

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**EFEITO DO MANEJO ALIMENTAR DE JUVENÍS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) SOBRE O DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE ALFACE ITAPUÃ (*Lactuca sativa L.*) CULTIVADAS EM SISTEMA AQUAPÔNICO**

GUILHERME HENRIQUE MENDES RIBEIRO



Guilherme Henrique Mendes Ribeiro

**EFEITO DO MANEJO ALIMENTAR DE JUVENÍS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) SOBRE O DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE ALFACE ITAPUÃ (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADAS EM SISTEMA AQUAPÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Diego Vicente da Costa

**Guilherme Henrique Mendes Ribeiro. EFEITO DO MANEJO ALIMENTAR DE JUVENÍS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) SOBRE O DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE ALFACE ITAPUÃ (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADAS EM SISTEMA AQUAPÔNICO**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Vinícius Abreu D'ávila – Doutor UFV

Eric Ribeiro Madureira - Mestrando ICA/UFMG

---

Prof. Dr. Diego Vicente Da Costa – Orientador ICA-UFMG

Montes Claros, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

A Deus, pela força e coragem, aos meus pais e irmão que com muito carinho, não mediram esforços para que eu alcançasse essa etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu orientador, Diego Vicente da Costa, pela dedicação e apoio, que tornaram possível a realização desta monografia.

Aos meus amigos e colegas que contribuíram para que eu alcançasse essa etapa.

*“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível. ”*

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Em vista do crescimento demográfico e a necessidade de atender a demanda populacional por alimentos, faz-se necessário investir em tecnologias eficientes e sustentáveis que possibilitem o aumento da produtividade, preservação dos recursos naturais e diminuição dos impactos negativos sobre o meio ambiente. A aquaponia é uma técnica de produção de alimentos que consorcia a hidroponia e a aquacultura em sistemas de recirculação, onde os dejetos dos peixes são convertidos por bactérias nitrificantes e mineralizadoras, em nutrientes para as plantas. A técnica tem adquirido bastante notoriedade nos últimos anos devido à redução no consumo de água em até 90%, alta produtividade, otimização de áreas devolutas e possibilidade de implantação próximo a centros de distribuição e comercialização. Entretanto, para obtenção de um sistema em escala comercial, faz-se necessário estabelecer a relação correta entre peixes e plantas, assim como a quantidade de alimento fornecido. Logo, o presente trabalho objetivou identificar a relação da biomassa alimentar no desempenho produtivo de Alface (*Lactuca sativa L.*) e Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema aquapônico, nas condições climáticas do semiárido. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em uma estufa de 48m<sup>2</sup>, com 2,8 m de pé direito, aonde foram utilizados 4 sistemas de aquaponia, constituídos individualmente por 2 reservatórios de 240L, sendo um destinado para a alocação dos peixes e outro para o filtro biológico, 4 perfis hidropônicos de polipropileno com dois metros de comprimento cada e 1 bomba de recirculação. Utilizou-se para cada repetição 40 juvenis de Tilápia-do-Nilo, ±10g, totalizando 400g de peixe por reservatório, além de 24 mudas de alface Itapuã. O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados (DBC), com 4 tratamentos de (2%, 4%, 6% e 8% de biomassa alimentar), e 4 repetições. Os dados foram testados quanto à normalidade e os valores extremos foram retirados pelo método de Grubbs à 95% de confiança. Os tratamentos 2 e 4% de biomassa alimentar, apresentaram crescimento inferior aos de 6 e 8%, além de não atingir o tamanho comercial. Os tratamentos 6 e 8%, apresentaram produtividades próximas, no entanto houve sobra de alimento no tratamento 8%, devido a variação no consumo de ração e nos parâmetros de qualidade de água, tornando o tratamento 6% o mais eficaz. Conclui-se que o efluente resultante da aquacultura apresenta características nutricionais suficientes para produção de vegetais em escala comercial, com 6% de biomassa alimentar, assegurando, desse modo, a efetividade no desempenho produtivo da Tilápia-do-Nilo e dos vegetais cultivados.

**Palavras-chave:** Consórcio. Sustentabilidade. Aquacultura. Aquaponia.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1: Regressão não-linear da massa fresca da parte aérea em função da quantidade de ração fornecida.....	20
Gráfico 2: Regressão não-linear da massa seca da parte aérea em função da quantidade de ração fornecida.....	21
Gráfico 3: Regressão não-linear da massa seca da raiz em função da quantidade de ração fornecida.....	21
Gráfico 4: Regressão não-linear do número de folhas em função da quantidade de ração fornecida.....	22
Gráfico 5: Regressão não-linear do comprimento da raiz em função da quantidade de ração fornecida.....	22

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e comprimento da parte aérea e raiz das alfaces, de acordo com a quantidade de ração fornecida.....19

Tabela 2 - Comprimento Total inicial e final de Tilápias-do-Nilo de acordo com a quantidade de ração fornecida.....23

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CP – Comprimento Padrão

CR – Consumo de Ração

CT – Comprimento Total

DBC – Delineamento em Blocos Casualizados

FEHAN – Fazenda Experimental “Professor Hamilton de Abreu Navarro”

GP – Ganho de Peso

ICA- Instituto de Ciências Agrárias

MFPA- Massa Fresca da Parte Aérea

MFR- Massa Fresca da Raiz

MSPA- Massa Seca da Parte Aérea

MSR- Massa Seca da Raiz

NF- Número de Folhas

pH – Potencial Hidrogeniônico

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Sistema de Recirculação .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Espécies de Peixes e Plantas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Qualidade da Água.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Nitrificação Bacteriana.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Filtro Biológico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Principais Sistemas Aquapônicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento demográfico aliado a degradação do meio ambiente e alterações climáticas, são fatores que afetam diretamente a segurança e a soberania alimentar, tornando-se um desafio produzir alimentos que atendam de forma quantitativa e qualitativa a demanda populacional. Estimativas apontam que até 2050, a quantidade de seres humanos no planeta será equivalente a 10 bilhões, em vista disso, faz-se necessário a adoção de tecnologias eficientes e sustentáveis que possibilitem o aumento da produtividade, preservação dos recursos naturais e diminuição dos impactos sobre o meio ambiente (FAO, 2017).

Os sistemas agrícolas convencionais estão inseridos entre os principais responsáveis pela degradação ecossistêmica, uma vez que as práticas adotadas emitem ao meio ambiente 25 a 33% dos gases causadores do efeito estufa como o dióxido de carbono e metano (EDENHOFER et al 2014, TUBIELLO et al 2014), promovem a contaminação dos solos e lençóis freáticos, devido a lixiviação de compostos químicos nocivos provenientes dos fertilizantes e defensivos agrícolas, além do esgotamento dos recursos hídricos em função de mecanismos de irrigação ineficientes (CLARK ; TILMAN, 2017).

A adoção de tecnologias alternativas voltadas a otimização dos recursos naturais e insumos agrícolas vem se expandindo significativamente nos últimos anos, dentre os diversos sistemas utilizados o cultivo hidropônico destaca-se por possibilitar a maior autonomia no cultivo de vegetais, promovendo o menor consumo de água e redução na incidência de patógenos, além de assegurar a produção mesmo em regiões onde as condições edafoclimáticas são inviáveis. Embora a hidroponia tenha ocasionado um avanço tecnológico mediante o aumento produtivo e utilização eficiente dos recursos hídricos e insumos agrícolas, o cultivo em escala comercial requer altas concentrações de fertilizantes minerais, muitas vezes com custos elevados e difícil acesso (FAO, 2014).

A busca por alimentos funcionais que apresentem quantidades satisfatórias de ácidos graxos, proteínas e micronutrientes, intrínsecos às necessidades humanas, tem elevado a demanda por pescados nos últimos anos (TACON e METIAN, 2013). A aquicultura, no entanto, possibilita a produção eficiente de organismos aquáticos por meio da otimização dos sistemas de cultivo e implantação de tecnologias como sistemas de recirculação, objetivando minimizar a renovação de água. Um dos grandes desafios enfrentados pela aquicultura consiste em assegurar a sustentabilidade dentro da cadeia produtiva, uma vez que o descarte inadequado

do efluente pode ocasionar a eutrofização de rios e lagos, além de favorecer o crescimento de macrófitas aquáticas (FAO, 2014).

A integração dos sistemas hidropônico e aquícola, caracterizado como aquaponia tem sido utilizada mundialmente e possibilita que as falhas presentes nos sistemas individuais sejam minimizadas por meio da associação. Por tratar-se de uma técnica sustentável a aquaponia contempla aspectos ambientais, econômicos e sociais, diferindo-se neste contexto das demais tecnologias (FAO, 2014).

Diante deste contexto, o sistema aquapônico caracteriza-se como uma técnica promissora no cultivo de alimentos devido à redução no consumo de água, alta produtividade, otimização de áreas devolutas, possibilidade de implantação próximo a centros de distribuição e comercialização, redução de gastos com transporte e aproveitamento de materiais recicláveis. Possibilitando desse modo, geração de renda e cultivo eficiente de alimentos e produtos de qualidade para os consumidores. Entretanto, os principais desafios desse sistema consistem em determinar a relação ideal entre a quantidade de peixes e plantas, assim como a quantidade de biomassa alimentar adotada. Logo, objetivou-se com o presente trabalho identificar a relação do manejo alimentar no desempenho produtivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Alface (*Lactuca sativa L.*) cultivadas em sistema aquapônico.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A aquaponia é caracterizada como uma técnica de produção de alimentos, constituída mediante a integração da hidroponia e a aquicultura, em sistemas de recirculação. Existem indícios de que a técnica tem sido empregada desde 1150-1350 a.C pelos povos Astecas em lagos rasos da América Central e em plantações de arroz no sul asiático em torno de 1500 anos atrás (HUNDLEY et al. 2013, TURCIUS et al., 2014).

O sistema de aquaponia consiste no reaproveitamento do efluente resultante da aquicultura no cultivo de vegetais, promovendo a consorciação entre plantas e peixes, reduzindo desse modo à quantidade de água utilizada e o custo final de produção (PINTO et al., 2015). Devido suas características sustentáveis a aquaponia apresenta-se como uma técnica promissora no cultivo de alimentos, uma vez que não necessita de áreas extensas para sua implantação, incentivando desse modo o desenvolvimento da agricultura familiar em centros urbanos (MARISCALLAGARDA et al. 2012).

### **2.1 Sistema de Recirculação**

A aquaponia permite que algumas das limitações dos sistemas isolados de hidroponia e aquicultura sejam minimizadas, pelo fato da recirculação proporcionar uma redução de até 90% no consumo de água. O efluente dos peixes condicionado no tanque é destinado aos filtros biológicos onde sofrerá ação de bactérias nitrificantes e retenção de partículas sólidas. Posteriormente o efluente será deslocado para a área de cultivo, onde ocorrerá a assimilação dos nutrientes pelos vegetais e retorno da água para o viveiro dos peixes (SAVIDOV et al., 2007; RAKOCY et al., 2007).

### **2.2 Espécies de Peixes e Plantas**

A escolha das espécies de peixes e plantas produzidos em escala comercial deve atender a demanda do mercado consumidor, levando em consideração as necessidades e restrições de cada espécie, como nutrição, densidade, luminosidade e temperatura. A relação entre a quantidade de peixes e plantas pode ser determinada através do volume de água presente nos reservatórios de peixes e o volume de plantas existentes na proporção de 1:1 até 1:4 peixe por planta, outras formas de definição podem ser realizadas por meio do volume de ração cedida

cotidianamente ou pela relação de 1 kg de peixes para 7 kg de vegetais (WILSON et al., 2005; DIVER et al., 2006; RAKOCY et al., 2006).

De acordo com Rakocy (2006) e Martan (2008) as principais espécies de peixes empregadas na aquaponia são a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Carpa (*Cyprinus carpio*) e Bagre (*Ictalurus punctatus*). Enquanto as espécies vegetais cultivadas com maior intensidade são a Alface (*Lactuca sativa*), Agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*), Pimenta (*Capsicum spp.*), Tomate (*Solanum lycopersicum*), Morango (*Fragaria vesca*), dentre outras (RAKOCY et al., 2007; TYSON et al., 2008; PANTANELLA et al., 2010).

### 2.3 Qualidade Da Água

A qualidade da água é um dos fatores que influenciam diretamente no resultado final dos produtos, uma vez que por meio dela os vegetais conseguem assimilar os macro e micronutrientes essenciais para seu desenvolvimento (RESH et al., 2012). Em sistemas de aquaponia os efluentes resultantes do cultivo dos peixes apresentam grande quantidade de compostos orgânicos provenientes das excretas e restos da alimentação, esses compostos são solubilizados em água na forma iônica e após os processos de nitrificação bacteriana serão interceptados e posteriormente absorvidos pelas plantas. Outro fator que influencia diretamente a qualidade da água é o pH pois interfere no ciclo de nitrificação e podem tornar indisponíveis alguns minerais essenciais para o desenvolvimento das plantas. Periodicamente alguns minerais devem ser adicionados para ajustar a concentração, visto que os resíduos dos peixes apresentam carência de alguns nutrientes (RAKOCY et al., 2004).

### 2.4 Nitrificação Bacteriana

O processo de nitrificação bacteriana é imprescindível para o funcionamento do sistema aquapônico, uma vez que os compostos nocivos, como a amônia ( $\text{NH}_3$ ), são convertidos via síntese de nitrito em nitrato, apresentando menos toxicidade aos peixes e possibilidade de extração mediante a interceptação e absorção radicular dos vegetais (RESH, 2013; TIMMONS et al., 2013). Dentre os componentes mais importantes do sistema está o consórcio de bactérias nitrificantes autotróficas como as *Nitrossomonas sp.*, *Nitrospiras sp.* e *Nitrosococcus sp.*, que estabelecem em superfícies sólidas formando um biofilme dentro do sistema e são responsáveis pela conversão da amônia em nitrito, que posteriormente será convertido em nitrato pelas

*Nitrobacter sp.* e *Nitrospira sp.*, *Nitrococcus sp.*, e *Nitrospina sp.*, sendo o produto dessa conversão bacteriana menos nocivo aos peixes. (RAKOCY et al., 2006; TYSON et al., 2008; GRABER et al., 2009; ENDUT et al., 2014).

Existem cepas de bactérias capazes de realizar a síntese completa da amônia em nitrito, como as *Nitrospiras sp.*, enquanto outras efetuam a oxidação anaeróbica de amônio e nitrito, atuando de forma significativa em sistemas aquapônicos que apresentam taxas de oxigênio inferiores as exigidas para o estabelecimento dos organismos cultivados. Além dos processos de nitrificação encontra-se os processos de mineralização, onde os microrganismos, por meio dos compostos orgânicos presentes no sistema, disponibilizam nutrientes intrínsecos ao estabelecimento e desenvolvimento das plantas (GODDEK *et. al.*, 2016).

De acordo com o modelo do sistema, constituição nutricional do alimento fornecido e espécies de peixes consideradas, apenas 15 a 60% do consumo alimentar se transformam em biomassa, sendo o restante disponibilizado no sistema por meio das excretas dos peixes e sintetizados pelas bactérias presentes (TIMMONS *et. al.* 2013; YOGEV *et. al.* 2017).

## 2.5 Filtro Biológico

O filtro biológico é imprescindível no sistema de aquaponia uma vez que permite à realização do ciclo de nitrificação bacteriana. Existem dois tipos de filtros biológicos, o inundado, que apresenta nível de água elevado e o filtro de nível variável que alterna entre elevado e reduzido. Os filtros inundados podem comprometer o processo de nitrificação pois a circulação reduzida de água promove uma diminuição na taxa de oxigênio, favorecendo o desenvolvimento de bactérias anaeróbicas prejudiciais aos organismos cultivados, enquanto o filtro variável permite a oxigenação das raízes e bactérias quando em nível reduzido de água (BRAZ FILHO et al., 2000; RAKOCY et al., 2006; HUNDLEY et al., 2013).

O acúmulo de sólidos no meio de produção aquapônico pode comprometer o funcionamento do sistema devido à obstrução de encanamentos, filtros e bombas fazendo-se necessário a adoção de processos de decantação, clarificação e centrifugação (BRAZ FILHO et al., 2000).

## 2.6 Principais Sistemas Aquapônicos

De acordo com Herbert e Herbert (2008) os principais sistemas aquapônicos empregados são o “Media Based Systems” o “Nutrient Film Technique Systems” e o “Deep Flow System”.

O “Media Based Systems” é o mais utilizado em residências e baseia-se no plantio em substrato por onde a água circula. O NFT consiste no plantio em vasos com irrigação por gotejamento enquanto no Deep Flow System as plantas são alocadas em placas flutuantes de isopor ou plástico dentro de tanques com água proveniente do viveiro de peixes.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, situada em Montes Claros-MG. O sistema aquapônico foi implantado em uma estufa de 48m<sup>2</sup>, com 2,8 m de pé direito, coberta com plástico translúcido na parte superior e tela de sombreamento com intensidade de 50% nas laterais. Foram utilizados 8 reservatórios com capacidade de 240L, sendo 4 destinados a alocação dos peixes e 4 para o filtro biológico, 16 perfis hidropônicos de polipropileno com 2m de comprimento e capacidade para 6 plantas cada, 4 bombas periféricas para recirculação da água, temporizador analógico e 40 telhas de cerâmica portuguesa como substrato para colonização bacteriana.

Utilizou-se para cada repetição 160 juvenis de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), com  $\pm 10$ g cada, distribuídos entre 4 reservatórios, totalizando 400g/peixe por caixa. As alfaces foram da cultivar Itapuã Super, sendo realizado inicialmente a semeadura em espuma fenólica e após 15 dias foram transferidas para as canaletas de cultivo. A circulação do efluente nas canaletas foi controlada por um temporizador programado de 15 em 15 minutos, conferindo maior oxigenação para as raízes das plantas e para os peixes.

A análise dos parâmetros de qualidade da água, compreendeu a temperatura, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, amônia, nitrito e carbonatos para correção de quaisquer anormalidades que pudessem comprometer o desenvolvimento dos peixes ou absorção dos nutrientes pelas plantas. Devido à grande quantidade de carbonatos presentes na água, fez-se necessário a correção eventual com vinagre de álcool, para redução do potencial hidrogeniônico do meio (EMBRAPA, 2017).

Após 15 dias, efetuou-se a segunda avaliação biométrica dos juvenis de Tilápia-do-Nilo, para readequar a quantidade de ração fornecida, no trigésimo dia, determinou-se o peso fresco, comprimento foliar, caulinar e radicular das alfaces e peso total, comprimento total e comprimento padrão dos juvenis. Em seguida, as alfaces foram dispostas em embalagens de papel e distribuídas em estufa de circulação forçada de ar permanecendo de 12 até 72h a temperatura de 65°, até a obtenção do peso constante para mensuração da massa seca.

Os dados biométricos dos peixes e das alfaces foram obtidos por meio de paquímetro, régua graduada e balança analítica. O manejo alimentar das Tilápias-do-Nilo foi distribuído em

4 vezes ao dia (07:00, 10:00, 13:00 e 16:00h), fornecendo para cada tratamento a quantidade de ração determinada mediante o percentual de biomassa, sendo a ração do tipo extrusada com 46% de proteína e 1.7mm de espessura.

Os níveis de biomassa alimentar considerados no experimento, foram embasados no método proposto por (RAKOCY et. al. 2006), que associa a quantidade de ração fornecida aos peixes diariamente à área de cultivo dos vegetais, adotando a proporção de 60g de ração para plantas que exijam menos nutrientes e 100g para plantas que demandem de maior aporte nutricional, por m<sup>2</sup>. Embora esse seja o método mais utilizado, a quantidade de ração ofertada pode variar de acordo com a composição nutricional e as espécies de peixes cultivadas.

A estimativa do ganho de peso e a conversão alimentar foram obtidas por meio das seguintes fórmulas:

- Ganho de peso = **Peso final – Peso inicial**
- Conversão Alimentar =  $\frac{\text{Consumo de Ração}}{\text{Ganho de Peso}}$

O experimento contemplou 4 tratamentos e 4 repetições, sendo que no tratamento 1 a quantidade de ração fornecida considerou (2%) da biomassa total dos peixes, tratamento 2 (4%), tratamento 3 (6%) e tratamento 4 (8%). O Delineamento experimental foi em Blocos Casualizados (DBC), e as médias avaliadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Os dados foram testados quanto à normalidade e os valores extremos foram retirados pelo método de Grubbs à 95% de confiança. As informações faltantes foram estimadas pelo método de imputação múltipla (MCMC), para então, ser realizada ANOVA a 5% de significância, utilizando o programa *Xlstat* da *Addinsoft* 2014.5, com regressão não linear do tipo sigmoidal dose-resposta.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão de maior quantidade de ração, ocasionou melhor desempenho produtivo das alfaces em relação aos tratamentos com menor arraçoamento. Verificou-se que os tratamentos 6% e 8%, relacionadas aos parâmetros, Comprimento Radicular (CR), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raiz (MSR) e Número de Folhas (NF), não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de significância. (TABELA 1).

Tabela 1: Número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e comprimento da parte aérea e raiz das alfaces, de acordo com a biomassa adotada nos tratamentos.

Variável	Tratamento				P Valor	
	2%	4%	6%	8%	P<0.050	
CPA	Média	15.01 <sup>a</sup>	23.16 <sup>a</sup>	26.26 <sup>a</sup>	25.05 <sup>a</sup>	<0,001
	DP	1.90	1.51	1.29	1.33	
	CV(%)	12,65	6.51	4.91	5.32	
CR	Média	10.48 <sup>c</sup>	22.11 <sup>b</sup>	26.19 <sup>a</sup>	25.97 <sup>a</sup>	0.934
	DP	1.52	3.55	1.65	2.82	
	CV(%)	14.53	16.04	6.31	10.87	
MFPA	Média	15.32 <sup>c</sup>	38.22 <sup>b</sup>	103.37 <sup>a</sup>	103.47 <sup>a</sup>	0.979
	DP	5.01	7.58	4.21	4.31	
	CV(%)	32.66	19.83	4.08	4.17	
MFR	Média	8.26 <sup>a</sup>	10.35 <sup>a</sup>	20.09 <sup>a</sup>	19.11 <sup>a</sup>	<0,001
	DP	1.83	1.69	1.63	2.15	
	CV(%)	22.10	16.33	8.13	11.27	
MSPA	Média	.98 <sup>c</sup>	2.03 <sup>b</sup>	5.39 <sup>a</sup>	5.54 <sup>a</sup>	0.922
	DP	.27	.50	.67	.55	
	CV(%)	28.05	24.68	12.48	9.91	
MSR	Média	.28 <sup>c</sup>	.67 <sup>b</sup>	1.32 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	0.989
	DP	1.17	.13	.15	.12	
	CV(%)	39.83	19.36	11.26	9.32	
NF	Média	7.81 <sup>c</sup>	9.42 <sup>b</sup>	17.73 <sup>a</sup>	17.40 <sup>a</sup>	0.778
	DP	.75	1.40	.78	.88	
	CV(%)	9.66	14.83	4.42	5.08	

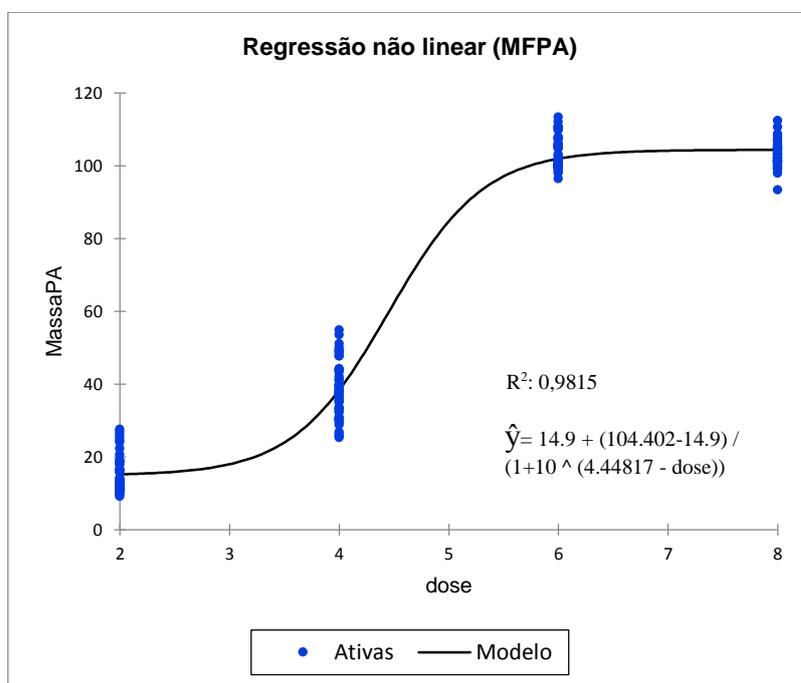
Do autor, 2019.

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

As médias da MFPA dos tratamentos de 6 e 8%, 103,37g e 103,05g, respectivamente (TABELA 2), foram superiores às médias atingidas por (PARKER et. al. 1990), que obtiveram plantas com massa fresca total equivalente a 50g, sem suplementação nutricional. (DELAIDE et. al. 2017), encontraram médias próximas a 94.97g, valores estes, próximos aos encontrados neste experimento para os tratamentos de 6 e 8%.

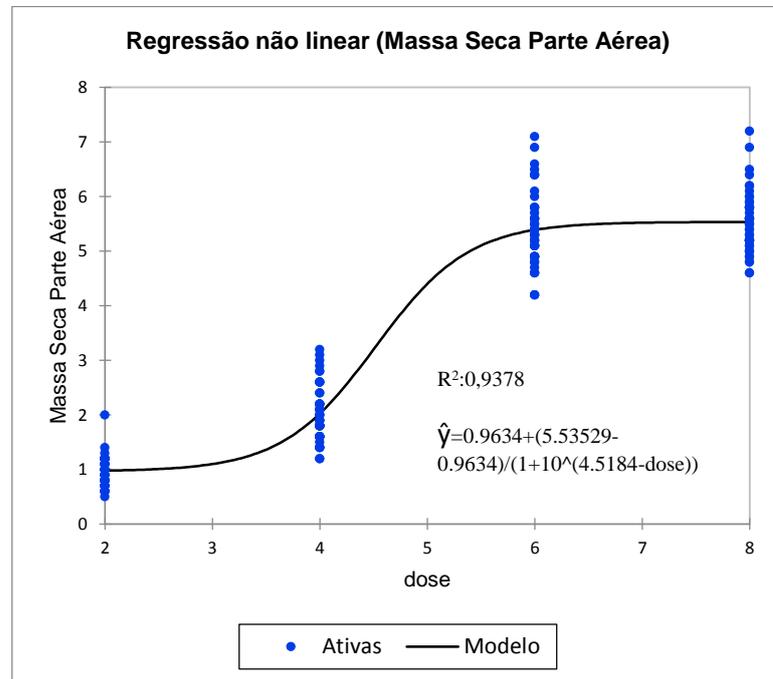
A regressão não-linear, para os parâmetros, massa fresca da parte aérea (GRÁFICO 1), massa seca da parte aérea (GRÁFICOS 2), massa seca da raiz (Gráfico 3), número de folhas (GRÁFICO 4) e comprimento radicular (Gráfico 5), não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos 6% e 8%, corroborando com os resultados depreendidos pelo teste Tukey a 5% de significância.

Gráfico 1: Regressão não-linear da massa fresca da parte aérea em função da quantidade de ração fornecida.



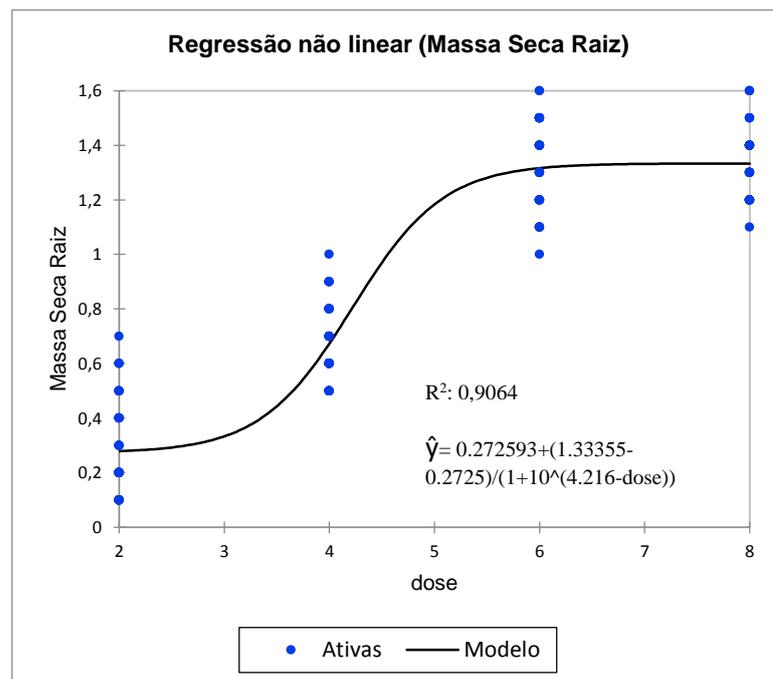
Fonte: Do autor

Gráfico 2: Regressão não-linear da massa seca da parte aérea de acordo com a quantidade de ração fornecida.



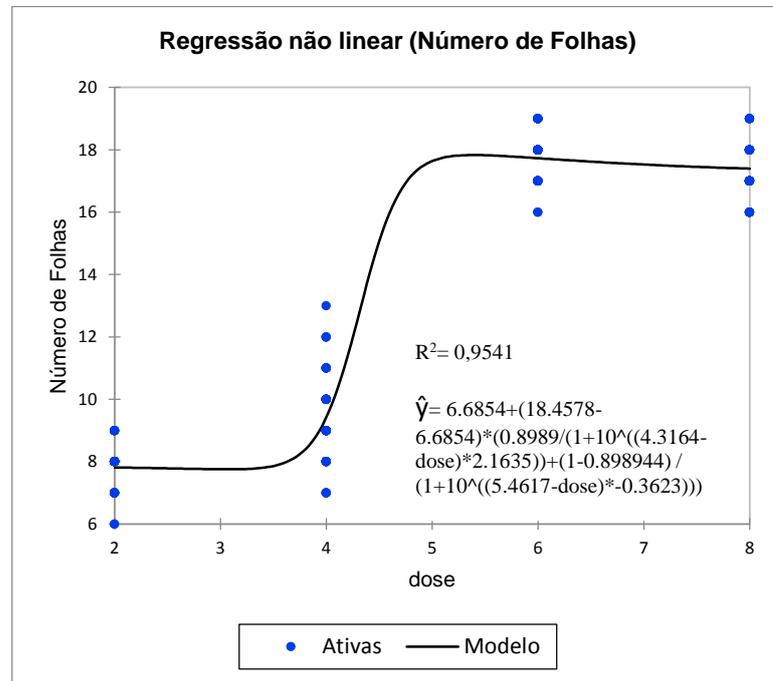
Fonte: Do autor

Gráfico 3: Regressão não-linear da massa seca da raiz em função da quantidade de ração fornecida.



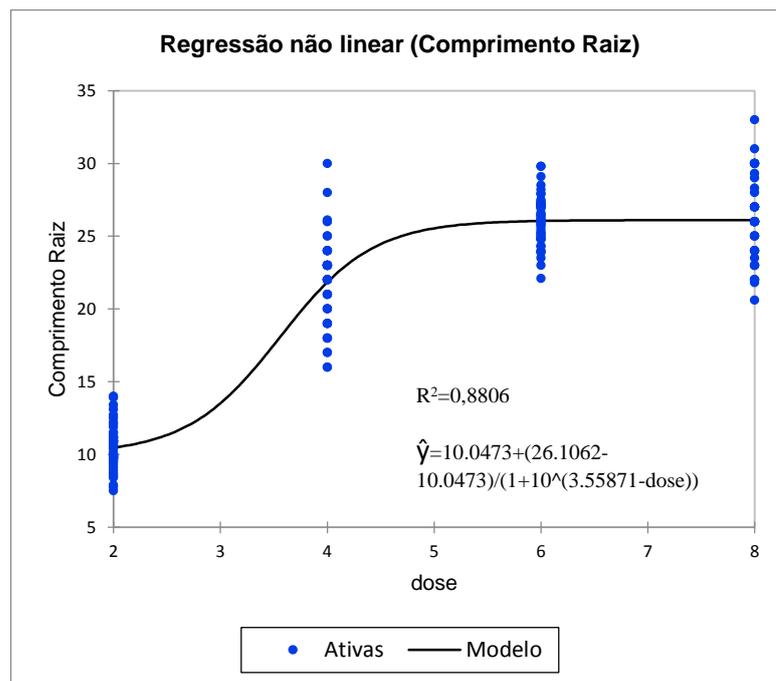
Fonte: Do autor

Gráfico 4: Regressão não-linear do número de folhas em função da quantidade de ração fornecida.



Fonte: Do autor

Gráfico 5: Regressão não-linear do comprimento da raiz em função da quantidade de ração fornecida.



Fonte: Do autor

Houve diferença significativa entre os tratamentos 2 e 4% em relação a 6 e 8%, para o parâmetro comprimento total das Tilápias-do-Nilo, conforme a Tabela 2, sendo que os tratamentos com menor inclusão de ração apresentaram menor comprimento total dos peixes.

Tabela 2: Comprimento Total inicial e final de Tilápias-do-Nilo de acordo com a quantidade de ração fornecida.

	Tratamentos								P Valor
	2%		4%		6%		8%		
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	P<0.050
M	8.47 <sup>a</sup>	11.31 <sup>a</sup>	8.49 <sup>a</sup>	11.80 <sup>a</sup>	8.41 <sup>a</sup>	13.59 <sup>a</sup>	8.49 <sup>a</sup>	13.46 <sup>a</sup>	<0.001
CV (%)	11.36	6.50	12.68	7.32	10.96	6.51	12.90	6.59	<0.001
DP	0.9619	0.7348	1.0743	0.8634	0.9217	0.8847	1.0942	0.8863	<0.001

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

M: Médias do comprimento inicial, médio e final das Tilápias-do-Nilo nos tratamentos; CV(%): Coeficiente de Variação; DP: Desvio Padrão.

Os peixes dos tratamentos 6 e 8%, apresentaram comprimento total final equivalente a 13.59 e 13.46 cm respectivamente, não diferindo-se pelo teste Tukey a 5% de significância. Os valores de ganho de peso diário para ambos os tratamentos foram superiores aos abordados por (CRIVELENTE et. al., 2009), que ao considerarem uma densidade de 220 peixes por metro cúbico, obtiveram ganhos diários de 0,73g, ao cultivar Tilápias-do-Nilo em sistema aquapônico. A taxa de sobrevivência dos peixes durante a realização do experimento foi superior a 98%, corroborando com dados obtidos por (CHOPIN, 2012; LAM et al., 2015). Segundo Rakocy (2012), este percentual está associado a rusticidade da Tilápia-do-Nilo, aos parâmetros de qualidade de água e desempenho do sistema.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema aquapônico apresentou elevado potencial produtivo, sendo que o tratamento que considerou 6% de biomassa alimentar promoveu o melhor desempenho produtivo das Alfaces e dos juvenis de Tilápia-do-Nilo cultivados, em relação ao tratamento 8%, onde observou a presença de alimento remanescente devido a variação no consumo de ração. O efluente resultante da aquacultura, apresenta características nutricionais suficientes para a produção de vegetais em escala comercial com 6% de biomassa alimentar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKSH H., CHOPIN T. **A variation on the IMTA theme: a landbased, closed-containment freshwater IMTA system for tilapia and lettuce.** University of New Brunswick. Aquaculture Canada, 2012.

BARBOSA, G., GADELHA, F., KUBLIK, N., PROCTOR, A., REICHELM, L., WEISSINGER, E., WOHLLEB, G., HALDEN, R. **Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods.** International Journal of Environmental Research and Public Health. 12, p. 6879–6891, 2015.

CHOPIN, T. **Aquaculture, Integrated Multi-trophic (IMTA).** In: Meyers R.A. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York NY, 2012.

CLARK, M., TILMAN, D. **Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice.** Environ. Res. Lett. 12, 64016. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5>. Despommier, D., The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. Thomas Dunne Books, New York, 2017.

CRIVELENTI, L. Z.; BORIN, S.; da SILVA, N. R. **Piscicultura superintensiva associada a hidroponia em sistema de recirculação de água.** Archives of veterinary Science. v.14, n.2, p.109-116, 2009.

DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture.** National Sustainable Agriculture Information Service, p. 28, 2006.

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, p.78, 2017.

EDENHOFER, O. **Climate Change: Mitigation of Climate Change** (Cambridge: Cambridge University Press) 2014.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; Ali, N. **Nitrogen budget and effluent nitrogen components in aquaponics recirculation system.** Water Treat, 52, p. 744–752, 2014.

FAO. **Small-scale Aquaponic Food Production Integrated Fish And Plant Farming.** Fisheries And Aquaculture Technical Paper. Rome, 2014.

FAO. **The Future of Food and Agriculture - Trends and Challenges.** Rome, 2017.

FRANCIS-FLOYD, R.; WATSON, C.; PETTY, D.; POUDER, D. B. **Ammonia in aquatic systems.** University of Florida/Fisheries and Aquatic Sciences Department. Document FA16, p. 5, 2015.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic systems: **Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production.** Desalination, v.246, n.1-3, p. 147-156, 2007.

GODDEK, S.; SCHMAUTZ, Z.; SCOTT, B.; DELAIDE, B.; KEESMAN, K;WUERTZ, S.; JUNGE, R. **The Effect of Anaerobic and Aerobic Fish Sludge Supernatant on Hydroponic Lettuce.** Agronomy, p. 6, 37, 2016.

HERBERT, S.; HERBERT, M. **Aquaponics in Australia-The integrations of Aquaculture and Hydroponics.** Mudge, Australia, p. 140, 2008.

HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D.; FIGUEIREDO, C.M. G. et al. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Origanum basilicum*) em sistemas de Aquaponia.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.3, p. 51-55, 2013.

L LAM, S. S.; MA, N. L.; JUSOH, A.; AMBAK, M. A. **Biological nutrient removal by recirculating aquaponic system: Optimization of the dimension ratio between the hydroponic & rearing tank components.** International Biodeterioration & Biodegradation. 102, p. 107-115, 2015.

LEHMAN, H.; CLARK, E.A.; WEISE, S.F. **Clarifying the definition of Sustainable agriculture.** Agric. Environ. Ethics, 6, p.127–143, 1993.

MARISCALLAGARDA, M. M., PÁEZ-OSUNA F., ESQUER-MÉNDEZ J. L., GUERRERO-MONROY I., Romo R. V.; FÉLIX, R. G. **Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production.** Aquaculture, p. 366-367, 2014.

MARTINEZ, C.B.R.; AZEVEDO, F.; WINKALER, E.U. **Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais.** In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C. Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2006. p.81-95.

PANTANELLA, E; CARDARELLI, M.; COLLA, G. et al. **Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop.** XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium, p. 887-893, 2010.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2007 (Comunicado Técnico Embrapa No.44/2007).

RAKOCY, J.E.; SHULTZ, R.C.; BAILEY, D.S.; THOMAN, E.S. **Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system**. Acta Hortic.648, p. 63–69, 2004.

RAKOCY, J. E., MASSER, M. P., LOSORDO, T. M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics. Integrating fish and plant culture**. SRAC Publication. 454, p. 1-16, 2006.

RAKOCY, J.E. **Ten Guidelines for Aquaponic Systems**. Aquaponics J. 1, p. 14–17, 2007.

RESH, H.M. **Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2012.

RESH, H.M. **Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2013;

SAVIDOV, N.A.; HUTCHINGS, E.; RAKOCY, J.E. **Fish and plant production in a recirculating aquaponic system**. A new approach to sustainable agriculture in Canada, 742, p. 209–222, 2007.

SOMERVILLE, C., COHEN, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A.; LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No.589. Rome, 2, FAO. p. 262, 2014.

TACON, A.G.J.; METIAN, M. **Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply.** *Rev. Fish. Sci.* 21(1), p. 22-38, 2013.

TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M. **Recirculating Aquaculture**, 3rd ed.; Ithaca Publishing: New York, NY, USA, 2013.

TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; WHITE, J.M.; LAMB, E.M. **Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels.** *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 117(1): p. 79-83, 2004.

TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; DANIELLE, D. **Treadwell reconciling pH for ammonia biofiltration and yielding a recirculating aquaponic system with perlite biofilters.** *Hortscience*, v .43, n.3, p. 719-724, 2008.

TUBIELLO F N, SALVATORE M, CÓNDROR GOLEC R D, FERRARA A, ROSSI S, BIANCALANI R, FEDERICI S, JACOBS H AND FLAMMINI A **Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks** (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations) p. 4–89, 2014.

TURCIOS, A.E.; PAPENBROCK, J. **Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents-What Can We Learn from the Past for the Future?** *Sustainability*, 6, p. 836–856, 2014.

WILSON, G. **Australian barramundi farm goes aquaponic.** *Aquaponics Journal*, v .37, p.12-16, 2005.

YOGEV, U.; SOWERS, K.R.; MOZES, N.; GROSS, A. **Nitrogen and carbon balance in a novel near-zero water exchange saline recirculating aquaculture system.** *Aquaculture*, p. 118–126, 2017.