

DESEMPENHO PRODUTIVO DE TILÁPIA E HORTALIÇAS VERDES EM UM SISTEMA AQUAPÔNICO EM PEQUENA ESCALA

Samuel Gaudioso Albuquerque Carvalho Melo

Graduado pela Universidade Federal do Ceará
Control Ambiental Sustentabilidade e Meio
Ambiente S.A., 29.050-335, Vitória, Espírito
Santo, Brasil

Elenise Gonçalves de Oliveira

Doutora pela Universidade Estadual de São
Paulo

Departamento de Engenharia de Pesca, Campus
do Pici, Universidade Federal do Ceará
60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil

Francisco Hiran Farias Costa

Doutor pela Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Pesca, Campus
do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-
760, Fortaleza, Ceará, Brasil

RESUMO: A escassez hídrica no Nordeste brasileiro tem exigido que a aquicultura adote medidas para racionalizar o uso da água. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem em *Oreochromis niloticus* em um sistema de recirculação em aquicultura (SRA), associado ao cultivo hidropônico de *Lactuca sativa* e *Eruca sativa*. O experimento teve 43 dias de duração e foram utilizadas 72 exemplares de *L. sativa*, 72 de *E. sativa* e 720 juvenis de *O. niloticus*.

Os peixes foram estocados em densidades de 80, 100 e 120 peixes/m³, sendo alimentados com ração extrusada com 36% de proteína bruta e 14,2 MJ/kg de ração, ofertada em 4 refeições/dia, com uma taxa de arraçoamento entre 5 e 3,5% do peso corpóreo/dia. Para cada densidade de estocagem, foi utilizado um SRA. Cada SRA foi composto por: 3 tanques de 800 L para o cultivo dos peixes, 1 tanque de 1.500 L para decantação de resíduos sólidos, 1 tanque de 200 L, contendo 30 kg de argila expandida como substrato para o filtro biológico e 2 bombas submersas (vazão 2.000 L/h), para promover a recirculação de água do SRA e do sistema hidropônico, composto por 3 tubos de PVC de 6 m, com 24 orifícios de 76 mm de diâmetro, para encaixe das plantas fixadas em espuma fenólica. Para a retenção de resíduos sólidos, foram colocadas telas com malhas de 500 e 100 μ m nas entradas dos tanques de decantação e filtros biológicos, respectivamente. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com três tratamentos e três repetições, sendo os dados de desempenho dos peixes submetidos à análise de variância e de regressão ou teste de média (Tukey 5%). A biomassa e produtividade apresentaram os valores mais significativos na densidade de 120 peixes/m³, enquanto que a conversão alimentar

decreceu com o incremento da densidade de estocagem. *L. sativa* apresentou melhor desenvolvimento nas bancadas com efluentes provenientes dos tanques com 120 peixes/m³. Os exemplares de *E. sativa* não se desenvolveram adequadamente no sistema proposto. Portanto, a densidade de 120 peixes/m³ se mostrou mais adequada para a produção de *O. niloticus* e *L. sativa* em aquaponia.

PALAVRAS-CHAVE: escassez de água; reuso de água; sistema de recirculação.

TILAPIA AND GREEN VEGETABLES PRODUCTION PERFORMANCE IN A SMALL-SCALE AQUAPONIC SYSTEM

ABSTRACT: The water shortage in Brazilian northeastern requires aquaculture to take steps to rationalize the use water. In this sense, the present work aims to evaluate the effect of stocking density on *Oreochromis niloticus* in recirculation aquaculture system (RAS), associated with the hydroponic cultivation of *Lactuca sativa* and *Eruca sativa*. The experiment lasted 43 days and 72 specimens of *L. sativa*, 72 of *E. sativa* and 720 juveniles of *O. niloticus* were used. The fish were stocked at densities of 80, 100 and 120 fish/m³, being fed extruded feed with 36% crude protein and 14.2 MJ/kg of feed, offered in 4 meals/day, with a feeding rate of 5 and 3.5% of body weight/day. For each stocking density, an RAS was used. Each RAS was composed by three 800 L tanks for fish cultivation, one 1,500 L tank for waste decantation, and one 200 L tank, containing 30 kg of expanded clay as substrate for the biological filter and two submerged pumps (flow 2.000 L/h), to promote the water recirculation of the RAS and the hydroponic system, composed of three PVC pipes of 6 m, with 24 holes of 76 mm in diameter, for fitting plants fixed in phenolic foam. To retain solid residues, screens with 500 and 100 μ m meshes were placed at the entrances of decantation tanks and biological filters, respectively. The experiment was installed in blocks around, with three treatments and three repetitions, with the performance data of fish submitted to analysis of variance and regression or average test (Tukey 5%). Biomass and productivity registered the highest values in the density of 120 fish/m³, while the feed conversion decreased with the increase in the stocking density. *L. sativa* showed better development in beds with effluents from tanks with 120 fish/m³. *E. sativa* did not developed using any adopted system. Therefore, a density of 120 fish/m³ was more suitable for *O. niloticus* and *L. sativa* production of in aquaponics.

KEYWORDS: water shortage; water reuse; recirculation system.

1 INTRODUÇÃO

Até 2050, a agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, tendo que incrementar em 100% a produção nos países em desenvolvimento (UNESCO, 2015). Esse aumento deverá ser suprido mediante uso de agricultura irrigada (UN-DESA, 2015) e, em parte, por culturas emergentes como a aquicultura, cuja previsão é de que venha atingir uma produção superior a 100 milhões de toneladas até 2030 (excluindo-se as plantas aquáticas), vindo a superar a oferta de pescado de captura, que, por sua vez, deverá permanecer estável em 90 milhões de toneladas (FAO, 2018).

O aumento na produção de alimentos certamente elevará as demandas por água, que já são altas na atualidade. Conforme dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2017), as retiradas de água pela agricultura (esse conceito envolve produção vegetal e animal, incluindo a aquicultura), correspondem a 70% de todas as retiradas no mundo. No Brasil, as retiradas de água por esse setor correspondem a 60% do total (FAO, 2015).

Os atuais índices de crescimento global da demanda por água para a produção de alimentos parecem ser insustentáveis, evidenciando que o setor terá de aumentar a eficiência no uso da água, reduzindo as perdas e aumentando a produtividade das culturas em relação aos recursos hídricos utilizados. Nesse contexto, Oliveira e Santos (2011) ressaltam que a associação entre agricultura e aquicultura pode ser uma estratégia de utilização sustentável dos recursos hídricos, pois atende aos preceitos de atividades que promovem o uso múltiplo da água, contribuindo assim para uma maior eficiência hídrica e produtiva.

A aquaponia é uma técnica que pode melhorar a eficiência do uso da água e consiste na combinação da criação de peixes em consórcio com a hidroponia (cultivo de plantas sem solo). Neste sistema, peixes e plantas crescem de forma integrada, resultando em um ecossistema sustentável onde ambos convivem de forma harmônica (BARBOSA, 2011; LENZ *et al.*, 2017). Essa modalidade de cultivo, de acordo com Oliveira e Santos (2015), vem aumentando de importância, sendo em parte fortalecida pela discussão do uso sustentável da água e de outros recursos naturais, das limitações de expansão das culturas agrícolas em áreas onde o custo da terra é alto e da necessidade de mitigar os efeitos das descargas de resíduos pela aquicultura.

Na aquaponia, a água após cumprir suas funções no ambiente de cultivo dos organismos aquáticos, sai do sistema aquícola carregando consigo sólidos e nutrientes (OLIVEIRA; SANTOS, 2015; MAUCIERI, 2019). Os sólidos (sobras de alimento e excrementos dos peixes) são removidos do efluente através dos processos de sedimentação ou filtração (CORTEZ *et al.*, 2009) e, após a filtragem, os efluentes são direcionados para as camas hidropônicas, vindo as plantas a atuar como biofiltro, retirando para benefício próprio, compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo. No processo de reciclagem de nutrientes as bactérias nitrificantes presentes no substrato e nas raízes das plantas são decisivas para garantir o bom funcionamento do sistema (DIVER, 2006).

Tratando de sistema hidropônico, Bezerra-Neto e Barreto (2011/2012) citam que existem algumas maneiras de aplicar o sistema aquapônico, que diferem entre si quanto à forma de sustentação da planta (meio líquido e substrato), ao reaproveitamento da solução nutritiva (circulantes ou não circulantes), ao fornecimento da solução nutritiva (contínua ou intermitente). Citam ainda que quanto ao reaproveitamento da solução nutritiva, os sistemas hidropônicos são classificados em abertos e fechados. No primeiro caso, a solução nutritiva é aplicada uma única vez às plantas e, posteriormente, descartada, assemelhando-se à fertirrigação. No sistema fechado, a solução nutritiva

aplicada é recuperada e reutilizada, sendo periodicamente corrigida a composição da solução nutritiva, seja através da adição de água ou de nutrientes minerais.

O sistema NFT (*Nutrient Film Technique*, ou Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente) é uma das modalidades de aquaponia, onde as plantas são cultivadas em canais de cultivo por onde a solução nutritiva circula, intermitentemente, em intervalos definidos e controlados por um temporizador. As raízes das plantas ficam apenas parcialmente submersas na lâmina de solução nutritiva que circula de forma a permitir a respiração normal das raízes (BEZERRA-NETO; BARRETO, 2011/2012).

Tratando sobre aquaponia, Braz Filho (2014), afirma que em sistema aquapônico, a densidade de peixes não deve exceder 45 kg/m³, quando utilizado nos tanques de peixes apenas aeração. Já se houver adição de oxigênio puro, essa quantidade pode superar os 100 kg/m³. A produtividade de vegetais, por sua vez, está relacionada à quantidade de ração distribuída diariamente aos peixes, podendo indicar que a partir do fornecimento de 60 g de ração aos peixes, se nutre 1,0 m² de folhosas (13 a 25 pés) e o fornecimento de 100 g de ração é adequado para a mesma área de frutas.

Os sistemas aquapônicos vêm despertando muito interesse por parte de aquicultores e agricultores e aspectos como densidade de estocagem de peixes, espécie vegetal a ser usada e relação planta-peixe merecem ser investigados, de modo a obter o máximo proveito do sistema e suprir o seguimento de informações com embasamento científico. Diante do exposto, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar a produção de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), mantidos em diferentes densidades de estocagem, em um sistema com recirculação de água e associado ao cultivo aquapônico de alface (*Lactuca sativa*) e rúcula (*Eruca sativa*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo de peixes e das culturas vegetais nas bancadas aquapônicas teve duração de 43 e 37 dias, respectivamente, na Fazenda Aracoiaba Pescados de Cultivo Ltda (Aracoiaba, Ceará, Brasil), mediante parceria estabelecida com o Laboratório de Aquicultura e Sistema Integrado de Produção (LASIP), do Departamento de Engenharia de Pesca, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará (DEP/CCA/UFC), Campus do Pici, Fortaleza/CE.

Para este estudo, foram montadas três unidades aquapônicas (Figura 01), uma para cada uma das três densidades testadas (80, 100 e 120 peixes/m³). Cada unidade aquapônica foi composta por três tanques de 800 L, para o cultivo dos peixes, um tanque de 1.500 L, denominado tanque de decantação, usado para filtração e decantação de resíduos sólidos, e um tanque cilíndrico de 200 L, denominado filtro biológico, preenchido parcialmente com 30 kg de argila expandida para servir de substrato para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes. A filtração dos resíduos sólidos foi feita com o uso de malhas com abertura de 500 µm e 100 µm na entrada dos tanques de decantação e biológico, respectivamente. Duas bombas submersas

(modelo AquaPump AE-01-2200, com vazão de 2.400 L/h) foram utilizadas para unificar os dois circuitos de recirculação (sistema de recirculação em aquicultura – SRA – e hidroponia). No primeiro circuito, uma bomba foi usada continuamente para recircular a água no SRA, durante todo o experimento, enquanto que no segundo circuito uma bomba foi usada para a recirculação de água do filtro biológico (SRA) para o sistema hidropônico, de forma intermitente, através do uso de um timer analógico.

Cada sistema hidropônico foi constituído de 3 tubos PVC de 6 m e 75 mm de diâmetro, tendo cada um, 24 orifícios de 76 mm de diâmetro, com espaçamentos de 20 cm, para encaixe de recipientes plásticos de 200 mL contendo as plantas fixadas em espuma fenólica. Os tubos, denominados de bancadas aquapônicas, foram colocados sobre uma plataforma, ficando 1,6 m acima do solo, com uma inclinação de 10%, para facilitar o escoamento da água por gravidade. As bancadas aquapônicas seguiram o modelo NFT (Nutrient Film Technique), sendo cobertas por tela sombrite com 50% de retenção da luz solar.

No estudo, foram utilizados juvenis de *Oreochromis niloticus* linhagem Chitralada. Para o início do experimento, foram selecionados 720 peixes com peso médio inicial de $23 \pm 3,6$ g e comprimento total médio de $10,8 \pm 0,6$ cm. Após a aclimação, os peixes foram estocados em tanques de 800 L, nas densidades de 80, 100 e 120 peixes/m³, e alimentados 4 vezes ao dia com uma ração comercial extrusada, contendo 36% de proteína bruta e 14,2 MJ/kg de ração (Pirá Evolution Juvenil, Guabi®, São Paulo, Brazil). As taxas de arraçamento utilizadas foram de 5,0% do peso corpóreo/dia nos primeiros 14 dias, 4,0% do 15.º até o 28.º dia e 3,5% do 29.º dia até o término do experimento.

Todos os tanques de 800 L (SRA) eram dotados de aeração constante. O fluxo de água foi mantido em 3,35 L/minuto por tanque de 800 L, garantindo uma renovação diária de 600%. Os tanques foram cobertos para prevenir que os peixes saltassem para fora dos tanques. As telas de filtragem, posicionadas na entrada dos tanques de decantação e dos filtros biológicos, foram lavadas duas vezes por dia em água corrente para evitar colmatção.

A coleta de amostras de água foi feita quinzenalmente as 07h, através da aplicação de métodos padrões de acordo com APHA (2017). Os seguintes parâmetros foram analisados: nitrogênio amoniacal total, nitrito (mg/L), nitrato (mg/L), fósforo total (mg/L), dureza total (mg/L), alcalinidade total (mg/L). A amônia não ionizada (mg/L) foi estimada a partir dos valores de NAT, pH e temperatura da água, com base na Fórmula de Emerson (EL-SHAFI *et al.*, 2004). Diariamente, foi feito o monitoramento da temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L), com oxímetro digital portátil, modelo ProODO Digital da marca YSI, e do pH, com pHmetro digital Testr2 waterproof.

No início, aos 14, 28 e 43 dias do cultivo, os peixes foram capturados, anestesiados com 100 mg/L of benzocaína, pesados e medidos. O número de peixes no início e final do experimento foi determinado, bem como a quantidade de ração fornecida em cada tanque. Com os dados obtidos foi possível estimar os parâmetros

de desempenho: taxa de sobrevivência (TS), taxa de crescimento específico em peso (TCEW), ganho em peso (GW), biomassa inicial (Bi), biomassa final (Bf), biomassa líquida (Bl); produtividade (P) e taxa de conversão alimentar (TCA). Os parâmetros de desempenho dos peixes foram calculados com as seguintes fórmulas: $TS (\%) = (100 \times N_f) / N_i$, onde N_f é o número final de peixes e N_i o número inicial, $TCEW (\%) = 100 \times [(\ln W_f - \ln W_i) / t]$, onde $\ln W_f$ é o logaritmo natural do peso final dos peixes, $\ln W_i$ é o logaritmo natural do peso inicial e t é o tempo (dias) de cultivo, $GW (g) = (W_f - W_i)$, onde W_f é o peso final dos peixes e W_i o peso inicial. Para calcular o ganho diário de peso (GWd) o resultado dessa operação (GW, g) foi dividido por t , onde t é o tempo (dias) de cultivo. $Bi (kg/800 L) = (W_{Mi} \times N_i)$, onde W_{Mi} é o peso médio inicial dos peixes e N_i é o número inicial de peixes, $Bf (kg 800/L) = (W_{Mf} \times N_f)$, onde W_{Mf} é o peso médio final dos peixes e N_f é o número final de peixes (kg/m), $Bl (kg/800 L, em 43 dias) = (B_f - B_i)$, onde B_f é a biomassa final e B_i a inicial, $P (kg/m^3, em 43 dias) = (B_f \times 1000) / 800$, onde B_f é biomassa final, 800 é o volume do tanque e 1000 usado para extrapolar o resultado para $1 m^3$, $TCA = Cr / Bl$, onde Cr é o consumo de ração no período e Bl a biomassa líquida no período.

Os exemplares de *Lactuca sativa* e *Eruca sativa* foram obtidos após o plantio de sementes comerciais em canteiros convencionais, seguindo-se dos tratamentos culturais de irrigação por aspersão, duas vezes ao dia, durante 20 min. Após 9 dias de germinação, as plantas foram coletadas nos canteiros, as raízes foram submetidas à limpeza e fixadas na célula de espuma fenólica medindo $2 \times 2 \times 2$ cm com um orifício central. Após a fixação na espuma fenólica, as plantas foram transferidas para recipientes plásticos de 200 mL, os quais foram encaixados nos orifícios das bancadas aquapônicas. Foram transferidas para as bancadas aquapônicas, um total de 108 plantas de *L. sativa* e 108 de *E. sativa*, ficando 24 plantas por bancada aquapônica. As primeiras 12 plantas de cada bancada aquapônica foram de *E. sativa* e as últimas 12 de *L. sativa*.

Após a transferência das plantas, o sistema de recirculação de água para as bancadas aquapônicas foi acionado de forma intermitente, sendo controlado por um timer analógico. Diariamente, o timer foi programado para acionar as bombas em horários específicos. No horário entre 06h00min e 17h59min, as bombas permaneceram ligadas por 20 minutos e desligadas por 40 minutos, do início até o 27.º dia de cultivo das plantas nas bancadas aquapônicas, e 20 minutos ligadas e 20 minutos desligadas do 28.º ao 37.º dia de cultivo das plantas nas bancadas aquapônicas. Nos horários entre 18h00min e 20h59min, 22h00min e 02h59min e 04h00min e 05h59min, não houve circulação de água nas bancadas aquapônicas. Nos horários entre 21h00min e 21h59min e 03h00min e 03h59min, as bombas foram acionadas por apenas 20 minutos. A vazão de água para as bancadas aquapônicas foi regulada para 1 a $2 L \text{ min}^{-1}$ e a lâmina de água no interior dos tubos das bancadas aquapônicas foi de 5,0 mm.

Para acompanhar o desenvolvimento das plantas de *L. sativa* e *E. sativa* foram realizadas medições de: altura de planta (cm), comprimento da maior folha (cm), número de folhas, peso fresco (g), teor de matéria seca (%) e sobrevivência (%) das

plantas. As análises foram realizadas em uma amostra composta por 20 plantas de *L. sativa* e 20 de *E. sativa* no dia do transplântio para as bancadas aquapônicas e em 5 plantas de cada bancada aquapônica coletadas por ocasião do encerramento do cultivo (37.º dias após o transplântio). No final do experimento, foram realizadas as mesmas análises em amostras de plantas que cresceram em solo, seguindo tratos culturais convencionais, para efeito comparativo. As plantas foram pesadas em balança com quatro casas decimais e medidas com régua milimetrada. O peso seco foi determinado após pesagem do material e secagem em estufa a 55 °C por 72 h.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados (DBC) com três tratamentos (densidades de estocagem de juvenis de *O. niloticus*: 80, 100 e 120 peixes/m³) e três repetições (tanques de cultivo ou bancadas aquapônicas). Os dados de peso e comprimento total dos peixes obtidos nas quatro biometrias, bem como das variáveis físico-químicas da água foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), sendo analisados em esquema fatorial 3 x 4 (três densidades de estocagem = 80, 100 e 120 peixes/m³ x quatro tempos de cultivo = 0, 14, 28 e 42 dias de cultivo), no programa STAT (Sistema para Análise Estatística, Versão 2,0, do Polo Computacional do Centro de Ciências Exatas, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista). Quando o Teste F foi significativo ao nível de 1% ($p \leq 0,01$) ou 5% ($p < 0,05$), foi feita análise de regressão linear no *Microsoft Excel*. Os demais dados de desempenho zootécnico foram submetidos à ANOVA (Teste F a 1 ou 5%) e teste de comparação de médias (Tukey 5%), no STAT. Os dados obtidos para as plantas foram submetidos a ANOVA (Teste F a 1%, $p \leq 0,01$ ou 5%, $p < 0,05$) e teste de comparação de médias (Tukey 5%), no programa STAT.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros de qualidade da água

A temperatura média da água foi de 25,67 ± 0,38°C, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos e ao longo dos 43 dias de cultivo, dentro da faixa ideal para o cultivo de *Oreochromis* spp. (TIMMONS; EBELING, 2010; DELAIDE *et al.*, 2017; LENZ *et al.*, 2017), e para as cultivares utilizadas de *Lactuca sativa* e *Eruca sativa* (PRELA-PANTANO *et al.*, 2015; GONÇALVES-TREVISOLI *et al.*, 2017).

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos da água estão apresentados na Tabela 1. As concentrações de oxigênio dissolvido diminuíram progressivamente no decorrer do cultivo ($p < 0,01$), sendo que na última semana, valores significativamente baixos foram observados nos tanques com 100 e 120 peixes/m³, demonstrando a necessidade de aprimoramento do modelo proposto, indicando ser vital o uso de um compressor de ar mais eficiente. Pérez-Urrestarazu *et al.* (2019) encontraram problemas similares em um sistema aquapônico envolvendo *Carassius auratus* e *L. sativa*. Por outro lado, Lenz *et al.* (2017) cultivando *L. sativa* a partir de efluentes de *O. niloticus* conseguiram manter os níveis de oxigênio dissolvido acima de 8,0 mg/L.

As concentrações de amônia não ionizada permaneceram sem diferenças significativas entre densidades ($p>0,05$), mas apresentaram aumento significativo no 14.º dia de cultivo ($p<0,01$). As concentrações de nitrito foram semelhantes entre as densidades ($p>0,05$), mas sofreram alterações ao longo do cultivo ($p<0,01$), enquanto que os valores de nitrato não sofreram alterações entre as densidades nem tampouco durante o cultivo ($p>0,05$). O pico nas concentrações de amônia não ionizada no 14.º dia de cultivo pode ser atribuído ao aporte de compostos nitrogenados, quando os filtros biológicos ainda não se encontravam eficientemente colonizados por nitrobactérias, sendo incapazes de realizarem a nitrificação. Posteriormente, a redução dos níveis dos compostos nitrogenados pode ser explicada pela assimilação do nitrogênio por parte das plantas, minimizando a percepção dos processos de nitrificação (HUNDLEY; NAVARRO, 2013). Maucieri *et al.* (2019) verificaram que as maiores concentrações de NH_4^+ e NO_3^- foram observadas em tanques com *C. auratus* durante o ciclo de *L. sativa*, enquanto que os altos valores de NO_2^- foram encontrados quando o cultivo de *C. Auratus* foi associado com *Cichorium intybus*.

As concentrações de fósforo apresentaram diferenças relacionadas com as densidades de estocagem ($p<0,01$) e período de cultivo ($p<0,01$), havendo uma redução significativa durante o período de cultivo, independente da densidade de estocagem. A redução gradual de fósforo pode ser atribuída à absorção dos nutrientes feita pelas hortaliças no sistema aquapônico. As maiores concentrações foram observadas nas densidades de 100 e 120 peixes/m³, com valores entre 0,0438 e 0,0386 mg/L, no início do experimento, e 0,0218 e 0,0228 mg/L, respectivamente. Concentrações de fósforo entre 2,9 a 4,6 mg/L, foram registradas por Barbosa (2011), em um sistema aquapônico entre *O. niloticus*, e as hortaliças *Origanum majorana* e *Ocimum basilicum* e por Maucieri *et al.* (2019), entre 8,2 a 99,4 mg/L, em um cultivo aquapônico entre *C. auratus* e as hortaliças *C. intybus*, *L. sativa* e *Beta vulgaris*.

O pH apresentou diferenças relacionadas com densidade de estocagem e tempo de cultivo, sendo esses efeitos dependentes ($p<0,01$). De um modo geral, os valores de pH foram mais elevados no início do experimento, declinando no decorrer do cultivo. Sabe-se que valores de pH acima de 7,0 são satisfatórios para o desenvolvimento de peixes, contudo, interferem diretamente na solubilidade e disponibilidade de nutrientes na água para as plantas (RESH, 2012). Maucieri *et al.* (2019) registraram pH entre 7,0 e 9,0, em seu estudo aquapônico, enquanto em estudo hidropônico com quatro cultivares de *L. sativa*, Soares *et al.* (2020) mantiveram o pH das soluções hidropônicas entre 5,5 e 6,5.

A alcalinidade e dureza apresentaram diferenças relacionadas com as densidades de estocagem ($p<0,01$ para ambas) e período de cultivo (alcalinidade com $p<0,05$ e dureza com $p<0,01$). Em todas as densidades, a alcalinidade apresentou um aumento no 14.º dia de cultivo e, durante todo o período experimental, as concentrações foram menores na densidade de 100 peixes/m³. A dureza nas densidades de 80 e 120 peixes/m³ permaneceu estável ao longo do experimento, enquanto na densidade de 100

peixes/m³ apresentou um aumento no 14.º dia de cultivo. Os valores de alcalinidade e dureza mantiveram-se altos durante o período de cultivo e adequados para a produção de *O. niloticus*, sendo ainda suficientes para a manutenção do pH acima de 7,0 para a água aquapônica (BOYD; TUCKER; SOMRIDHIVEJ, 2016; DELAIDE *et al.*, 2017).

3.2 Parâmetros zootécnicos

O crescimento em peso de *O. niloticus*, durante o período de cultivo, está expresso na Figura 2, tendo apresentado um comportamento linear com R² variando entre 0,97 e 0,99. De acordo com a Tabela 2, ao final dos 43 dias de cultivo, a sobrevivência, ganho em peso e em comprimento total e taxa de crescimento específico, não apresentaram diferenças significativas em relação às densidades de estocagem ($p > 0,05$). No entanto, a biomassa final e, conseqüentemente, a produtividade aumentaram progressivamente com o aumento da densidade de estocagem ($p < 0,01$). Para a densidade de 120 peixes/m³, a TCA foi de 0,86, estatisticamente diferente ($p < 0,01$) para as densidades de 80 e 100 peixes/m³.

No presente estudo, *O. niloticus* alcançou um peso médio final de 76,34 g, sendo estes resultados superiores aos registrados por Hundley (2013) que cultivou *O. niloticus* em sistema aquapônico por 45 dias (peso inicial de 6,96 g e peso final variando entre 52 a 61g). Em relação aos valores de produtividade final, variando entre 7,64 e 11,80 kg/m³, observou-se, ao final deste experimento, baixos níveis de oxigênio dissolvido, o que comprometeu a capacidade de suporte nas densidades de 100 e 120 peixes/m³. Esses valores foram similares aos obtidos por Lenz *et al.* (2017) que obtiveram produtividades de 8,34 e 8,65 kg/m³, ao utilizar efluentes de *O. niloticus* para a produção de *L. sativa*. Por outro lado, Delaide *et al.* (2017) usaram biomassas de 23 kg/m³ de *O. niloticus* em um cultivo aquapônico com *L. sativa* e *O. basilicum*. No presente estudo, a TCA foi menor que a observada em estudos similares. Lenz *et al.* (2017), cultivando *O. niloticus*, obtiveram TCAs entre 2,01 e 2,18, enquanto Maucieri *et al.* (2019), cultivando *C. auratus*, observaram um valor de 1,71, Delaide *et al.* (2017), cultivando *O. niloticus*, reportaram 1,56 e Endut *et al.* (2016), cultivando *Clarias gariepinus*, encontraram valores entre 1,18 e 1,33.

3.3 Parâmetros fitotécnicos

De acordo com a Tabela 3, o número de folhas por planta, a altura da parte aérea da planta, o comprimento da maior folha e peso fresco da parte aérea de *L. sativa* foram maiores ($p < 0,01$) nas bancadas que receberam efluentes dos tanques estocados com 120 peixes/m³. A sobrevivência de *L. sativa* no sistema aquapônico ficou entre 97 e 100% e o teor de matéria seca entre 9,23 e 8,02%, sendo estatisticamente semelhantes em todas as densidades ($p > 0,05$). Por outro lado, somente *L. sativa* cultivada em bancadas que receberam efluentes dos tanques com 120 peixes/m³, teve desempenho semelhante ao grupo controle (cultivo em solo).

Para a cultura de *E. sativa*, o número de folhas por planta, peso fresco, percentual de matéria seca e de plantas vivas ao final dos 37 dias de cultivo não apresentaram diferenças estatísticas relacionadas com as densidades ($p>0,05$), enquanto a altura da parte aérea e comprimento da maior folha foram maiores para as plantas das bancadas que receberam efluentes dos tanques com 120 peixes/m³ ($p<0,05$) (Tabela 4). Em comparação com os dados obtidos para *E. sativa* no início do cultivo e cultivadas em solo, foi possível verificar que o crescimento em aquaponia ficou estagnado e foi inferior ao de *L. sativa*.

Alves *et al.* (2015), trabalhando com aquaponia, constataram que *L. sativa* tem uma discreta vantagem sobre *E. sativa*, devido sua menor exigência nutricional. Soares *et al.* (2020), utilizando 4 variedades de *L. sativa* em hidroponia, registraram número de folhas (14 a 21 folhas/planta) e peso fresco das folhas (104 a 145 g), superior ao registrado no presente estudo, fato que deve ter relação com as diferentes concentrações de nutrientes disponíveis às plantas na aquaponia em comparação com o uso de soluções nutritivas na hidroponia. Maucieri *et al.* (2019) constataram que a densidade mais elevada nos tanques com *C. auratus* proporcionou um aumento de 41% no rendimento comercializável para *L. sativa* e 21% para *E. sativa*, enquanto *C. intybus* teve uma redução de 60%, quando comparados ao grupo controle (cultivo em solo).

Os dados permitem inferir que a produção de *O. niloticus* e *L. Sativa*, em sistema aquapônico, pode maximizar a eficiência do uso da água na produção de alimentos, visto que essa atividade pode resultar em economia de insumos, uma vez que os nutrientes provenientes do cultivo de peixes são aproveitados na nutrição das plantas. Contudo, o modelo proposto precisa de ajustes, tanto no SRA para cultivo de peixes (anteriormente comentado) como no setor hidropônico, cujo peso fresco da parte aérea de *L. Sativa* alcançou somente 13,51 g, em 37 dias, contra valores entre 53,43 e 64,54 g para três cultivares de *L. Sativa*, durante 28 dias (LENZ, *et al.*, 2017), 175,08 g para *L. Sativa*, durante 28 dias (DELAIDE *et al.*, 2017), mas, fazendo uso de solução nutritiva (FeSO₄, 0,5 g Fe/L) e 81,9 e 337,9 g para três cultivares de *L. Sativa*, durante 42 dias, mas, fazendo uso de solução nutritiva (K₂SO₄ at 1.5%, Chelated iron solution at 1%) (PÉREZ-URRESTARAZU *et al.*, 2019).

4 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que o sistema aquapônico proposto permite a produção sustentável de *O. niloticus* e *L. sativa*, necessitando, contudo, de estudos adicionais para a realização de ajustes para a otimização do processo produtivo. Entre os ajustes do sistema aquapônico, faz-se necessário o uso, no sistema RAS, de um compressor de ar capaz de manter os níveis de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L e a inoculação de nitrobactérias previamente ao cultivo de plantas. Em relação às bancadas aquapônicas, deve-se considerar o uso de soluções nutritivas, visto que esses sistemas, normalmente, apresentam deficiências de micronutrientes como K, Fe ou Ca.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. S.; TAKAHASHI, L. S.; BARBOSA, L. J. C.; MIASAKI, C. T.; LOPES, P. R. M.; RIBEIRO, C. C.; SOUZA, C. T. Estudos sobre o cultivo de hortaliças e peixes em sistemas aquapônicos na região da Alta Paulista. In: Congresso de Extensão Universitária da UNESP, 8., 2015, Araçatuba. **Anais...** Araçatuba: UNESP, p. 1–5, 2015.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 23ª Ed. Washington DC, APHA/WEF/AWWA, 1546 p., 2017.

BARBOSA, W. W. P. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. 55 f. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

BEZERRA-NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8/9, p.107–137, 2011/2012.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.; SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 47, n. 1, p. 6–41, 2016.

BRAZ-FILHO, M. S. P. Aquaponia - Alternativa para sustentabilidade na aquicultura. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 24.Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2014. Palestra, 6 p., 2014.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C.; BELLINGIERI, P. A.; DALRI, A. B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 413–417, 2009.

DELAIDE, B.; DELHAYE, G.; DERMIENCE, M.; GOTT, J.; SOYEURT, H.; JIJAKLI, M. H. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and

water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system. **Aquacultural Engineering**, v. 78, p. 130–139, 2017.

DIVER, S. **Aquaponics: Integration of Hydroponics with Aquaculture**. Fayetteville: ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, 28 p., 2006.

ENDUT, A.; LANANAN, F.; ABDUL HAMID, S. H.; JUSOH, A.; WAN-NIK, W. N. Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system. **Desalin. Water Treat.**, v. 57, n. 60, p. 29531–29540, 2016.

EL-SHAFI, S. A.; EL-GOHARY, F. A. NASR, F. A.; STEEN, N. P.; GIJZEN, H. J. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 232, n. 14, p. 117–127, 2004.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **AQUASTAT Country Fact Sheet: Brazil**. Rome: FAO, 20 p., 2015.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Water for Sustainable Food and Agriculture: A report produced for the G20 Presidency of Germany**. Rome: FAO, 27 p., 2017.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the Sustainable Development Goals**. Rome: FAO, 210 p., 2018.

GONÇALVES-TREVISOLI, E. D. V.; MENDONÇA1, H. F. C.; DILDEY, O. D. F.; DARTORA, J.; RISSATO, B. B.; COLTRO-RONCATO, S.; KLOSOWSKI, E. S.; TSUTSUMI, C. Y.; ECHER, M. M. Ambiência e desempenho produtivo de rúcula cultivada em diferentes espaçamentos. **Sci. Agrar. Parana.**, v. 16, n. 2, p. 230–236, 2017.

HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes.** 57 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 52–61, 2013.

KYAW, T. Y.; NG, A. K. Smart aquaponics system for urban farming. **Energy Procedia**, v. 143, p. 342–347, 2017.

LENZ, G. L.; DURIGON, E. G.; LAPA, K. R.; EMERENCIANO, M. G. C. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema BFT em baixa salinidade. **B. Inst. Pesca**, v. 43, n. 4, p. 614–630, 2017.

MAUCIERI, C.; NICOLETTO, C.; ZANIN, G.; BIROLO, M.; TROCINO, A.; SAMBO, P.; BORIN, M.; XICCATO, G. Effect of stocking density of fish on water quality and growth performance of European carp and leafy vegetables in a low-tech aquaponic system. **PlosOne**, v. 14, n. 5, p. 1–15, 2019.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Conservação e uso racional de água: Integração aquicultura-agricultura. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds). **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p.113–161, 2011.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. **Ciência Animal**, v. 25, n. 1, p. 133–154, 2015.

PAUDEL, S. R. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): Effects of plant to fish biomass ratio. **Aquaculture**, v. 520, n. 15, p. 1–8, 2020.

PÉREZ-URRESTARAZU, L.; LOBILLO-EGUÍBAR, J.; FERNÁNDEZ-CAÑERO, R.; FERNÁNDEZ-CABANÁS, V. M. Suitability and optimization of FAO's small-scale aquaponics systems for joint production of lettuce (*Lactuca sativa*) and fish (*Carassius auratus*). **Aquacultural Engineering**, v. 85, p. 129–137, 2019.

PRELA-PANTANO, A., NOVO, M. C. S. S., TRANI, P. E. Desempenho de cultivares de alface na região de Americana, SP. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 92–104, 2015.

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production: A Definitive guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**. 7th ed. CRC Press, 513 p., 2012.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N.; BRITO-NETO, J. F. Produção hidropônica de cultivares de alface em duas concentrações da solução nutritiva. **Journal of Biology & Pharmacy Agricultural Management**, v. 16, n. 1, p. 82–93, 2020.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. **Recirculating Aquaculture**. 2nd ed., NRAC, New York, 939 p., 2010.

UN-DESA (United Nations, Department of Economic and Social Affairs). **The critical role of water in achieving the sustainable development goals: Synthesis of knowledge and recommendations for effective framing, monitoring, and capacity development**. New York: UN-DESA, 94 p., 2015.

UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água para um mundo sustentável** (Sumário executivo). Brasília: UNESCO/WWDR, 8 p., 2015.

Figura 1 - Imagem das instalações de cultivo de *O. niloticus*, cultivado em sistema aquapônico com *L. sativa* e *E. sativa*, em modelo NFT.



Figura 2 - Efeito da densidade de estocagem no crescimento de *O. niloticus*, cultivado em sistema aquapônico com *L. sativa* e *E. sativa*, em modelo NFT.

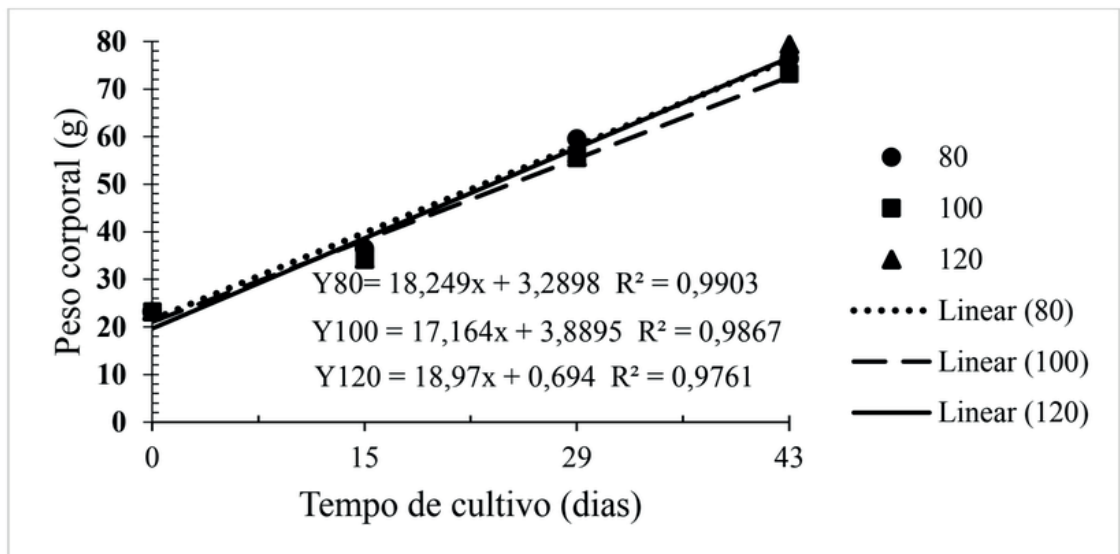


Tabela 1 - Valores médios \pm desvio padrão para os parâmetros de qualidade de água nos tanques com *O. niloticus*, cultivado em sistema aquapônico com *L. sativa* e *E. sativa*, em modelo NFT.

Parâmetro	Densidade (peixes/m ³)	Tempo de cultivo (dias)			
		0	14	28	43
OD (mg/L)	80	7,24 \pm 0,39Aa*	6,32 \pm 0,50Aab	5,98 \pm 0,50Ab	5,37 \pm 1,08Ab
	100	7,64 \pm 0,03Aa	6,43 \pm 0,10Ab	5,72 \pm 0,01Ab	3,68 \pm 0,01Bc
	120	7,46 \pm 0,15Aa	6,15 \pm 0,46Ab	4,99 \pm 0,84Ac	2,81 \pm 0,79Ba
NH ₃ (mg/L)	80	0,0002 \pm 0,0001Ab	0,0011 \pm 0,0001Aa	0,0001 \pm 0,0001Ab	0,0001 \pm 0,0001Ab
	100	0,0001 \pm 0,0001Ab	0,0012 \pm 0,0001Aa	0,0001 \pm 0,0001Ab	0,0001 \pm 0,0001Ab
	120	0,0001 \pm 0,0001Ab	0,0011 \pm 0,0001Aa	0,0001 \pm 0,0001Ab	0,0001 \pm 0,0001Ab
NO ₂ ⁻ (mg/L)	80	1,14 \pm 0,01Aa	0,25 \pm 0,01Ac	0,25 \pm 0,01Ac	0,25 \pm 0,01Ab
	100	1,15 \pm 0,01Aa	0,50 \pm 0,01Ac	0,50 \pm 0,01Ac	0,50 \pm 0,01Ab
	120	1,14 \pm 0,01Aa	0,25 \pm 0,01Ac	0,25 \pm 0,01Ac	0,50 \pm 0,01Ab
NO ₃ ⁻ (mg/L)	80	0,0012 \pm 0,0002Aa	0,0021 \pm 0,0001Aa	0,0023 \pm 0,0002Aa	0,0024 \pm 0,0002Aa
	100	0,0011 \pm 0,0001Aa	0,0022 \pm 0,0001Aa	0,0022 \pm 0,0001Aa	0,0026 \pm 0,0001Aa
	120	0,0011 \pm 0,0001Aa	0,0022 \pm 0,0001Aa	0,00212 \pm 0,0001Aa	0,0024 \pm 0,0001Aa
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	80	0,0378 \pm 0,0038Aa	0,0220 \pm 0,0158Bb	0,0025 \pm 0,0005Bc	0,0020 \pm 0,0005Bc
	100	0,0438 \pm 0,0070Aa	0,0310 \pm 0,0050Ab	0,0133 \pm 0,0011Ac	0,0218 \pm 0,0008Ac
	120	0,0386 \pm 0,0050Aa	0,0376 \pm 0,0075Ab	0,0210 \pm 0,0011Ac	0,0228 \pm 0,0008Ac
pH	80	8,83 \pm 0,06Aa	7,67 \pm 0,06Ab	7,17 \pm 0,06Ac	7,40 \pm 0,10Abc
	100	8,87 \pm 0,06Aa	7,63 \pm 0,25Ab	7,20 \pm 0,17Ac	7,03 \pm 0,06Bc
	120	8,87 \pm 0,06Aab	7,64 \pm 0,15Ab	7,23 \pm 0,06Abc	7,00 \pm 0,00Bc
Alcalinidade (mg/L)	80	148,42 \pm 12,45Aa	182,17 \pm 22,17Ab	162,17 \pm 2,89Aab	163,33 \pm 2,89Aab
	100	149,08 \pm 16,75Aa	157,57 \pm 35,99Bb	130,50 \pm 6,46Bab	155,00 \pm 8,66Bab
	120	151,05 \pm 37,95Aa	172,33 \pm 15,31Ab	160,17 \pm 7,18Aab	161,67 \pm 2,89Aab
Dureza (mg/L)	80	256,67 \pm 5,77Aa	273,62 \pm 40,44Ba	260,17 \pm 26,27Ba	256,67 \pm 5,77Aa
	100	288,33 \pm 7,64Ab	393,42 \pm 63,19Aa	358,80 \pm 55,50Aa	288,33 \pm 7,64Ab
	120	283,33 \pm 5,47Aa	293,93 \pm 12,32Ba	282,00 \pm 15,22Ba	283,33 \pm 5,77Aa

*Para uma mesma variável, médias seguidas por letras maiúsculas iguais em uma mesma coluna ou minúsculas iguais em uma mesma linha não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%). OD = Oxigênio dissolvido; NH₃ = Amônia não ionizada; NO₂⁻ = Nitrito; NO₃⁻ = Nitrato; PO₄³⁻ = Fósforo total.

Tabela 2 - Valores médios \pm desvio padrão para os parâmetros zootécnicos de *O. niloticus*, cultivado em sistema aquapônico com *L. sativa* e *E. sativa*, em modelo NFT.

Parâmetro	Densidade de estocagem (peixes/m ³)		
	80	100	120
Sobrevivência (%)	100,0 \pm 0,0a*	97,5 \pm 3,5a	99,0 \pm 0,9a
Ganho em peso (g/dia)	1,23 \pm 0,09a	1,14 \pm 0,11a	1,30 \pm 0,09a
Ganho em peso (g em 43 dias)	52,61 \pm 3,85a	48,91 \pm 4,87a	56,09 \pm 3,94a
TCE do peso (%)	2,68 \pm 0,21a	2,50 \pm 0,29a	2,84 \pm 0,14a
Biomassa inicial (kg/800 L)	1,34 \pm 4,40c	1,64 \pm 0,83b	1,93 \pm 0,70a
Biomassa final (kg/800L)	6,11 \pm 0,16c	7,17 \pm 0,05b	9,44 \pm 0,40a
Produtividade (kg/m ³)	7,64 \pm 0,21c	8,96 \pm 0,05b	11,80 \pm 0,4a
TCA	0,96 \pm 0,02a	0,98 \pm 0,04a	0,86 \pm 0,03b

*Para uma mesma variável, médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

Tabela 3 - Valores médios \pm desvio padrão para variáveis de desempenho produtivo de *L. sativa*, cultivado em solo e em sistema aquapônico com *O. niloticus*, em modelo NFT.

Parâmetro	<i>L. sativa</i> em solo		<i>L. sativa</i> em aquaponia aos 37 dias		
	Início	37 dias	Densidade de estocagem (peixes/m ³)		
			80	100	120
Nº folhas/planta	4,05 \pm 1,00	7,63 \pm 2,68	6,08 \pm 0,58c	7,21 \pm ,47b	9,44 \pm 0,89a
Altura parte aérea (cm)	8,63 \pm 1,28	18,93 \pm 2,68	14,63 \pm 0,80b	14,40 \pm 0,72b	17,07 \pm 0,27a
Comprimento da maior folha (cm)	7,96 \pm 0,99	13,01 \pm 2,57	9,64 \pm 0,52b	10,95 \pm 0,93b	11,76 \pm 0,15a
Peso fresco da parte aérea (g)	0,75 \pm 0,23	17,16 \pm 11,28	4,44 \pm 0,84b	6,54 \pm 0,90b	13,51 \pm 2,68a
Matéria seca da parte aérea (%)	4,04 \pm 0,65	4,24 \pm 2,55	9,23 \pm 1,38a	8,02 \pm 1,07a	8,29 \pm 0,58a
Plantas vivas (%)	NA	NA	100,00 \pm 0,00a	97,22 \pm 4,81a	97,22 \pm 4,81a

Para uma mesma variável nas três densidades de peixes em aquaponia, médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%). NA = não analisado.

Tabela 4 - Valores médios \pm desvio padrão para variáveis de desempenho produtivo de *E. sativa*, cultivado em solo e em sistema aquapônico com *O. niloticus*, em modelo NFT.

Parâmetro	<i>E. sativa</i> em solo		<i>E. sativa</i> em aquaponia aos 37 dias		
	Início	37 dias	Densidade de estocagem (peixes/m ³)		
			80	100	120
Nº folhas/planta	4,25 \pm 0,64	60,57 \pm 34,44	5,45 \pm 0,61a	5,00 \pm 1,13a	5,70 \pm 1,01a
Altura parte aérea (cm)	7,47 \pm 0,68	30,04 \pm 5,38	7,49 \pm 0,28b	6,72 \pm 0,74b	8,39 \pm 0,07a
Comprimento da maior folha (cm)	5,10 \pm 0,63	28,39 \pm 5,50	7,47 \pm 0,27b	6,72 \pm 0,74b	8,39 \pm 0,07a
Peso fresco da parte aérea (g)	0,32 \pm 0,07	215,09 \pm 11,95	0,80 \pm 0,26a	0,59 \pm 0,04a	1,01 \pm 0,25a
Matéria seca da parte aérea (%)	5,34 \pm 0,81	4,0 \pm 2,3	10,86 \pm 3,38a	12,88 \pm 1,43a	7,30 \pm 2,66a
Plantas vivas (%)	NA	NA	47,22 \pm 9,62a	41,67 \pm 0,00a	38,89 \pm 4,81a

Para uma mesma variável nas três densidades de peixes em aquaponia, médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%). NA = não analisado.