 20% de água em cada sistema).

Tabela 1. Composição do suplemento energético, vitamínico e aminoácido com probiótico e prebiótico - DBAqua®.

Níveis de garantia por kg do produto	
<i>Bacillus cereus var. toyoi</i>	4,0 x 10 ¹¹ UFC/ kg
<i>Bacillus subtilis</i>	4,0 x 10 ¹¹ UFC/ kg
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	3,5 x 10 ¹¹ UFC/ kg
<i>Enretococcus faecium</i>	3,5 x 10 ¹¹ UFC/ kg
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3,5 x 10 ¹¹ UFC/ kg
<i>Mananoligossacarídeo</i>	10 g
Lisina	5.000 mg
Metionina	2.500 mg
Colina	2.000 mg
Vitamina C	10 g
Vitamina E	2.5000 UI
Dextrose	50 g

Considerou-se como uma unidade experimental, um sistema de recirculação de água contendo uma caixa de polietileno de 310 litros com 10 peixes e uma mesa de cultivo contendo vinte pés de alfaces cada (Figura 1). Para tanto, cada caixa foi coberta com telas de sombrite 80%, para proporcionar melhor conforto térmico para os animais. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia (08:00h, 11:00h, 14:00h, 17:00h) com 2% da biomassa, utilizando ração extrusada comercial contendo 36% de proteína bruta e granulometria de 2,6 mm (Laguna Socil® Onívoros alevinos) saco de 25 kg, os nutrientes informados pelo fabricante são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Composição nutricional da ração laguna onívoros alevinos 2,6 mm 36% Socil® - saco 25 kg.

Composição química	Unidade
Proteína	360 (g/Kg)
Extrato Etéreo – mín	70 (g/Kg)
Fibra bruta	50 (g/Kg)
Matéria Mineral	90 (g/Kg)
Cálcio -mín	10 (g/Kg)
Calcio – máx	10 (g/Kg)
Fósforo – mín	10 ¹ (g/Kg)
Umidade	100 (g/Kg)
Vitamina C	500 (mg/Kg)

A mídia utilizada no filtro biológico permaneceu durante o período de 60 dias, em sistema de recirculação para maturação e fixação das bactérias nitrificantes. O sistema de filtragem foi composto por tambor de plástico de 20 L (17 L útil), contendo como mídia cascas de ostras (2kg) e tijolo quebrado (2kg), onde permaneceram em ciclismo durante o período experimental. O filtro mecânico foi composto por um decantador cilíndrico e uma manta de bidim, onde ficaram localizados na saída de água da caixa dos peixes para remoção de sólidos suspensos sendo limpos diariamente.

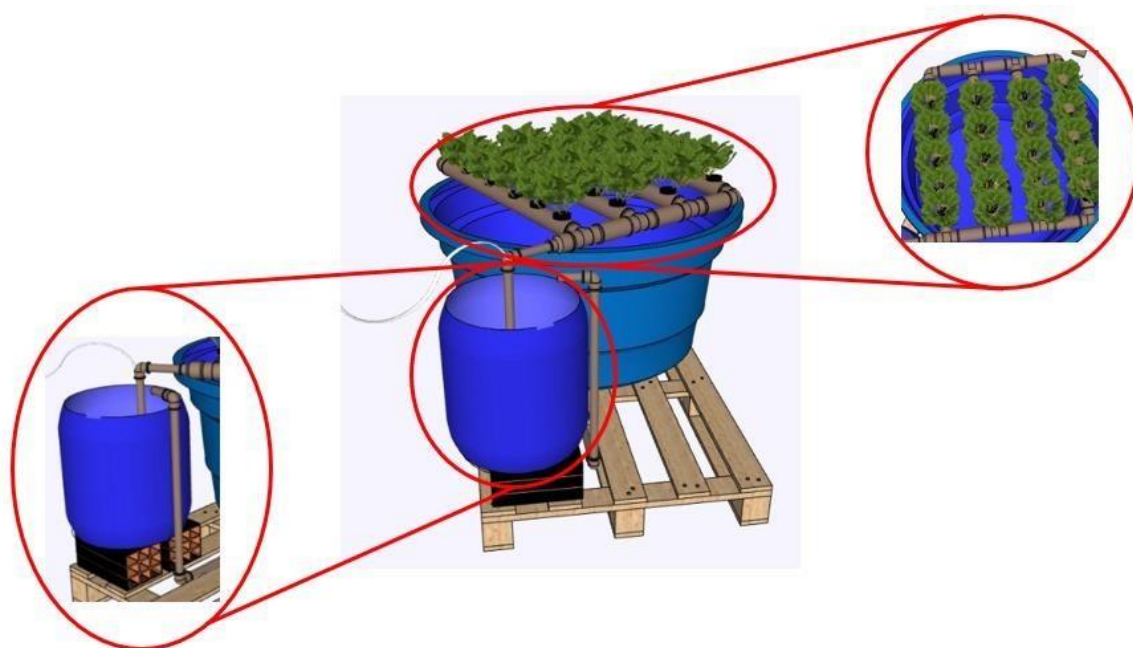


Figura 1. Desenho esquemático da unidade experimental aquapônico. Por Vinícius Mecca Zabotto.

A técnica de bombeamento utilizada foi o “Airlift”, havendo aeração constante na cama de cultivo e na caixa dos peixes, através do soprador com potência de ar 1,1 Hp, a aeração foi distribuída em canos de 20 mm e mangueiras de 5 mm entre as caixas (Figura 2). A água residual de cada tanque utilizada para a criação dos peixes saía por um cano central e seguia por gravidade para o filtro biológico. A mesa de cultivo realizava a distribuição e captação de água através de uma mangueira com injeção de ar.

Semanalmente foram mensuradas no mesmo horário, temperatura (°C), oxigênio dissolvido OD (mg/L), condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH com auxílio da sonda multiparâmetro (YSI Environmental Eco Sense®).



Figura 2. Visão geral e distribuição da aeração no sistema aquapônico.

Os parâmetros zootécnicos foram realizados no laboratório de aquicultura localizado nas dependências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), os peixes ficaram 24 horas de jejum para realização da biometria e índices reprodutivos. No 31º dia, na data de 30 de março de 2021 iniciou a realização dos parâmetros zootécnicos e reprodutivos das fêmeas, e na última semana do dia 13

de abril de 2021 foram realizados os parâmetros zootécnicos e reprodutivos dos machos.

Os parâmetros zootécnicos analisados foram peso médio inicial e final (g), ganho de biomassa inicial e final (g), conversão alimentar aparente (g), conversão alimentar aparente por peixe (g), ganho de peso diário (g), taxa de crescimento específico (%), eficiência alimentar (%) e sobrevivência (%).

3.2 Parâmetros reprodutivos e espermáticos

Foram utilizados 112 fêmeas e 48 machos de jundiá (experimentais), os peixes foram transferidos para um caixa de polietileno de 100 L e anestesiados com 40 mg L⁻¹ de eugenol, após observar que os peixes atingiram o estágio de anestesia desejado, individualmente foram pesados e medidos, posteriormente, submetidos a indução hormonal utilizando extrato bruto de hipófise de carpa (EBHC). As fêmeas foram submetidas a dose total de 5,5 mg/kg, onde receberam duas doses de extrato hipofisário de forma intramuscular na base da nadadeira dorsal. A primeira dose preparatória aplicou-se 10% da dose total (0,5 mg/kg) e após doze horas, a segunda dose 90% (5,0 mg/kg). Os machos foram submetidos a dose única de EBHC, utilizou-se a dose de 2,5 mg/kg (Bombardelli, Morschbacher, Campnolo, Sanches & Syperreck, 2006), onde foi aplicado no mesmo horário da aplicação da segunda dose das fêmeas. Para a fertilização e análises reprodutivas do experimento foram selecionados 8 reprodutores não experimentais. Foram selecionados 4 machos, com facilidade na liberação de sêmen quando pressionados na região ventral e 4 fêmeas abauladas com abertura urogenital levemente inchadas e avermelhadas.

O processo de extrusão foi realizado após o período de 240 horas-grau ou unidades térmicas acumuladas (UTA) seguindo o recomendado para a espécie (Silva, Neto, & Baldisserotto, 2004). A desova das fêmeas foi realizada por pressão na região ventral sentido céfalo-caudal, os seus ovócitos foram coletados em bacias secas e com seu respectivo peso, então o ovócito total foi pesado em balança eletrônica. Os machos foram contidos com auxílio de panos secos e papel toalha, realizou-se pressão na região ventral sentido céfalo-caudal para coleta do sêmen. A primeira gota de sêmen foi desprezada para evitar contaminação externa e o

restante foi coletado em tubo Falcon para mensuração dos parâmetros espermáticos.

A fertilização foi realizada utilizando 0,2 mL de ovócito da fêmea extrusada, dispostos em recipientes descartáveis com auxílio de pipeta automática. Para garantia a dose inseminante mínima, foram pipetados 6,0 μ L de sêmen, em sequência adicionado água (10 mL) para ativação do sêmen e fertilização do ovócito (Bombardelli et al., 2006), em seguida os ovos fertilizados foram colocados em peneiras (nomeadas com seus respectivas reprodutores), utilizadas como incubadoras dentro de uma caixa de água de 500 L contendo aeração constante, após 10 horas foi realizada a contagem das taxas de fertilização, depois do fechamento do blastóporo considerando ovos fertilizados os com aparência translúcida e não fertilizados esbranquiçados e de eclosão respectivamente. Após a eclosão das larvas, todas as larvas de cada unidade foram contadas e classificadas em normais e defeituosas para a estimativa das taxas de eclosão e taxas de larvas normais conforme Sanches et al., (2011).

Para avaliação dos parâmetros espermáticos as amostras de sêmen foram utilizadas para a captura de vídeo e posterior avaliação da cinética espermática por meio de análises computadorizadas (CASA) utilizando o software livre ImageJ, conforme Wilson-Leedy & Ingermann (2007), utilizando configurações estabelecidas por Sanches et al., (2010). Os parâmetros cinéticos avaliados foram: Taxas de motilidade (MOT), velocidade curvilínea (VCL), velocidade média de deslocamento (VAP), velocidade em linha reta (VSL), retilinearidade (STR), oscilação (WOB), progressão (PROG), frequência de batimento transposto (BCF) e número de espermatozoides (NSPZ). Os vídeos gravados (Câmera Basler ac640-120uc) a 100fps foram editados e os parâmetros espermáticos avaliados em 10 segundos pós ativação de 50 imagens correspondentes a 0,5 segundos de vídeo da movimentação espermática a partir da ativação com água destilada na diluição de 1:600 (sêmen: água destilada).

3.3 Análise estatística

Os parâmetros obtidos do experimento foram submetidos a análise de variância de um fator (*One-way* ANOVA) a 5% de significância e em caso de efeito significativo foram submetidos a análise de comparação de médias de Tukey. Os pressupostos de homogeneidade dos resíduos e homoscedasticidade das variâncias foram verificados. 4.

4. RESULTADOS

Os parâmetros zootécnicos peso médio inicial, peso médio final, biomassa inicial, biomassa final, conversão aparente, conversão aparente por peixe, ganho de peso diário, taxa de crescimento e eficiência alimentar não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 3).

Os parâmetros de qualidade de água temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, não foram observados efeito significativo entre os tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 4).

Os resultados de fecundidade absoluta, fecundidade relativa, taxa de fertilidade, taxa de larvas normais e taxa de eclosão não apresentaram efeitos significativos ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5).

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) na análise de motilidade espermática, velocidade curvilínea, velocidade média de deslocamento, velocidade em linha reta, retilinearidade, oscilação, progressão, frequência de batimento transporto e número de espermatozoides no programa computadorizada (CASA) (Tabela 6).

Tabela 3. Desempenho zootécnico das fêmeas e machos de jundiá *R. quelen*, criados em sistema de aquaponia, utilizando quatro diferentes doses de DBAqua®.

Parâmetros	Doses DBAqua® g/m ³					p-valor
	Média geral	0	0,05	0,2	0,35	
PMI	105,01±1,48	105,48±1,84	105,10±1,64	104,68±1,53	104,80±1,42	0,90
PMF	135,31±7,70	136,46±11,62	137,45±3,80	134,64±10,55	132,70±4,25	0,86
BI	1043,69±34,03	1029,00±68,47	1051,00±16,43	1046,75±15,35	1048,00±14,17	0,83
BF	1328,50±101,21	1334,88±175,70	1374,48±37,95	1277,68±103,83	1326,98±42,51	0,65
CAA	2,70±1,03	2,64±1,32	2,20±0,20	3,41±1,53	2,53±0,37	0,43
CAA/Peixe	2,42±0,61	2,53±1,09	2,20±0,20	2,43±0,64	2,53±0,37	0,87
GPD	2,02±0,44	2,07±0,67	2,16±0,19	2,00±0,61	1,86±0,23	0,84
TCE	1,68±0,32	1,70±0,49	1,79±0,13	1,66±0,43	1,57±0,17	0,84
EA	40,58±10,15	43,20±14,41	45,82±3,91	33,26±12,20	40,03±5,13	0,36

*PMI= Peso médio inicial (g); PMF= Peso médio final (g); BI= Biomassa inicial (g); BF= Biomassa final (g); CAA= Conversão alimentar aparente; CAA/PEIXE= Conversão alimentar aparente (g); GPD= ganho de peso diário (g); TCE= Taxa de crescimento específico (%); EA= Eficiência alimentar (%), S= Sobrevivência (%).

Tabela 4. Parâmetros de qualidade de água (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.

Parâmetros	Doses DBAqua® g/m ³					p-valor
	Média geral	0	0,05	0,20	0,35	
Temperatura	25,06 $\pm$ 0,15	25,05 $\pm$ 0,17	25,00 $\pm$ 0,13	25,13 $\pm$ 0,12	25,04 $\pm$ 0,19	0,66
OD	5,05 $\pm$ 0,31	5,05 $\pm$ 0,17	5,00 $\pm$ 0,57	5,04 $\pm$ 0,30	5,09 $\pm$ 0,20	0,98
CE	400,03 $\pm$ 24,11	391,62 $\pm$ 17,52	388,38 $\pm$ 16,36	396,12 $\pm$ 10,17	423,98 $\pm$ 34,17	0,13
pH	7,37 $\pm$ 0,07	7,31 $\pm$ 0,08	7,37 $\pm$ 0,09	7,39 $\pm$ 0,03	7,41 $\pm$ 0,03	0,21

*OD: oxigênio dissolvido (mg L⁻¹); CE: Condutividade elétrica (μ S cm⁻¹).

Tabela 5. Parâmetros reprodutivos das fêmeas de jundiá *R. quelen* (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de DBAqua®.

Parâmetros	Doses DBAqua® g/m ³					p-valor
	Média geral	0	0,05	0,2	0,35	
FA	36979,66 $\pm$ 9357,81	38663,85 $\pm$ 10734,33	35056,51 $\pm$ 13056,48	36724,82 $\pm$ 10464,92	37473,44 $\pm$ 5788,45	0,97
FR	265,07 $\pm$ 66,72	283,47 $\pm$ 75,84	238,36 $\pm$ 82,46	258,75 $\pm$ 64,33	279,69 $\pm$ 61,89	0,80
TF	37,21 $\pm$ 21,45	39,96 $\pm$ 21,91	33,58 $\pm$ 21,72	35,96 $\pm$ 22,77	39,34 $\pm$ 22,77	0,98
TL	67,91 $\pm$ 11,94	67,22 $\pm$ 10,58	66,09 $\pm$ 7,43	68,51 $\pm$ 13,96	68,84 $\pm$ 18,46	0,98
TE	29,30 $\pm$ 17,35	35,27 $\pm$ 19,98	26,26 $\pm$ 16,04	27,60 $\pm$ 19,87	28,09 $\pm$ 19,70	0,91

*FA: fecundidade absoluta (ovócitos fêmea⁻¹); FR: Fecundidade relativa (ovócitos g⁻¹ de fêmea); TF: Taxa de fertilização (%); TL: Taxa de larvas normais (%); TE: Taxa de eclosão (%).

Tabela 6. Estatística descritiva das análises dos parâmetros espermáticos do jundiá, *R. quelen* avaliados pelo plugin CASA em 5s pós ativação.

Parâmetros	Doses DBAqua® g/m ³					p-valor
	Média geral	0	0,05	0,2	0,35	
MOT (%)	83,88±7,92	84,11±7,58	87,78±3,37	79,37±12,73	84,31±5,78	0,56
VCL (µm/s)	116,63±8,27	113,74±5,90	121,32±7,20	113,75±11,66	116,98±7,71	0,59
VAP (µm/s)	91,68±6,89	90,68±7,48	95,63±3,06	88,07±9,62	92,08±6,56	0,52
VSL (µm/s)	86,43±6,39	85,41±6,97	90,20±2,56	82,87±8,66	86,97±6,26	0,48
STR (%)	94,26±0,39	94,16±0,36	94,28±0,38	94,11±0,57	94,48±0,23	0,59
WOB (%)	78,51±2,32	79,57±3,42	78,72±2,79	77,38±1,19	78,61±2,30	0,71
PROG (µm)	1361,90±101,11	1345,31±109,72	1419,49±46,18	1307,84±138,60	1370,83±98,17	0,51
BCF (Hz)	33,81±1,38	34,20±1,37	32,96±1,64	34,57±1,49	33,62±0,89	0,42
NSPZ	107,24±13,90	111,70±27,29	101,93±4,77	109,47±12,28	106,99±12,95	0,84

*Parâmetros espermáticos representando os valores referente as análises das lâminas e os calculados e gerados pelo plugin CASA. MOT: motilidade espermática, VCL: velocidade curvilinear, VAP: velocidade média de deslocamento, VSL: velocidade em linha reta; STR: retilinearidade. WOB: oscilação, PROG: progressão, BCF: frequência de batimento transposto, NSPZ: número de espermatozoides.

5. DISCUSSÃO

A adição na água das diferentes doses do suplemento contendo probiótico e prebiótico DBAqua®, não interferiram nos parâmetros de desempenho zootécnico do jundiá *R. quelen*. Outros autores também não observaram influência no desempenho zootécnico, tanto com o fornecimento de dietas contendo diferentes combinações de hidrolisado proteico de sardinha e probiótico comercial como promotores de crescimento para juvenis de jundiá (Oliveira, 2017), quanto a inclusão por 45 dias de ração suplementada com *Bacillus subtilis* na dieta do surubim *Pseudoplatystoma spp* (Oliveira & Nunes, 2015).

Segundo Meurer et al., (2007) boas condições sanitárias reduzem as chances desses animais serem expostos a microrganismos patogênicos e, portanto, dificultando o efeito pela ingestão de probiótico, podendo influenciar no desempenho desses animais. Outros autores observaram que a eficiência dos probióticos estão relacionados aos fatores: combinação da espécie, nível de aplicações, frequência de aplicação, condições ambientais, alimentação, níveis de estresse (Zhou, Wang, & Li, 2009; Oliveira, 2017).

Os parâmetros de água obtidos no presente experimento foram de acordo para a espécie (Chippari-Gomes, Gomes, & Baldisserotto, 1999; Braun, Lima, Moraes, Loro, & Baldisserotto, 2006; Benaduce, Baldisserotto, Rodrigues, & Mistro, 2006; Riffel, et al., 2012). No presente experimento não foi observado efeitos da ação das diferentes doses de DBAqua® aplicados no sistema aquapônico, sugerindo que essa ausência pode estar relacionada as boas condições na criação da espécie durante o experimento.

Centenaro, (2016) ao analisar o efeito do probiótico no desempenho zootécnico e ao estresse da tilápia e jundiá, obteve melhores resultados para a tilápia, entretanto não observou efeito do probiótico sobre o jundiá. Segundo Oliveira, (2017) atualmente é possível encontrar na literatura determinados microrganismos que possuem efeitos positivos no desenvolvimento de algumas espécies, mas não de outras. A autora ainda complementa que os mecanismos de ação desses microrganismos ainda não foram totalmente explicados e que as informações e resultados sobre o probiótico em jundiás são escassas,

demonstrando necessidade na avaliação desses microrganismos sobre essa espécie.

No presente estudo, não houve diferença estatística nos parâmetros reprodutivos das fêmeas de jundiá. Alguns autores obtiveram resultados positivos na utilização do probiótico na ovulação de peixe zebra (*Danio rerio*) (Gioacchini, et al., 2012), fecundidade de dourado (*Carassius auratus*) (Mehrabi, Khalesi, & Kaivan (2018), taxa de eclosão do bagre-africano (*Clarias gariepinus*) (Ariole & Okpokwasili, 2012), e sobrevivência de larvas de jundiá *R. quelen*. (Spanghero, 2017).

Dias (2010), avaliado a influência do probiótico composto de *Bacillus subtilis* na fase de reprodução de matrinxã, *Brycon amazonicus*, observou que os peixes alimentados com dieta suplementada com o probiótico obtiveram melhores resultados em relação aos números de ovócitos, taxas de fertilização e eclosão. No mesmo estudo, a autora observou que os animais que receberam a suplementação contendo probiótico apresentaram menos estresse, obtendo animais mais calmos e com menor movimentação no momento da manipulação.

Não foi observado efeito significativo nas análises de estatística descritiva dos parâmetros espermáticos do jundiá, avaliados pelo plugin CASA em 5s pós ativação. Apesar da falta de efeito significativo sob os resultados do presente experimento, outros autores observaram bons resultados na utilização de dieta suplementada com *E. faecium*, na reprodução de acará bandeira (Hollatz, 2015), e *P. Acidilactici* na dieta de zebrafish observou melhores resultados nos parâmetros moleculares das células testiculares e qualidade espermática (Valcarce, Pardo, Riesco, Cruz, & Robles 2015). Vílchez, et al., (2015), testando três concentrações (10^3 , 10^5 , 10^6 UFC/MI) de probiótico *L. Rhamnosus* obteve melhores resultados na concentração de 10^5 UFC/mL nos parâmetros de qualidade espermática e no processo de espermatogênese.

Segundo Solis-Murgas, Felizardo, Ferreira, Andrade, & Veras, (2011), alguns fatores que podem influenciar a motilidade nos parâmetros espermáticos são o estado nutricional do animal, temperatura, condições de criação, soluções ativadoras, espécie estudada e condições que foi a avaliação o sêmen dos animais. Apesar disso, o presente experimento obteve bons resultados quando comparados ao de Sanches, et al., (2010), que descreveu a motilidade espermática de *Rhamdia*

quelen usando análise assistida por computador por software de código aberto em 15s 25s 35s.

Aydın & Çek-Yalınz (2019) descreve que a maioria dos estudos utilizando probióticos na reprodução, são relacionados com a reprodução de fêmeas, existindo ainda uma defasagem nos estudos focados na qualidade do sêmen (motilidade, concentração, qualidade do plasma seminal, morfologia do espermatozoide e volume).

Segundo El-Saadony, et al., (2021), os probióticos auxiliam na diminuição do estresse no transporte, aumentam a resistência imune do peixe, alcança maiores taxas de sobrevivência na fase larval e inibe o crescimento de bactérias oportunistas. Portanto, o probiótico e prebiótico são uma tecnologia imprescindível na aquicultura, possuindo papel importante em todas as fases de criação, principalmente na fase de reprodução, qualidade de água e bem-estar animal.

6. CONCLUSÃO

No presente experimento, a utilização das diferentes doses de probióticos e prebióticos durante o período de 31 dias não interferiram no crescimento e desempenho reprodutivo do jundiá, podendo ser empregado no sistema de aquaponia até 0,35 g/m³.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de probióticos e prebióticos podem trazer diversos benefícios na criação de peixes, principalmente na fase de reprodução. Entretanto, são necessárias mais pesquisas relacionando o mecanismo de ação desses microrganismos no desempenho zootécnico e reprodutivo do jundiá em sistema de aquapônia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariole, C. N., & Okpokwasili, G. C. (2012). The effect of indigenous probiotics on egg hatchability and larval viability of *Clarias gariepinus*. *Journal of Applied Science*, 7, pp. 81-88. doi:10.4136/1980-993X
- Aydin, F., & Tcheco-Solo, S. (2019). Effect of Probiotics on Reproductive Performance of Fish. *Natural and Engineering Sciences*, 4(2), 153-162.
- Bail, P. Y., Keith, P., & Planquette, P. (2000). *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane* (Vol. 43). Paris .
- Baldisserotto, B., & Neto, J. R. (2004). *Criação de jundiá*. Santa Maria: UFSM.
- Baldisserotto, B., Barcellos, L. G., Fracalossi, D., & Kreutz, L. (2020). Jundiá (*Rhamdia* sp.). Em B. Baldisserotto, *Espécies nativas para piscicultura no Brasil* (3 ed., pp. 245-288). Santa Maria: ufsm.
- Benaduce, A. P., Baldisserotto, B., Rodrigues, L. A., & Mistro, D. C. (set-out de 2006). A mathematical model for growth in weight of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, 36, pp. 1606-1610.
- Benaduce, A. P., Rodrigues, L. A., Mistro, D. C., & Baldisserotto, B. (2006). A mathematical model for growth in weight of silver catfish (*Rhamdia quelen*) (Heptapteridae, Siluriformes, Teleostei). *Ciência Rural*, 36(5), 1606-1610.
- Bombardelli, R. A., Mörschbacher, E. F., Campagnolo, R., Sanches, E. A., & Syperreck, M. A. (2006). Dose inseminante para fertilização artificial de ovócitos de jundiá cinza, *Rhamdia Quelen* (Quoy & Gaimardm, 1824). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1251-1257.
- Boujard, T., Pascal, M., Meunier, F., & Bail, P.-Y. L. (1997). *Poissons de Guyane. Guide écologique de l'Approuague et de la réserve des Nouragues*. Paris.
- Braun, N., Lima, R. L., Moraes, B., Loro, V. L., & Baldisserotto, B. (2006). Survival, growth and biochemical parameters of silver catfish, *Rhamdia quelen*(Quoy &Gaimard, 1824), juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. *Aquaculture Research*,, 1524-1531.

- Carneiro, P. C. (2004). A produção do jundiá em cativeiro. Em B. Baldisserotto, & B. R. Neto, *Criação de jundiá* (pp. 117-142). Santa Maria: UFSM.
- Centenaro, L. (2016). *Efeito do probiótico sobre o desempenho zootécnico e resposta ao estresse de Tilápia-Do-Nilo (Oreochromis niloticus) e Jundiá (Rhamdia Quelen)*. Dissertação de mestrado, Universidade de Passo Fundo, Programa de pós-graduação em bioexperimentação, Passo Fundo.
- Chippari-Gomes, A. R., Gomes, L. C., & Baldisserotto, B. (1999). B. lethal temperatures for Rhamdia quelen fingerlings (Pimelodidae). *Journal of applied aquaculture*, 11-21.
- Dias, D. d. (2010). *PROBIÓTICO NO DESEMPENHO PRODUTIVO, HEMATOLOGIA E MIGRAÇÃO DE MACRÓFAGOS DO MATRINXÃ Brycon amazonicus*. Tese de Doutorado, Unesp, Centro de Aquicultura da Unesp.
- El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M. A., . . . Abdel-Latif. (2021). The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish and Shellfish Immunology*, 117, pp. 36-52.
- Fracalossi, D. M., Zaníboni-filho, E., & Meurer, S. (2002). No rastro das espécies nativas. *Panorama da Aquicultura*, 12(74), 43-49.
- Giacomantonio, P. J. (2012). *Washington, DC Patente Nº 8,181,391*.
- Hollatz, T. (2015). *Ração suplementada com probiótico na reprodução do peixe Acará-bandeira*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- IGFA. (2001). *Database of IGFA angling records until* . Fort Lauderdale, USA: IGFA.
- Jahangiri, L., & Esteban, M. A. (2018). Administration of Probiotics in the Water in Finfish Aquaculture Systems: A Review. *Fishes*, 3(3), 33.
- Liu, F., & Han, W. (2004). Reuse strategy of wastewater in prawn nursery by microbial remediation. *Aquaculture*, 230, 281-296.

Luchini, a. t. (1982). Primeros resultados de cultivo de un pez de augas calidas (Rlullllldia sapo) con fines de producion y consumo humano. (P. Anim., Ed.) *Arch. Latinoam*, 4(5), 621-629.

Mehrabi, F., Khalesi, M., & Kaivan, H. (2018). Effects of pre- and probiotics on growth, survival, body composition, and hematology of common carp (Cyprinus carpio L.) fry from the Caspian Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 597-602. doi:doi.org/10.4194/1303-2712-v18_4_11

Meurer, F., Hayashi, C., Costa, M. M., Freccia, A., & Mauerwerk, M. T. (2007). Saccharomyces cerevisiae como probiótico para alevinos de tilápia-do-nilo submetidos a desafio sanitário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5), 1219-1224.

Oliveira, N. S. (2017). *Avaliação do hidrolisado proteico de sardinha (Sardinella sp.) e de probiótico comercial como promoores de crescimento para juvenis de jundiá (Rhamdia quelen)*. Dissertação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Pós-Graduação em Ciência, Lages.

Oliveira, N. S., & Nunes, C. d. (11 de 02 de 2015). Crescimento e hematologia de surubins híbridos Pseudoplatystoma ssp. suplementados com probiótico comercial contendo bacillus Subtilis. *ENEPEX - Encontro de ensino pesquisa e extensão*, p. 6.

PeixeBr. (2022). *Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022*. São Paulo: Associação brasileira de piscicultura.

Riffel, A. P. (2012). Preferred pH of silver catfish Rhamdia quelen acclimated to different pH levels. *Ciência Rural*, 834-836.

Sanches, E. A., Bombardelli, R. A., Marcos, R. M., Neumann, G., Toledo, C. P., & Romagosa, E. (2010). Motilidade espermática de Rhamdia quelen estudou usando análise assistida por computador por software de có. *Pesquisa em Aquicultura*, 153-156.

Sanches, E. A., Bombardelli, R. A., Marcos, R. M., Neumann, G., Toledo, C. P., & Romagosa, E. (2010). Sperm motility of Rhamdia quelen studied using

computer-assisted analysis by open-source software. *Aquaculture Reserach*, 153-156.

Sanches, E. A., Neumann, G., Baggio, D. M., Bombardelli, R. A., Piana, P. A., & Romagosa, E. (2011). Time and temperature on the storage of oocytes from jundiá catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 319, 453-458. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.07.036

Schreck, C. B. (2010). Stress and fish reproduction: the roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology*, 165, 549-556.

Silva, L. V., Neto, J. R., & Baldisserotto, B. (2004). Reprodução. Em B. Baldisserotto, & J. R. Neto, *Criação de jundiá* (pp. 96-106). ufsm.

Solis-Murgas, L., Felizardo, V., Ferreira, M., Andrade, E., & Veras, G. (2011). Importância da avaliação dos parâmetros reprodutivos em peixes nativos . *Rev. Bras. Reprod. Anim*, 186-191.

Spanghero, E. C. (2017). *Utilização do probiótico Lactococcus lactis na larvicultura do jundiá Rhamdia quelen*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis.

Valcarce, D. G., Pardo, M. Á., Riesco, M. F., Cruz, Z., & Robles, V. (2015). Effect of diet supplementation with a commercial probiotic containing *Pediococcus acidilactici* (Lindner, 1887) on the expression of five quality markers in zebrafish (*Danio rerio* (Hamilton, 1822)) testis. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(1), 18-21.

Vílchez, M. C., Santangeli, S., Maradonna, F., GGioacchini, Verdenelli, C., Gallego, V., . . . Asturiano, J. F. (2015). Effect of the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* on the expression of genes involved in European eel spermatogenesis. *Theriogenology*, 1321-1331. doi:http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.07.011

Weis, M. L., & Castello, J. P. (1980). Interpretação da idade e cálculo da curva de crescimento do jundiá, *Rhamdia quelen* (QUOY & GAIMARD, 1824) do banhado de Santa Catarina. *Ciência e Natura*, 5, 103-126.

Wilson-Leedy, J. G., & Ingermann, R. L. (2007). Development of a novel CASA system based on open source software for characterization of zebrafish sperm motility parameters. *Theriogenology* , 661-672.

Zaniboni-Filho, E., Meurer, S., Shibatta, O., & Nuñez, A. d. (2004). *Catálogo ilustrado de peixes do alto Rio Uruguai*. Florianópolis: UFSC.

Zhou, X.-x., Wang, Y.-b., & Li, W.-f. (February de 2009). Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture*, 287, pp. 349-353

Capítulo 3 - Desempenho de juvenis de tilápia (*Oreochromis spp.*) da variedade da Flórida e de alfaces Valentina (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico contendo probióticos e prebióticos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia vermelha variedade da Flórida e o crescimento e desempenho nutritivo da alface Valentina em sistema de aquaponia sob inclusão de níveis crescentes de probiótico + prebiótico. O experimento foi montado seguindo um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (0, 0,05, 0,20, 0,35 g/m³ de DBAqua® na água) e quatro repetições. Foram utilizados 480 alevinos de tilápia vermelha e alimentados quatro vezes ao dia com ração extrusada comercial contendo 36% PB, durante o período de outono e inverno. Os peixes foram distribuídos em 16 caixas de polietileno de 310 L (300 L útil), utilizou 320 alfaces distribuídas em 16 mesas de cultivo de cano pvc (50mm), localizadas acima da caixa d'água em sistema de recirculação. Não se verificou efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos para os parâmetros zootécnicos de biomassa inicial e final, peso médio inicial e final, ganho de peso médio, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, ingestão alimentar em peso vivo ao dia, eficiência alimentar, sobrevivência e proporção de ração por peixe. Não se verificou efeito ($P>0,05$) para os parâmetros das plantas de desempenho produtivo da alface, referente a massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, acúmulo de macro e micronutriente e concentração de macronutrientes. Verificou-se efeito significativo ($P<0,05$) na análise de concentração dos micronutrientes Ferro e Manganês. Assim, caso haja necessidade, o uso de probióticos + prebiótico pode ser empregado até 0,35 g/m³ em sistema de aquaponia não influenciando na produção de peixes e alfaces.

Palavras-chave: RAS; Integração Aquicultura-Agricultura; Tilápia; Alface Crespa; Suplementação; Crescimento.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the zootechnical performance of red tilapia fingerlings and the growth and nutritional performance of Valentina lettuce in aquaponics system under inclusion of increasing levels of probiotic + prebiotic. The experiment was carried out following a completely randomized design with four treatments (0, 0.05, 0.20, 0.35 g/m³ of DBAqua® in water) and four replications. We used 480 red tilapia fingerlings and fed four times a day with commercial extruded feed containing 36% CP, during the autumn and winter period. The fish were distributed in 16 polyethylene boxes of 310 L (300 L useful), used 320 lettuces distributed in 16 pvc pipe cultivation tables (50mm), located above the water tank in a recirculation system. There was no effect ($P>0.05$) between treatments for the zootechnical parameters of initial and final biomass, initial and final average weight, average weight gain, apparent feed conversion, specific growth rate, feed intake in live weight per day, feed efficiency, survival, and proportion of feed per fish. There was no effect ($P>0.05$) for the parameters of lettuce productive performance plants, referring to fresh shoot mass, fresh root mass, shoot dry mass and root dry mass, macro and micronutrient accumulation and macronutrient concentration. There was a significant effect ($P<0.05$) in the concentration analysis of iron and manganese micronutrients. Thus, if necessary, the use of probiotics + prebiotics can be used up to 0.35 g/m³ in aquaponics system not influencing the production of fish and lettuce.

Keywords: RAS; Aquaculture-Agriculture Integration; Tilapia; Lettuce Crespa; Supplementation; Growth.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos depende da disponibilidade da terra, água doce, energia fóssil e nutrientes (Conijin, Bindraban, Schröder, & Jongschaap., 2018). Entretanto, com o crescimento populacional aumenta a demanda no setor produtivo (Alexandratos & Bruinsma, 2012), acarretando a sobrecarga dos recursos naturais e alertando sobre a necessidade de melhorias aos déficits de sustentabilidades nos sistemas agrícolas (Goddek, et al., 2015). Portanto, a produção sustentável é uma alternativa, uma vez que, reduz a utilização desses meios naturais, bem como recicla os recursos existentes como água e nutrientes dentro dos sistemas produtivos (Joyce, et al., 2019a).

Através da aquaponia é possível produzir alimentos frescos tais como vegetais e peixes (Dos Santos, 2016). Além disso, o sistema é orgânico sendo livre de produtos químicos como pesticidas e antibióticos, tornando mais favorável na promoção da segurança alimentar (Kyaw & Ng, 2017). Gooley & Gavine, (2003) destacam algumas vantagens da aquaponia como sendo: (1) aumento da produtividade agrícola sem aumento no consumo de água; (2) culturas de maior valor, incluindo espécies aquáticas; (3) reutilização de nutrientes e água; (4) redução dos impactos ambientais; (5) menor custo com despesas operacionais.

A tilápia é uma das espécies que vem se destacando nos últimos anos, alcançando 534 mil toneladas em 2021 (PeixeBr, 2022), sendo uma das espécies mais populares no mundo (FAO, 2021), devido a sua praticidade, sabor e textura, possuindo elevado nível de aceitação no mercado consumidor (Figueiredo-Junior & Valente, 2019). Já em relação ao cultivo é uma espécie que possui crescimento rápido, resistência a doenças, tolerância ambiental e praticidade na reprodução (Shoemaker, Klesius, & Evans, 2002). Entretanto, nos últimos anos a preferência e o consumo da variedade vermelha da Flórida vem se intensificando, proporcionando um preço relativamente maior quando comparada a tilápia do Nilo (Brol, et al., 2017). Além disso, possui alta prolificidade e crescimento, facilidade de manejo e despesa, tolerância ao frio e salinidade (Kubitza, 2011).

Na aquaponia a tilápia é uma das espécies mais utilizadas (Yep & Zheng, 2019), devido a tolerar uma ampla variedade de pH, temperatura e oxigênio

dissolvido (Goodman, 2011). Dependendo do tipo do design e qualidade da água do sistema pode ser produzido de 20 a 80 kg de tilápia por m³ (Kubitza, 2011).

Apesar da aquaponia produzir alimentos sustentáveis e de alta qualidade, o seu processo pode decorrer de alguns problemas com pragas e doenças (Folorunso, et al., 2020). Com isso, os probióticos são uma opção de uso na aquicultura sustentável, sendo utilizados como biorremediação e biocontrole (Kasozia, Wilhelms, & Kaiserc, 2021). Além disso, ajudam na melhoria na qualidade de água em sistema de aquaponia (Cerozi & Fitzsimmons, 2016), atuando na degradação da matéria orgânica e no desempenho zootécnico dos peixes (Anjos & Araujo, 2021). Entretanto, são necessárias mais pesquisas relacionadas a maneira de utilização desses microrganismos (Folorunso, et al., 2020). Além dos mecanismos de ação do probiótico nos diferentes compartimentos do sistema de aquaponia e a sua influência no crescimento dos peixes (Kasozia, Wilhelms, & Kaiserc, 2021) e das plantas.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso de probióticos e prebiótico com diferentes doses sobre o desempenho de juvenis de tilápia (*Oreochromis spp.*) variedade vermelha da Flórida e a alface crespa (*Lactuca sativa*) variedade Valentina em sistema de aquaponia NFT.

2.2 Objetivo específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico dos alevinos da tilápia da variedade vermelha da Flórida;

- Avaliar a qualidade de água em diferentes doses de probióticos e prebióticos;
- Avaliar o crescimento e os parâmetros nutricionais da Alface Valentina;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalações e condições do experimento

O experimento foi conduzido em um ambiente protegido (10,6x7,2 m), localizado nas dependências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Registro unidade Agrochά, (24° 32' 05" S, 47° 51' 39" W), Registro, São Paulo, entre 14 de junho a 23 de julho de 2021, com duração de 40 dias.

Os alevinos de tilápia vermelha da Flórida com cerca de noventa dias de idade, foram obtidos em viveiros da S3 piscicultura, localizada no município de Registro. Inicialmente foram mantidos em quarentena por sete dias e após esse período foram selecionados 480 alevinos de $37,35 \pm 14,03$ g (peso médio) e $13,08 \pm 1,72$ cm (comprimento total médio), distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições sendo os tratamentos compostos pela adição de probiótico + prebiótico (DBAqua®), fabricante Imeve, lote 039/19, validade 17/09/2021. As concentrações adicionadas foram: 0,00 (controle), 0,05, 0,20 e 0,35 g/m³. As doses foram determinadas a partir do recomendado pelo fabricante (inferior – 0,05g/m³, recomendada – 0,20g/m³ e superior – 0,35g/m³), sendo incorporadas diretamente na água com intervalo de 5 dias, após realização da limpeza periódica (remoção dos dejetos e renovação de 20% de água em cada sistema).

Considerou-se como uma unidade experimental, um sistema de recirculação de água contendo uma caixa de polietileno de 310 litros com 30 peixes e uma mesa de 20 pés de alfaces cada. Para tanto, cada caixa foi coberta com telas de malha de 2 cm, para evitar fuga e queda de folhas na água. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia (08:00h, 11:00h, 14:00h, 17:00h) 1% ou 2% da biomassa, conforme a temperatura do dia (1% <19°C> 2%) e alimentados com ração extrusada comercial contendo 36% PB e granulometria de 2,6 mm (Laguna Socil®).

Onívoros alevinos) saco de 25 kg, os nutrientes informados pelo fabricante são apresentados na tabela 7.

Tabela 7. Composição nutricional da ração laguna onívoros alevinos 2,6 mm 36% Socil® - saco 25 kg.

Composição química	Unidade
Proteína	360 (g/Kg)
Extrato Etéreo – mín	80 (g/Kg)
Extrato Etéreo – mín	80 (g/Kg)
Fibra bruta	40 (g/Kg)
Fibra bruta	40 (g/Kg)
Matéria Mineral	150 (g/Kg)
Cálcio -mín	20 (g/Kg)
Calcio – máx	20 (g/Kg)
Fósforo – mín	10 ¹ (g/Kg)
Umidade	100 (g/Kg)
Vitamina C	600 (mg/Kg)

A alface crespa variedade Valentina marca Sakata, foi semeada em substrato em bandeja com capacidade para 200 plantas (4x53x27 cm) e irrigadas duas vezes ao dia, durante 31 dias. Utilizou 320 mudas com 2,69±0,48 g (peso médio) e 16,7±0,95 cm (comprimento total), onde foram distribuídas em 16 plataformas de cultivos do tipo NFT (*Nutrient Film Technique*). Foram distribuídas 20 mudas em quatro fileiras de canos de pvc (50 mm) com 20 furos de tamanho 32 mm e espaçamento de 15x18 cm entre plantas, onde ficaram localizadas acima da caixa d'água em sistema de recirculação (Figura 3).

A mídia utilizada no filtro biológico permaneceu durante o período de 60 dias, em sistema de recirculação para maturação e fixação das bactérias nitrificantes. O sistema de filtragem foi composto por tambor de plástico de 20 L (17 L útil), contendo como mídia cascas de ostras (2kg), tijolo quebrado (2kg) e ferro (44g) onde permaneceram em ciclismo durante o período experimental. O filtro mecânico foi composto por um decantador cilíndrico e uma manta de bidim, onde ficaram

localizados na saída de água da caixa dos peixes para remoção de sólidos suspensos sendo limpos diariamente.



Figura 3. Desenho esquemático da plataforma NFT e o filtro do sistema aquapônico. Por Vinícius Mecca Zabotto.

A técnica de bombeamento utilizada foi o “Airlift”, havendo aeração constante na cama de cultivo e viveiro dos peixes, através do soprador com potência de ar 1,1 Hp, a aeração foi distribuída em canos de 20 mm e mangueiras de 5 mm entre as caixas (Figura 4). A água residual de cada tanque utilizada para a criação dos peixes saía por um cano central e seguia por gravidade para o filtro biológico. A mesa de cultivo realizava a distribuição e captação de água através de uma mangueira com injeção de ar.



Figura 4. Visão geral dos sistemas e distribuição da aeração no sistema de aquaponia. Por Vinicius Mecca Zabotto.

Para avaliar a qualidade de água nos sistemas de cultivo, foram mensuradas as principais variáveis de interesse para a aquicultura. Semanalmente foram mensuradas no mesmo horário, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido OD (mg/L), condutividade ($\mu\text{S/cm}$) e pH com auxílio da sonda multiparâmetro (YSI Environmental Eco Sense[®]). Nas caixas experimentais foram selecionado um ponto de coleta para análise de amônia (NH_3 e NH_4) e nitrito (NO_2^-), utilizando o fotômetro de bancada multiparâmetro da Hanna instruments[®] modelo Hi 83206.

A fase de produção da alface no sistema de aquaponia teve duração de 39 dias, totalizando setenta dias após a semeadura, apresentando o ponto de colheita em sistema hidropônico NFT foram colhidas seis alfaces centrais de cada perfil de cultivo da unidade experimental, descartando as demais como bordadura. Foram avaliados no laboratório de diagnose de solo, planta e fisiologia vegetal localizado na Unesp Câmpus de Registro. As variáveis utilizadas para determinar o desempenho produtivo da cultura foram número de folhas, massa foliar fresca total, massa área composta pela massa fresca e massa seca do caule e folhas, massa da raiz composta pela massa fresca e massa seca, obtidas através do método de pesagem em balança analítica.

Para as análises nutricionais da alface foram lavadas, tendo a sequência: água corrente; solução água deionizada e detergente neutro (0,1%); solução água deionizada e ácido clorídrico (0,3%) e água deionizada. Em seguida, as folhas e

raízes foram colocadas em sacos de papéis, identificadas e secas em estufa com ventilação forçada de ar a $60\pm 5^{\circ}\text{C}$ até massa constante. Foram pesadas para fitomassa seca da parte aérea e raízes, e posteriormente moídas em moinho tipo Willey e passadas em peneira de 0,841mm (20 mesh). Em seguida, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica para determinação do teor de N que foi determinado por micro-Kjeldahl. A digestão nitro perclórica ocorreu para determinação dos teores de P pelo método de Colorimetria, e as leituras de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) (Perkin Elmer, AAnalyst 400). O teor de B foi determinado por Colorimetria, após calcinação, obtida pela permanência da amostra em forno mufla a 550°C durante 3h, como recomenda metodologia de (Bataglia, Teixeira, Furlani, Furlani, & Gallo, 1983).

No 40º dia os peixes foram coletados para realização dos parâmetros zootécnicos. Os peixes ficarão 24 horas de jejum, foram coletados por réplicas e transferidos para um caixa de polietileno de 100 L e anestesiados com 40 mg L^{-1} de eugenol, após observar que os peixes atingiram o estágio de anestesia desejado, foram contados e realizado o parâmetro de peso, comprimento padrão e total.

Os parâmetros zootécnicos analisados foram biomassa inicial e final, peso médio inicial e final, ganho de peso médio, ganho de peso diário, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, ingestão alimentar em peso vivo ao dia, eficiência alimentar, sobrevivência e proporção de ração por peixe.

Os parâmetros obtidos do experimento foram submetidos a análise de variância de um fator (*One-way ANOVA*) a 5% de significância e em caso de efeito significativo foram submetidos a análise de comparação de médias de Tukey. Os pressupostos de homogeneidade dos resíduos e homoscedasticidade das variâncias foram verificados.

4. RESULTADOS

A utilização de probiótico e prebiótico, submetidos a diferentes doses em sistema aquapônico contendo Tilápia vermelha não influenciou ($P>0,05$) nos parâmetros de biomassa inicial, biomassa final, peso médio inicial, peso médio final,

ganho de peso médio, conversão alimentar aparente, ganho de peso diário, taxa de crescimento específico, ingestão alimentar em peso vivo ao dia, eficiência alimentar, sobrevivência e ração por peixe (Tabela 7).

A análise de variância não detectou efeito significativo ($P>0,05$) dos tratamentos sobre os parâmetros de qualidade de água pH, OD, Temperatura, condutividade, nitrito, amônia e vazão volumétrica (Tabela 8).

Os dados de desempenho produtivo da alface, referente a massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, após os 40 dias de cultivo no sistema aquapônico não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 9).

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos para a concentração de macro e micronutrientes. No entanto, para os tratamentos de acúmulo os micronutrientes ferro e manganês obtiveram efeito significativo ($P<0,05$) entre os tratamentos (Tabela 10).

Tabela 8. Desempenho zootécnico dos alevinos de tilápia vermelha da Flórida *Oreochromis spp.*, cultivadas em sistema de aquaponia, utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.

Parâmetros zootécnicos	Doses DBAqua® (g/m³)					p-valor
	Média geral	0,00	0,05	0,20	0,35	
BI	1101,71±12,22	1102,98±1218	1098,00±19,44	1100,83±12,76	1105,03±4,65	0,89
BF	1294,63±127,50	1201,95±140,42	1328,58±64,16	1265,73±171,79	1382,28±59,86	0,21
PMI	36,65±0,52	36,77±0,41	36,30±0,88	36,69±0,43	36,83±0,15	0,52
PMF	47,37±2,49	48,25±2,40	46,33±3,44	47,15±2,98	47,73±1,33	0,76
GPM	10,72±2,16	11,49±2,07	10,02±2,60	10,46±3,00	10,90±1,35	0,83
CAA	2,17±0,56	2,05±0,42	2,37±0,55	2,18±0,99	2,07±0,16	0,87
GPD	0,27±0,05	0,29±0,05	0,25±0,06	0,26±0,07	0,27±0,03	0,83
TCE	0,64±0,11	0,68±0,10	0,60±0,13	0,62±0,16	0,65±0,07	0,85
IAPVD	0,33±0,03	0,34±0,02	0,34±0,03	0,31±0,04	0,33±0,01	0,32
EA	48,48±9,82	49,97±8,56	43,84±9,27	51,46±16,21	48,66±4,04	0,75
S	91,67±9,19	83,33±11,86	96,67±4,71	90±7,20	96,67±6,67	0,10
RP	22,18±1,91	22,98±1,36	22,73±2,48	20,66±2,18	22,36±1,07	0,33

*BI= Biomassa inicial (g); BF= Biomassa final (g); PMI= Peso médio inicial (g); PMF= Peso médio final (g); GPM= Ganho de peso médio (g); CAA= Conversão alimentar aparente (g); GPD= ganho de peso diário (g); TCE= Taxa de crescimento específico (%); IAPVD= Ingestão alimentar em peso vivo ao dia (% dia-1); EA= Eficiência alimentar (%) e S = Sobrevivência (%); RP= ração por peixe (g).

Tabela 9. Parâmetros de qualidade de água e vazão volumétrica das mesas de cultivos das alfaces (médias $\pm$ desvio padrão) utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.

Doses DBAqua® g/m ³	pH	OD (mg L ⁻¹)	T (°C)	Condutividade (μ S cm ⁻¹)	Nitrito NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	Amônia NH ₃ (mg L ⁻¹)	Amônia NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	Vazão Volumétrica (L/min)
Média geral	6,80 $\pm$ 0,51	9,69 $\pm$ 0,63	15,99 $\pm$ 1,36	208,70 $\pm$ 18,33	11,78 $\pm$ 2,37	5,00 $\pm$ 1,30	5,29 $\pm$ 1,32	1,54 $\pm$ 0,85
0	6,84 $\pm$ 0,53	9,73 $\pm$ 0,77	16,35 $\pm$ 1,41	206,18 $\pm$ 16,89	10,95 $\pm$ 2,71	4,52 $\pm$ 0,88	4,61 $\pm$ 0,74	1,78 $\pm$ 0,43
0,05	6,86 $\pm$ 0,55	9,75 $\pm$ 0,67	16,23 $\pm$ 1,37	208,33 $\pm$ 16,84	11,80 $\pm$ 3,20	4,28 $\pm$ 1,14	5,57 $\pm$ 1,36	1,73 $\pm$ 0,96
0,20	6,89 $\pm$ 0,55	9,83 $\pm$ 0,75	16,12 $\pm$ 1,34	214,20 $\pm$ 22,80	12,00 $\pm$ 2,72	5,02 $\pm$ 1,16	4,45 $\pm$ 0,88	1,99 $\pm$ 0,94
0,35	6,62 $\pm$ 0,61	9,46 $\pm$ 0,49	15,28 $\pm$ 1,61	206,16 $\pm$ 23,11	12,35 $\pm$ 1,30	6,20 $\pm$ 1,43	6,51 $\pm$ 1,35	0,67 $\pm$ 0,47
p-valor	0,89	0,87	0,71	0,93	0,88	0,14	0,08	0,10

Tabela 10. Parâmetros de peso e número de folhas de alface sob cultivo aquapônico utilizando quatro diferentes doses de probiótico.

Variáveis (g)	Doses de probiótico + prebiótico (DBAqua®) (g/m ³)					p-valor
	Média geral	0,00	0,05	0,20	0,35	
Massa fresca total	174,63 $\pm$ 48,71	160,39 $\pm$ 51,27	217,42 $\pm$ 64,58	150,34 $\pm$ 19,82	170,39 $\pm$ 33,91	0,22
Massa fresca aérea	133,58 $\pm$ 26,86	148,22 $\pm$ 43,23	145,61 $\pm$ 15,61	118,97 $\pm$ 15,94	121,53 $\pm$ 16,85	0,28
Massa fresca raiz	35,12 $\pm$ 19,79	27,80 $\pm$ 3,56	32,44 $\pm$ 5,96	31,37 $\pm$ 4,74	48,87 $\pm$ 39,19	0,48
Massa seca aérea	4,06 $\pm$ 0,59	3,72 $\pm$ 0,59	4,35 $\pm$ 0,93	3,98 $\pm$ 0,13	4,20 $\pm$ 0,47	0,50
Massa seca raiz	2,25 $\pm$ 0,31	2,08 $\pm$ 0,12	2,42 $\pm$ 0,45	2,25 $\pm$ 0,25	2,24 $\pm$ 0,35	0,55
Número de folhas	16 $\pm$ 1,51	15 $\pm$ 1,21	17 $\pm$ 1,89	16 $\pm$ 0,74	18 $\pm$ 1,23	0,12

Tabela 11. Concentração e acúmulo de macro e micronutrientes em plantas de alface em cultivo aquapônico utilizando quatro diferentes doses de probiótico e prebiótico comercial DBAqua®.

Doses	Macronutrientes (g/kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg/kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
DBAqua® g/m ³	Concentração										
Média geral	35,03±2,04	4,92±0,40	14,81±1,87	30,04±4,91	5,10±0,56	1,94±0,31	25,82±3,61	1,73±0,35	88,69±17,42	24,80±5,70	81,44±11,33
0	35,10±2,54	5,03±0,54	14,75±2,22	31,35±5,57	5,09±0,39	1,97±0,22	26,45±5,39	2,04±0,41	78,50±18,70	23,70±2,66	75,25±18,19
0,05	35,54±1,36	4,93±0,23	14,75±2,22	28,60±2,69	4,89±0,40	1,77±0,49	25,15±4,19	1,79±0,28	91,25±20,37	23,40±4,10	85,75±9,54
0,20	35,71±1,76	4,83±0,17	15,25±1,71	30,53±3,28	5,29±0,50	2,01±0,25	26,62±1,47	1,62±0,29	86,00±3,37	21,90±1,51	85,00±2,94
0,35	33,77±2,52	4,89±0,62	14,50±2,08	29,70±8,13	5,12±0,95	2,00±0,29	25,06±3,70	1,49±0,23	99,00±21,02	30,90±8,45	79,75±10,69
p-valor	0,57	0,93	0,96	0,90	0,83	0,71	0,91	0,12	0,43	0,10	0,56
Doses	Macronutrientes (g/kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg/kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
DBAqua® g/m ³	Acúmulo										
Média geral	219,49±34,93	30,72±4,42	91,78±11,07	186,20±28,60	31,86±5,13	12,04±2,31	161,75±153,47	40,00±11,48	548,51±101,25	154,71±31,91	507,91±83,59
0	203,78±73,20	28,90±1,43	84,58±8,05	179,46±21,88	29,44±3,61	11,35±1,06	153,47±38,29	33,95±8,37	445,82±59,59	137,13±20,37	437,55±119,88
0,05	239,95±47,00	33,46±7,11	98,09±14,93	191,86±32,90	33,27±7,87	11,76±3,41	172,15±53,88	47,31±17,44	606,94±143,75	154,53±16,17	571,17±68,89
0,20	222,86±21,02	30,07±1,15	94,69±7,23	189,55±13,51	32,93±3,24	12,50±1,33	165,79±9,77	38,89±3,57	535,60±22,53	136,72±14,57	529,24±13,70
0,35	211,36±37,72	30,45±4,57	89,78±11,59	183,91±47,12	31,78±5,85	12,57±3,27	155,58±26,14	39,86±12,25	605,67 ±57,81	190,44±40,71	493,69±53,12
p-valor	0,53 ^A	0,51 ^A	0,36 ^A	0,94 ^A	0,75 ^A	0,88 ^A	0,87 ^A	0,47 ^A	0,06 ^B	0,03 ^B	0,13 ^A

*Médias seguidas por letras maiúscula diferentes, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

5. DISCUSSÃO

Neste trabalho, o uso de probióticos na água não influenciou no desempenho produtivo dos peixes. O experimento ocorreu no período de inverno, com temperaturas inferiores ao recomendado pela espécie (Kubitza, 2011). Além de inibir o desenvolvimento da tilápia, as baixas temperaturas também podem afetar o efeito terapêutico dos probióticos quando adicionados na água (Jahangiri & Esteban, 2018). Fonseca, (2019) utilizando complexo probiótico BAC-TRAT® na água e em dietas para tilápia-do-Nilo em temperaturas baixas não observou efeitos benéficos no crescimento dos peixes. Apesar do desconforto térmico causado aos peixes, não foi observado efeitos da ação do probiótico e prebiótico, sugerindo que a utilização do DBAqua® não acarretou perdas ou ganhos corporais aos alevinos.

Outros autores também não observaram melhorias no crescimento da tilápia utilizando probióticos, Marengoni et al., (2010) utilizando probiótico em águas mesohalinas em sistema RAS e TER durante 42 e 70 dias (respectivamente) e Ridha & Azad (2012), utilizando dois tipos de bactérias probióticas durante o período de 99 dias. Apesar de não observar efeitos significativos no crescimento da tilápia vermelha no presente experimento, o valor da sobrevivência do tratamento controle, foram inferiores quando comparado aos demais tratamentos, demonstrando melhores resultados nas diferentes doses testadas de DBAqua®.

Segundo Shi & Walker, (2004) e Perez-Sanchez, Ruiz-Zarzuela, Blase & Balcazar, (2014) a atuação do probiótico depende de fatores genéticos, nutricionais e ambientais. Huitztl-López, Monroy-Dosta, Castro-Mejía, Vázquez-Silva, & Serrano, (2018) observaram a interferência do sistema aquapônico no probiótico em relação ao crescimento de *Ambystoma mexicanum*. Os autores observaram que os microrganismos não permaneciam por um período mais prolongado no trato intestinal dos animais, fazendo com que o substrato do manjericão absorvesse o probiótico do sistema.

As variáveis de qualidade de água oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica ficaram dentro dos níveis recomendados para a espécie (Popma & Lovshin, 1996; Kubitza, 2000; Zimmermann & Hasper, 2003). Entretanto, as variáveis amônia e nitrito ficaram acima do recomendado para a espécie (Kubitza, 2011). Em sistemas de recirculação de água altos níveis de amônia e nitrito podem influenciar

no crescimento e sobrevivência dos peixes (Ruyet, Boeuf, Infante, Helgason, & Roux, 1998; Losordo, Masser, & Rakocy, 1998; Kubitza, 2011).

Os peixes expostos a altas concentrações de amônia apresentam sintomas de irritação, inflamação nas brânquias, hiperventilação, hiperexcitabilidade, convulsões, perda de equilíbrio, coma e morte (Twitchen & Eddy, 1994; Pereira & Mercante, 2005). Apesar dos valores não estarem dentro do recomendado para a espécie e o probiótico e prebiótico não terem efeito significativo na qualidade de água, não foi observado nenhum desses sintomas no presente experimento.

A utilização do probiótico e prebiótico não afetaram os parâmetros de crescimento da alface Valentina. Alguns fatores que podem afetar o crescimento da alface são: baixas temperaturas, baixa radiação solar, tempo do cultivar, maturação do sistema e tipo do sistema utilizado (Rakocy et al., 2006; Kasozi, Kaiser & Wilhelm, 2021).

Os valores de peso e número de folhas no presente experimento ficaram próximos aos dos autores Horino & Makishima, (1993) que obtiveram a média de peso de 169,2 g da alface crespa variedade Valentina em sistema hidropônico e Vaz & Junqueira (1998), testando solução nutritiva com três cultivares de alface sob cultivo hidropônico, obtiveram média de folhas de 13,31 da alface crespa variedade Verônica. Diante disso, os valores obtidos no experimento foram relativamente aceitáveis, uma vez que, foram observados produção em todos os tratamentos.

Segundo Trani, Raij, Cantarella, & Figueiro (2018) os teores ideais dos macronutrientes encontrados em folhas de alface cultivado em solo são: N = 30,0 a 50 g. Kg⁻¹; P = 3 a 7 g. Kg⁻¹; K = 50 a 80,0g. Kg⁻¹; Ca = 15 a 25 g. Kg⁻¹; Mg = 4 a 6 g. Kg⁻¹ e S = 2 a 4 g. Kg⁻¹. Já para os parâmetros de micronutrientes Raij, Cantarella, Quaggio, & Furlani, (1997) apresentam os seguintes valores: B = 30 a 60 mg. Kg⁻¹; Cu = 7 a 20 mg. Kg⁻¹; Fe = 50 a 150 mg. Kg⁻¹; Mn = 30 a 150 mg. Kg⁻¹ e Zn = 30 a 100 mg. Kg⁻¹. Os valores de concentração da alface no cultivo aquapônico ficaram próximos ao recomendado pelo autor. Apenas os valores o macronutriente potássio e o micronutriente cobre foram abaixo aos recomendados pelo autor.

Segundo Bernstein (2011), a absorção de nutrientes pela planta está diretamente relacionada a quantidade de animais cultivados, mencionando a

relação entre plantas e animais sendo de 2:1, entretanto, essa proporção pode variar em função da espécie cultivada, aplicação e quantidade de doses do probiótico. Raji et al., (1997) descreve que algumas causas da deficiência nutritiva das plantas podem estar relacionadas ao espaçamento entre os cultivares, a solução nutritiva, a época do ano ou a posição das folhas. A alface Valentina do experimento foi alocada no espaçamento de 18 cm entre as linhas e 15 cm dentro das linhas, sendo observado que as alfaces das extremidades possuíam maiores tamanhos. Em dias com baixas temperaturas a alimentação foi reduzida e consequentemente reduzindo a excreção dos peixes, podendo ter acarretado a alteração dos nutrientes presentes na solução nutritiva do sistema aquapônico.

As variáveis de macronutrientes não foram observadas diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, para os micronutrientes Ferro e manganês apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Segundo Rijn (2013) a absorção dos nutrientes na planta depende de alguns fatores tais como: a composição da matéria excretada pelos peixes, da microbiota intestinal, decomposição dos nutrientes e tipo do biofiltro.

O manganês tem como função ativar as enzimas de crescimento das plantas e o ferro desempenha o papel de fotossíntese e fixação de nitrogênio (Smith, 2017). Apesar do efeito significativo dos tratamentos do acúmulo dos micronutrientes Ferro e Manganês, não foram observados nenhum sinal de sintoma de deficiência nas plantas.

Foi observado melhores resultados no tratamento de $0,35 \text{ g/m}^3$ quando comparados aos demais tratamentos, sendo assim, o probiótico e prebiótico em maiores concentrações podem influenciar no desempenho dos micronutrientes Ferro e Manganês na alface Valentina. Duarte (2019) realizando a calibração de uma solução nutritiva da alface em sistema de aquaponia com tilápia baseando-se em solução nutritiva hidropônica, obteve o ferro como o micronutriente mais acumulado pela alface na aquaponia.

Em resumo, como não houve efeito entre os tratamentos nos parâmetros zootécnicos, qualidade de água e os valores nutricionais ficaram próximos dos encontrados na literatura, sugere-se que nenhuma das diferentes doses de probióticos e prebiótico testadas tiveram efeito nocivo na alface e aos peixes. No

entanto, trabalhos relacionados ao uso de probióticos e prebiótico em sistema de aquaponia ainda são muito escassos.

6. CONCLUSÃO

A utilização das diferentes doses de probióticos e prebióticos durante o período de 40 dias em sistema aquapônico não interferiram no crescimento da tilápia vermelha da Flórida, alface Valentina e qualidade de água, podendo ser empregado no sistema até 0,35 g/m³.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de probióticos e prebióticos são uma ótima alternativa de biorremediação em sistema de aquaponia, uma vez que, o sistema não utiliza quimioterápicos e defensivos agrícolas em função dos distintos indivíduos envolvidos no sistema. Entretanto estudos relacionando esses microrganismos vivos em sistema de aquaponia ainda são escassos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *WORLD AGRICULTURE TOWARDS 2030/2050: The 2012 Revision*. FAO. ROMA: Agricultural Development Economics Division.

Anjos, R. Q., & Araujo, M. C. (2021). Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos. Em *Probiótico comercial no desempenho, ingestão alimentar e composição centesimal do camarão-da-Amazônia* (pp. 254-265).

Bataglia, C. O., Teixeira, J. P., Furlani, P. R., Furlani, A. M., & Gallo, J. R. (1983). Métodos de análise química de plantas. 48.

Bernstein, S. (2011). *Aquaponic Gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Canada: New society publishers.

Brol, J., Pinho, S. M., Sgnaulin, T., Pereira, K. R., Thomas, M. C., Mello, G. L., . . . Emerenciano, M. G. (2017). Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de zootecnia*, 66(254), 229-235.

Cerozi, B. d., & Fitzsimmons, K. (2016). Use of *Bacillus* spp. to enhance phosphorus availability and serve as a plant growth promoter in aquaponics systems. *Scientia Horticulturae*, 277-282.

Conijn, J. G., Bindraban, P. S., Schröder, J. J., & Jongschaap, R. (2018). Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 251, 244-246.

Dos Santos, M. J. (2016). Smart Cities and urban areas – Aquaponics as Innovative urban. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 402-406.

Duarte, E. (2019). *Calibração da solução nutritiva da alface em aquaponia com tilápia baseado em solução hidropônica*. Dissertação, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal, Diamantina.

FAO. (28 de 10 de 2021). *Cultured Aquatic Species Information Programme*. Fonte: FAO Fisheries and Aquaculture Division *Oreochromis niloticus*: https://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en

Figueiredo-Junior, C. A., & Valente, A. S. (2019). Tilapia cultivation in Brazil: origins and current scenario. In. Congress of the Brazilian Society of Economics, administration and rural sociology. *Brazilian Society of Economics, administration and rural sociology*, 1-9.

Folorunso, E. A., Roy, K., Gebauer, R., Bohat, A., & Mraz, J. (2020). Integrated pest and disease management in aquaponics: A metadata-based review. *Reviews in Aquaculture*, 1-25.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., & Jijakli, H. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *sustainability*, 7, 4199-4224. doi:10.3390/su7044199

- Goodman, E. R. (2011). *Aquaponics: community and economic development. Institute of technology*. Tese de Doutorado, Massachusetts Institute of Technology.
- Gooley, G. J., & Gavine, F. M. (2003). Integrated agri-aquaculture systems: a resource handbook for Australian industry development. *Rural Industries Research and Development Corporation*.
- Horino, Y. M., & Makishima, N. (1993). Comportamento de quatro cultivares de alface desenvolvidas sob hidroponia. *Horticultura Brasileira*, 76.
- Huitztl-López, M. G., Monroy-Dosta, M. d., Castro-Mejía, J., Vázquez-Silva, G., & Serrano, E. M. (2018). Growth evaluation of *Ambystoma mexicanum* and *Ocimum basilicum* with application of *Bacillus subtilis* probiotic in aquaponic system. *International Journal of Aquatic Science*, 93-98.
- Jahangiri, L., & Esteban, M. A. (2018). Administration of Probiotics in the Water in Finfish Aquaculture Systems: A Review. *Fishes*, 3(3), 33.
- Joyce, A., Goddek, S., Kotzen, B., & Wuertz, S. (2019). Aquaponics: Closing the Cycle on Limited Water, Land and Nutrient Resources. Em S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell, *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (pp. 19-34). Suíça: Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-030-15943-6
- Kasozzi, N., Kaiser, H., & Wilhelm, B. (2021). Effect of *Bacillus* spp. on Lettuce Growth and Root Associated Bacterial Community in a Small-Scale Aquaponics System. *agronomy*, 947.
- Kubitza, F. (1999). *Nutrição e alimentação dos peixes cultivados*. Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura Ltda.
- Kubitza, F. (2011). *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: Fernando Kubitza.
- Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart aquaponics system for urban farming. *Energy Procedia*, 143, 342-347.
- Marengoni, N. G., Albuquerque, D. M., Mota, F. L., Passos Neto, O. P., Silva Neto, A. A., Silva, A. I., & Ogawa, M. (2010). Desempenho e proporção sexual de tilápia

vermelha sob a inclusão de probiótico em água mesohalina. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba. *Archivos de Zootecnia*, 59(227), 403-414.

PeixeBr. (2022). *Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022*. São Paulo: Associação brasileira de piscicultura.

Perez-Sanchez, T., Ruiz-Zarzuela, I., Blase, I. d., & Balcazar, J. L. (2014). Probiotics in aquaculture: a current assessment. *Aquaculture*, 6, 133-146.

Raij, B. v., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, Â. M. (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo secretaria de agricultura e abastecimento , coordenadoria de pesquisa agropecuária. Campinas: FUNDAG.

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.

Ridha, M., & Azad, I. (2012). Preliminary evaluation of growth performance and immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* supplemented with two putative probiotic bacteria. *Aquaculture Research*, 43(6), 843-852.

Rijn, J. V. (2013). Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49-56.

Shi, H. N., & Walker, W. A. (2004). Bacterial colonization and the development of intestinal defences. *Canadian Journal of Gastroenterology*, 18(8), 493-500.

Shoemaker, C. A., Klesius, P. H., & Evans, J. J. (2002). Diseases of tilapia with emphasis on economically important pathogens. In: Proceedings of the 5th International Symposium on Tilapia Aquaculture. 2000. *Proceedings of the 5th International Symposium on tilapia Aquaculture*, pp. 565-572.

Smith, S. (2017). Nutrição mineral. Em L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Moller, & A. Murphy, *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6 ed., pp. 119-140). Artmed.

Trani, P. E., Raij, B. V., Cantarella, H., & Figueiro, G. J. (2018). *Hortaliças recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo*. Boletim técnico, Governo do estado de São Paulo secretaria de agricultura e abastecimento, Coordenadoria de assistência técnica integral- CATI, Campinas.

Vaz, R. M., & Junqueira, A. M. (1998). Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. *Horticultura brasileira*, 16(2), 178-180.

Yep, B., & Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges—a review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1586-1599.