

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS RIO VERDE

ALEF SAMIS DA SILVA COSTA

CRESCIMENTO DE ALFACE EM SISTEMA AQUAPONICO SOB DIFERENTES  
DENSIDADES DE PEIXE E VOLUME DE BIOFILTRO

RIO VERDE

2021

ALEF SAMIS DA SILVA COSTA

CRESCIMENTO DE ALFACE EM SISTEMA AQUAPONICO SOB DIFERENTES  
DENSIDADES DE PEIXE E VOLUME DE BIOFILTRO

Trabalho de conclusão de curso como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

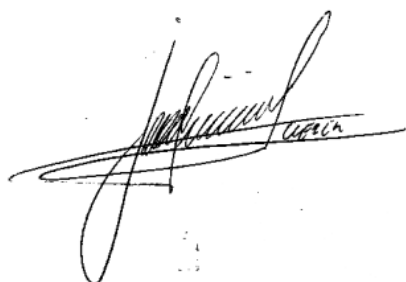
RIO VERDE

2021

**ALEF SAMIS DA SILVA COSTA**

**CRESCIMENTO DE ALFACE EM SISTEMA AQUAPONICO SOB  
DIFERENTES DENSIDADES DE PEIXE E VOLUME DE BIOFILTRO**

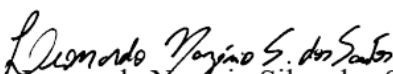
Trabalho de curso DEFENDIDO e APROVADO em 08 de agosto de 2021 pela Banca e  
Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. João Cleber M. da Silveira  
IF Goiano – Rio Verde



Me. Luiz Fernando Gomes  
IF Goiano – Rio Verde



Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos  
Orientador  
IF Goiano – Rio Verde

Rio Verde – GO

Agosto, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

CC837c COSTA, ALEF SAMIS DA SILVA  
CRESCIMENTO DE ALFACE EM SISTEMA AQUAPONICO SOB  
DIFERENTES DENSIDADES DE PEIXE E VOLUME DE BIOFILTRO  
/ ALEF SAMIS DA SILVA COSTA; orientador Leonardo  
Nazário Silva dos Santos; co-orientador Luiz  
Fernando Gomes. -- Rio Verde, 2021.

25 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. biofiltro. 2. tilápia. 3. produção. 4. Lactuca  
sativa L.. 5. Oreochromis niloticus. I. Nazário  
Silva dos Santos, Leonardo, orient. II. Fernando  
Gomes, Luiz , co-orient. III. Título.

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) quatro dia(s) do mês de agosto de 2021, às 8 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Leonardo Nazário Silva dos Santos (orientador), João Cleber Modernel da Silveira (membro), Luiz Fernando Gomes (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Crescimento de alface em sistema aquapônico sob diferentes densidades de peixe e volume de filtro" do(a) estudante Alef Samis da Silva Costa, Matrícula nº 2015102200240048 do Curso de Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

*(Assinado Eletronicamente)*

Leonardo Nazário Silva dos Santos

Orientador(a)

*(Assinado Eletronicamente)*

João Cleber Modernel da Silveira

Membro(a)

*(Assinado Eletronicamente)*

Luiz Fernando Gomes

Membro(a)

Documento assinado eletronicamente por:

- Luiz Fernando Gomes, 2019202310140097 - Discente, em 16/08/2021 19:01:58.
- Joao Cleber Modernel da Silveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/08/2021 14:09:19.
- Leonardo Nazario Silva dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/08/2021 20:58:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/08/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 298666  
Código de Autenticação: 1d596b2412



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Resumo da análise de variância para as variáveis de diâmetro de copa, número de folhas, diâmetro de caule e massa fresca de folhas submetidos a diferentes densidades de peixes (PEIXES) e volumes de biofiltro (BIOFILTRO). .....	12
Tabela 2: Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas, massa fresca de raiz e massa seca de raiz submetidos a diferentes densidades de peixes (PEIXES) e volume de biofiltro (BIOFILTRO). .....	13
Tabela 3: Teste de média para massa fresca e seca de folhas e massa fresca de raiz de plantas de alface do sistema de aquaponia para os diferentes volumes de biofiltro e densidade de peixes .....	13
Tabela 4: Teste de média pra massa fresca de folhas e massa fresca de raiz de plantas de alface dos sistemas de aquaponia para diferentes densidades de peixes. ....	14
Tabela 5: Teste de média para massa fresca e seca de folhas de plantas de alface do sistema de aquaponia para os diferentes volumes de biofiltro. ....	15

À Amélia Milhomem, mulher batalhadora e minha fonte de motivação, que, com seu sacrifício, pavimentou o caminho para esse tão sonhado momento. Ao Edilson da Costa, homem humilde, simples e dedicado à sua família, que me ensinou as virtudes da humildade e pacificidade. Ao Adyb Natan que me ensinou a buscar os sonhos com garra e perseverança. A esses anjos, cujos quais chamo também de família, e aos outros que se revelaram por esse caminho, que os chamo de amigos, eu dedico, não este trabalho, mas sim a trajetória até aqui.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
2.1. Densidade de peixes.....	7
2.2. Biofiltro.....	8
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	9
3.1 Objetivo Geral .....	9
3.2 Objetivos específicos.....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	10
4.1. Sistema de aquaponia.....	10
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	12
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	16



## RESUMO

A aquaponia é uma alternativa real para a produção de alimentos de forma sustentável, possibilitando uma produção economicamente viável de peixes e hortaliças com o máximo aproveitamento de água e nutrientes. Porém, informações a respeito dessa técnica é escassa na região centro oeste do Brasil. Dessa forma, o presente projeto teve por objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de alface em sistema aquaponico sob diferentes densidades de estocagem de tilápia e volume de filtro. O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, no sudoeste de Goiás. O experimento foi conduzido em blocos inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3x2, com três repetições, sendo os fatores: densidade de estocagem ( $D_1= 30$ ;  $D_2= 60$ ;  $D_3= 90$  peixes por metro cúbico); volume do biofiltro em relação ao tanque ( $V_1=25$ ;  $V_2=35$  % do volume do tanque), totalizando 6 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída de 1 tanque de peixe circular com volume de 1 m<sup>3</sup>, um tanque decantador e 1 biofiltro (ambos com 200 litros) e 1 bombas com vazão de 2000 L/h. As mudas de alface foram formadas em espuma fenólica. Ao final do ciclo, foi avaliada a altura, o número de folhas por planta, o diâmetro da planta (“cabeça”), a massa fresca da parte aérea (folhas), das folhas e das raízes. Concluiu-se que a houve interação entre densidade de peixes e o volume de biofiltro para massa seca de folhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** biofiltro; tilápia; produção; *Lactuca sativa* L.; *Oreochromis niloticus*.

## ABSTRACT

Aquaponics is a real alternative for sustainable food production, enabling an economically viable production of fish and vegetables with the maximum use of water and nutrients. However, information about this technique is scarce in the central west region of Brazil. Thus, this project aimed to evaluate the vegetative development and lettuce yield in an aquaponic system under different tilapia stocking densities and filter volume. The experiment was carried out at Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, in southwest Goiás. The experiment was carried out in completely randomized blocks, in a 3x2 factorial arrangement, with three replications, the factors being: stocking density (D1= 30; D2= 60; D3= 90 fish per cubic meter); filter volume in relation to the tank (V1=25; V2=35% of the tank volume), totaling 6 experimental plots. Each plot consisted of 1 circular fish tank with a volume of 1 m<sup>3</sup>, a settling tank and 1 biological filter (both 200 liters) and 1 pump with a flow of 2000 L/h. *Lettuce* seedlings were formed in phenolic foam. At the end of the cycle, height, number of leaves per plant, plant diameter ("head"), fresh mass of aerial part (leaves), leaves and roots were evaluated. It was concluded that there was an interaction between fish density and biofilter volume for leaf dry mass.

**KEYWORDS:** biofilter; Tilapia; production; *Lactuca sativa* L.; *Oreochromis niloticus*.

## 1. INTRODUÇÃO

A população mundial está crescendo rapidamente podendo alcançar o número de 9 bilhões de pessoas até a metade deste século (FAO, 2011), isso representa um grande desafio de demanda por alimentos. Segundo Araújo (2015), o aumento da população e a crescente demanda por água, energia e alimentos exigem uma abordagem multidisciplinar e intersetorial para desenvolver sistemas produtivos e gerir os recursos naturais. De acordo com a Agencia Nacional de Águas (2016), o consumo hídrico da agricultura foi cerca de 75% de toda a água consumida em 2014, demonstrando que, apesar da importância, esse setor é o que mais consome água (PAZ, 2000). A UNESCO (2012) revela que cerca de 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação.

Tyson (2007) afirma que o sistema aquaponico é uma ótima alternativa para se produzir alimentos de forma sustentável. A aquaponia consiste na produção integrada de plantas e organismos aquáticos de forma simbiótica, onde os resíduos dos peixes são transformados em nutrientes disponíveis para as plantas por meio de processos promovidos por micro-organismos (SCHREIER et al., 2010). Além do uso eficiente de água, o sistema se destaca pela alta taxa de aproveitamento de nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, o que reduz significativamente o uso de fertilizantes sintéticos (YEP, 2019; TOMAZ, 2019). Os fertilizantes nitrogenados são responsáveis por 57% de toda a demanda energética da agricultura, e as reservas naturais de fosfato estão previstas para serem esgotadas nos próximos 60-70 anos (OELKERS e VALSAMIJONES, 2008; MUDAHAR e HIGNETT, 1985).

Hundley (2013) vê a aquaponia como uma modalidade que envolve a aquicultura e a hidroponia em sistema de recirculação de água e nutrientes. Esse método de produção integra três elementos biológicos interdependentes, os peixes, as hortaliças e as bactérias do biofiltro, que são responsáveis por transformar os nutrientes residuais dos peixes absorvíveis pelas plantas (EMERENCIANO et al., 2015). Cerca de 10% das proteínas provenientes da alimentação dos peixes são convertidas em amônia, que é tóxica para os peixes em certas concentrações (TOMAZ, 2019). As bactérias nitrificadoras presentes no biofiltro fazem a conversão da amônia para o nitrato, principal fonte de nitrogênio para as plantas, isso controla o teor de nitrogênio no sistema, que é fator limitante para a ambientação dos peixes (RACKOCY et al., 2004).

A principal espécie de peixe usada em sistemas aquaponicos é *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), que está presente em 43% das publicações envolvendo o tema (YEP, 2019). Isso se justifica pela maior capacidade de adaptação a diferentes condições, além de sua alta tolerância a altas concentrações de sólidos e de nitrato, sem exigir grande espaço e possuir um bom preço comercial (EL-SAYED, 2006; MARENGONI, 2006)

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Rackocy (2012) a aquaponia consiste em um sistema de aquacultura que incorpora a produção de plantas sem a necessidade do uso do solo, em ciclo fechado, onde uma cultura secundária aproveita os subprodutos de uma primeira cultura, beneficiando ambas. O autor afirma que as plantas se desenvolvem por meio dos nutrientes provenientes dos resíduos dos peixes após processos biológicos, que elimina a necessidade de enriquecer a água com soluções nutritivas. A remoção dos nutrientes do sistema pelas plantas permite a reciclagem da água. O sistema aquaponico possui diversos benefícios, dentre eles o principal é o uso eficiente de recursos hídricos.

Quando comparado os sistemas de produção de peixes (aquacultura) e os de hortaliças em hidroponia, separadamente, ambos apresentam vantagens e desvantagens. Porém, quando são integrados esses dois sistemas, os aspectos positivos são destacados (BLIDARIU., et al, 2011). Segundo Tyson (2007), a aquaponia está inserida em um contexto de agricultura sustentável, surgindo como uma grande possibilidade de produção correta de alimentos de qualidade.

Emerenciano *et al.* (2015) acredita que a aquaponia oferece uma boa alternativa pra enfrentar os problemas de escassez hídrica e a necessidade da diversificação e maximização da produção agroalimentar.

### 2.1. Densidade de peixes

A alta densidade de peixes nos sistemas aquaponicos é um parâmetro limitador na definição da espécie, que deve ser tolerante a alta estocagem e manejo frequente, o qual pode proporcionar elevados níveis de estresse. As espécies mais utilizadas na aquaponia

são: bagre americano (*Ictalurus punctatus*), achigã (*Micropterus salmoides*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), perca gigante (*Lates calcarifer*), bacahau australiano do rio (*Maccullochella peelii*) e tilápia (RAKOCY, 2006).

A tilápia é um peixe bastante rústico e resistente, tem boa conversão alimentar, tolera altas densidades de estocagem, tem seu pacote tecnológico de cultivo, de melhoramento, de reprodução e de nutrição avançados e difundidos por todo o mundo, além de ter um bom preço comercial (MARENGONI, 2006). Todos esses fatores contribuem para essa espécie ser a mais utilizada para compor o sistema. Seu ciclo de produção varia de 160 a 270 dias.

A densidade de peixes estocada no sistema está diretamente ligada à quantidade de plantas a serem produzidas, já que a densidade de peixes dita as concentrações de nutrientes disponíveis para as plantas (CARNEIRO et al. 2015). Para se calcular essa relação o método mais utilizado foi sugerido por Rakocy et al. (2007), que é baseado na quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes, onde cerca de 60 a 100g de ração diariamente proporciona nutrientes para cada m<sup>2</sup> de área de produção vegetal. A taxa de alimentação diária do peixe deve ser de 3% do peso do animal e, por isso para decidir a quantidade de ração é preciso definir até quantas gramas esses peixes vão crescer (SILVA et al., 2017). Segundo Wilson (2005), pode-se dimensionar as proporções entre peixes e plantas com 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas

## 2.2. Biofiltro

O biofiltro é o ambiente onde as bactérias *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, vão se fixar naturalmente, desde que se tenha o ambiente ideal (HUNDLEY e NAVARRO, 2013; CARNEIRO et al., 2016). Essas bactérias são responsáveis por transformar a amônia (NH<sub>3</sub>), em nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e este em nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), respectivamente (LOSORDO, 1999). A amônia não ionizada e o nitrito são tóxicos para os peixes, enquanto que o nitrato é relativamente inofensivo ao sistema de aquaponia, já que é a principal fonte de nitrogênio para as plantas de folhas verdes (alface e manjericão) (ARAÚJO, 2015). Apesar do potencial menos tóxico do nitrato, em relação amônia e o nitrito, sem as plantas no sistema fechado ele se acumula rapidamente, podendo atingir níveis prejudiciais para o desempenho dos peixes (EBELING e TIMMONS, 2010). Dessa forma, a absorção

pelas plantas mantém o equilíbrio de nitrogênio no sistema. Podem ser utilizados diversos materiais no meio filtrante do biofiltro como argila expandida, brita, bambu e afins (HUNDLEY e NAVARRO, 2013; CARNEIRO ET AL., 2016).

Segundo Hundley (2013), o filtro biológico pode ser alagado ou de nível variável entre cheio e vazio, sendo necessário uma atenção especial para a circulação da água e para as taxas de oxigênio dissolvido no sistema para o biofiltro alagado. O mesmo autor afirma que as baixas taxas de oxigênio no sistema beneficiam microorganismos anaeróbicos e indesejáveis, além de tornar o ambiente desfavorável para bactérias aeróbicas como as *nitrossomonas* e *nitrobacters*, que são as responsáveis pela nitrificação. Vale destacar que não só o biofiltro possuem essas bactérias, mas também nas calhas e raízes dos vegetais.

As bactérias dos gêneros *nitrossomonas* e *nitrobacters* são responsáveis pela oxidação da amônia, inicialmente, para nitrito, que pode ser tóxico, e depois para nitrato. O pH é um fator limitante para o processo de nitrificação, sendo considerado o intervalo ótimo a faixa entre 7,0 e 8,0 (CARNEIRO et al., 2016). Segundo o mesmo autor, um indicativo de que o biofiltro está em bom funcionamento é a redução do pH, sendo necessário realizar sua correção por meio de substâncias tamponantes.

O pH é um fator muito importante quando se trata de produção em aquaponia, pois é um sistema composto por três indivíduos biológicos, com diferentes ambientes ótimos. A disponibilidade das maiores dos nutrientes decresce drasticamente quando o pH é superior a 7,0, sendo o recomendado entre pH 5,5 e 6,5 (FERRI, 1979), enquanto que para a maioria das espécies de peixes utilizados em aquaponia o pH ideal está entre 7,0 e 9,0. Com isso, de acordo com Carneiro et al. (2016), o mais aconselhável é manter o pH do sistema em torno de 6,5 e 7,0, atendendo o mínimo das necessidades dos organismos envolvidos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de alface em sistema aquaponico sob diferentes densidades de estocagem de tilápia e volume de filtro.

### 3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar o efeito de diferentes densidades de estocagem de tilápia sobre a altura, número de folha por planta, diâmetro da planta (cabeça), massa fresca e seca da parte aérea das folhas e das raízes.
2. Avaliar o efeito do volume de filtro sobre a altura, número de folha por planta, diâmetro da planta (cabeça) massa fresca e seca da parte aérea das folhas e das raízes.
3. Avaliar a interação entre as densidades de estocagem de tilápia e os volumes de biofiltro.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Sistema de aquaponia

O experimento foi desenvolvido no IF Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, no sudoeste de Goiás, localizada a 17°47'53'' de latitude Norte e 51°55'53'' de latitude Sul, a 743 m de altitude. O clima da região é classificado conforme Köppen e Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

Cada parcela foi constituída de 1 tanque de peixe circular com volume de 1 m<sup>3</sup>, 1 tanque decantador e 1 filtro biológico (ambos com 200 litros) e 1 bombas com vazão de 2000 L/h (Figuras 1B e 1C). Ressalta-se que o meio filtrante utilizado neste experimento foi argila expandida. No biofiltro 1, preencheu-se 25% de seu volume com o meio filtrante ( $V_1 = 25\%$  do volume do tanque), enquanto que no biofiltro 2 preencheu-se 35% de seu volume ( $V_2 = 35\%$  do volume do tanque).

Foram utilizados alevinos de tilápia com peso médio inicial de 1g, distribuídos aleatoriamente nos tanques, sendo cultivados até o final do ciclo das hortaliças. Após a estocagem dos animais, os peixes foram submetidos a um período de adaptação de 10 dias. Os peixes foram alimentados com rações comerciais extrusadas para onívoros, sendo fornecido *ad libitum*, 3x ao dia com ração de 37% de proteína, até atingirem 100g e, após essa fase, 2x ao dia com ração de 32% de proteína (Figura 1D).

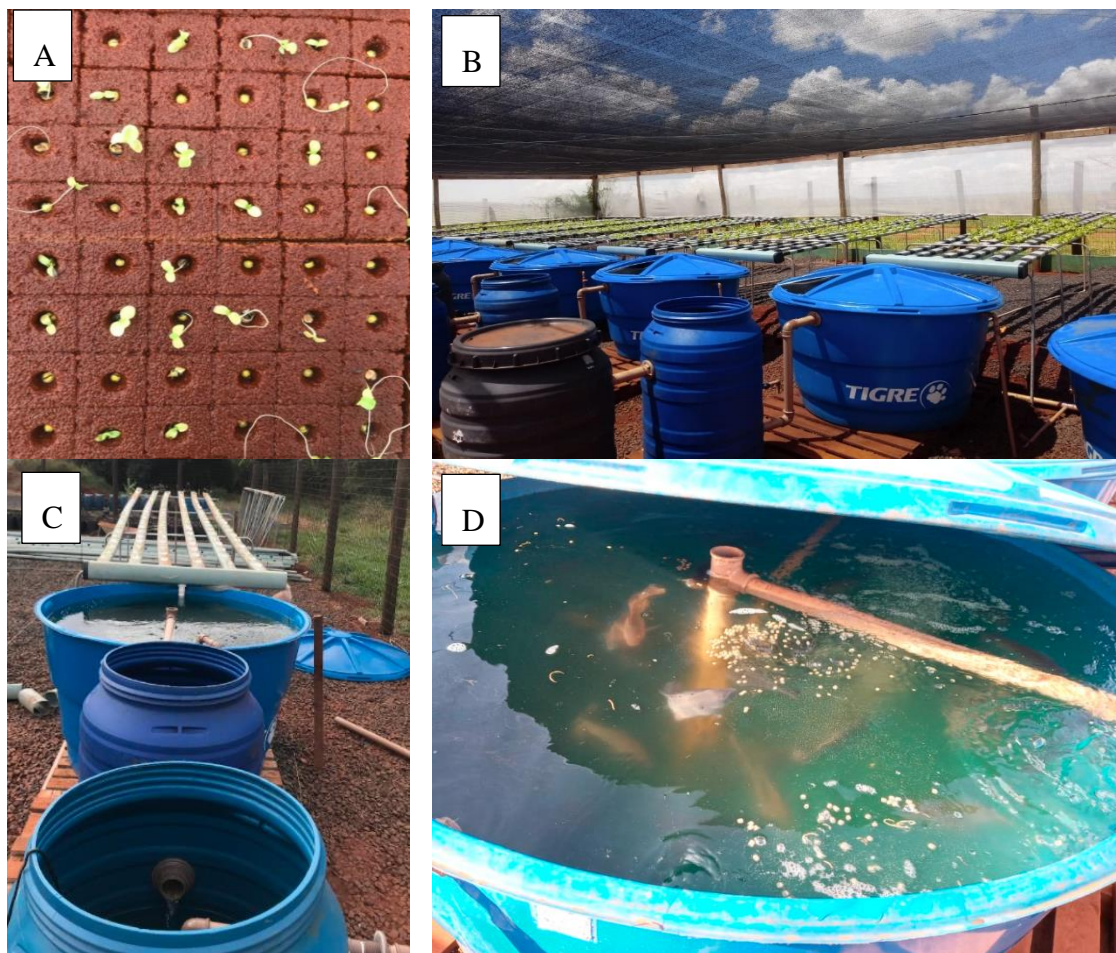


Figura 1: A= espuma fenólica com as mudas de Alface que serão cultivadas posteriormente nas calhas do sistema; B = visão de algumas parcelas em funcionamento; C = visão de uma parcela ainda em processo de montagem; D= tanque dos peixes.

As mudas de alface foram formadas em espuma fenólica (Figura 1A) e foram transferidas para a calha 10 plantas de alface. Ao final do ciclo, foi avaliada a altura, o número de folhas por planta, o diâmetro da planta (“cabeça”), a massa fresca da parte aérea (talo e folhas), das folhas e das raízes. O material vegetal foi levado a estufa de circulação forçada, permanecendo por 72h a 105°C, sendo posteriormente determinada a massa seca da parte aérea, folhas e raízes.



#### 4.2. Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3x2, com três repetições, sendo os fatores: densidade de estocagem (D1= 30; D2= 60; D3= 90 peixes por metro cúbico); volume do biofiltro em relação ao tanque (V<sub>1</sub>= 25%; V<sub>2</sub>=35% do volume do tanque), totalizando 6 parcelas experimentais.

#### 4.3. Análise estatística

Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011) e teste de Tukey.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interação entre a densidade de peixes e volume de biofiltro foi significativa ao nível de 1% de probabilidade para as variáveis de massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF) e massa fresca de raiz (MFR) (Tabelas 1 e 2). Os diferentes volumes de biofiltro foram significativos ao nível de 1% para as MSF e MFF. Já as diferentes densidades de peixes foram significativas para a variável de MFF ao nível de 5% e para a MSR ao nível de 1% (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Resumo da análise de variância para as variáveis de diâmetro de copa, número de folhas, diâmetro de caule e massa fresca de folhas submetidos a diferentes densidades de peixes (PEIXES) e volumes de biofiltro (BIOFILTRO).

FV	GL	QM			
		D_COPA	N_FOLHAS	D_CAULE	MFF
PEIXES	2	3,97 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	5676,64 <sup>*</sup>
BIOFILTRO	1	29,65 <sup>ns</sup>	9,39 <sup>ns</sup>	22,13 <sup>ns</sup>	30018,22 <sup>**</sup>
PEIXE*BIOFILTRO	2	5,01 <sup>ns</sup>	5,72 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	11651,74 <sup>**</sup>
Erro	12	9,23	5,86	5,13	1197,38
CV		11,21	14,98	16,01	13,78

Onde: D\_COPA= Diâmetro de copa; N\_FOLHAS= Número de folhas; D\_CAULE= Diâmetro de caule; MFF= Massa verde de folhas; Coeficiente de variação (CV); \*e \*\* significativos a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F a 5%.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas, massa fresca de raiz e massa seca de raiz submetidos a diferentes densidades de peixes (PEIXES) e volume de biofiltro (BIOFILTRO).

FV	GL	QM		
		MSF	MFR	MSR
PEIXES	2	2,70 <sup>ns</sup>	176,44 <sup>**</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
BIOFILTRO	1	12,60 <sup>**</sup>	25,19 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
PEIXE*BIOFILTRO	2	16,43 <sup>**</sup>	187,15 <sup>**</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,84	10,29	0,15
CV		8,63	13,78	15,68

Onde: MSF = massa seca de folha; MFR= massa fresca de raiz; MSR= massa seca de raiz; N\_FOLHAS= Número de folhas; D\_CAULE= Diâmetro de caule; MFF= Massa verde de folhas; Coeficiente de variação (CV); \*e \*\* significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F a 5%.

A massa fresca das folhas (MFF) de plantas de alface no sistema de aquaponia para o volume de biofiltro 2 apresentou uma diferença de 51,04% entre os tratamentos com 30 e 60 peixes (Tabela 3). A massa seca das folhas (MSF) de plantas de alface no sistema de aquaponia para o volume de biofiltro 1 houve uma diferença significativa entre as densidades de peixes, com 17,97% de diferença entre as densidades de 60 e 90 peixes (Tabela 3). Para o biofiltro 2, houve uma diferença entre as densidades de 60 e 90 de 36,76%.

Tabela 3: Teste de média para massa fresca e seca de folhas e massa fresca de raiz de plantas de alface do sistema de aquaponia para os diferentes volumes de biofiltro e densidade de peixes

VOLUME DE BIOFILTRO	DENSIDADE DE PEIXES	MFF	MSF	MFR
1	30	277,51aA	11,56abA	24,90aB
	60	303,76aA	10,29bA	25,36aA
	90	294,50aA	12,54aA	23,11aA
2	30	290,35aA	10,77aA	33,39aA
	60	142,15bB	11,39aA	11,53cB
	90	198,25bB	7,21bB	21,35bA

Letras minúsculas indicam comparação das densidades de peixe para cada volume de biofiltro, enquanto que as letras maiúsculas indicam a comparação dos volumes de biofiltro para cada densidade de peixe.

A massa fresca das raízes de plantas de alface no sistema de aquaponia para o volume de biofiltro 1 e quantidade de 30, 60 e 90 peixes não apresentaram diferenças significativa entre si. Já para o biofiltro 2, o tratamento com 30 peixes teve uma vantagem

de 65,45% e 36,05% em relação aos tratamentos com 60 e 90 peixes respectivamente (Tabela 3).

A MFF no sistema de aquaponia para a densidade de 60 peixes apresentou uma diferença de 53,20% entre os tratamentos com volume de biofiltro 1 e 2, enquanto para a densidade de 90 peixes a diferença entre os dois biofiltros foi de 32,69%. O biofiltro 1 na densidade de 90 peixes apresentou uma vantagem de 42,54% em relação ao biofiltro 2 para a MSF (Tabela 3).

No sistema de aquaponia para a densidade de 30 peixes, o biofiltro 2 apresentou uma média de MFR de 33,39g (25,42% maior do que a média do biofiltro 1). Esse é um indicativo de que o volume do biofiltro influencia diretamente na produção vegetal, através de uma maior taxa de nitrificação. Já nas densidades de 60 peixes o biofiltro 1 (25,36g) foi melhor em 54,52% em relação ao biofiltro 2 (11,53g) (Tabela 3).

A média de MSF na densidade de 30 foi de 283,93g, já na de 60 foi de 222,96 g, com uma diferença significativa de 21,47% (Tabela 4). Para a variável de massa fresca de raiz a diferença entre as densidades de 30 e 60 peixes foram de 36,70%, com 29,14g e 18,45g, respectivamente.

Tabela 4: Teste de média pra massa fresca de folhas e massa fresca de raiz de plantas de alface dos sistemas de aquaponia para diferentes densidades de peixes.

DENSIDADE DE PEIXES	MFF	MFR
30	283,93 a	29,14 a
60	222,96 b	18,45 b
90	246,37 ab	22,23 b

Em um estudo com tilápias e alface, Andriani (2015) concluiu que a produtividade das plantas é diretamente influenciada pela densidade de peixes, e obteve resultados nos quais os maiores desempenhos dos vegetais foram nos sistemas com maior densidade de peixes. De acordo com Hundley (2013), quanto maior a densidade de peixes e, conseqüentemente, a entrada de nutrientes na forma de ração, as plantas apresentam um melhor rendimento em massa e crescimento vertical. Porém, considerando que um sistema aquaponico é extremamente complexo, visto que integra 3 organismos biológicos, e que inúmeros fatores podem influenciar nesses diferentes organismos, a variação de resultados entre trabalhos é perfeitamente normal. Não obstante, os resultados desse trabalho não corroboram com Andrianini (2015) e Hundley (2013) para as variáveis Massa fresca de folhas e massa fresca raiz, já que no presente trabalho a menor densidade

de peixes avaliada foi justamente a que obteve o melhor resultado para massa fresca folhas e massa fresca raiz, estatisticamente igual a densidade de 90 peixes para massa fresca de folhas. Ainda considerando os mesmos autores, resultados semelhantes foram observados para as duas maiores densidades de peixes, as quais apresentaram os menores resultados quando comparado com a densidade de 30 peixes para a variável de massa fresca da raiz (MFR). A maior densidade de peixes por tanque (90 peixes), obteve resultado estatisticamente igual às densidades de 30 e de 60 peixes na variável de massa fresca das folhas (MFF).

Segundo Cortez (2009), a água residual do tanque de peixes não é capaz de atender toda à demanda nutricional da alface. Um motivo para que a densidade de 60 e 90 peixes teve resultados inferiores para MFF e MFR seria o desequilíbrio nutricional, visto uma maior disponibilidade de Nitrogênio em face à uma menor disponibilidade de nutrientes importantes para o crescimento da alface, como o Potássio (K). O K é um dos macronutrientes mais extraídos pela planta da alface, desempenhando várias funções fisiológicas na planta (ALMEIDA et al., 2011). Sua deficiência ocasiona diversas reduções no crescimento e má formação da “cabeça” (PETRAZZINI et al. 2014). Duarte (2019) observou em seu trabalho que o sistema aquaponico sem a suplementação de nutrientes apresentou teor de K abaixo da faixa crítica.

A massa fresca das folhas de plantas de alface no sistema de aquaponia para os volumes de biofiltro 1 e 2 apresentaram diferenças significativas entre si de 27,98%, enquanto que para a variável de massa seca de folhas a diferença foi de 14,60% (

Tabela 5).

Tabela 5: Teste de média para massa fresca e seca de folhas de plantas de alface do sistema de aquaponia para os diferentes volumes de biofiltro.

VOLUME DE BIOFILTRO	MFF	MSF
1	291,92a	11,46a
2	210,25b	9,79b

O componente com maior contribuição na realização da nitrificação é o filtro biológico, o que é influenciado pela superfície específica do meio filtrante e, por isso, quanto maior for o volume do biofiltro tende-se a ocorrência de um maior processo de nitrificação (HUNDLEY, 2013). Apesar do presente trabalho não ter quantificado o processo de nitrificação nos diferentes níveis de volume de biofiltro utilizado, foi

observado melhor desempenho da alface com o menor biofiltro (V=25% do volume do tanque) para massa seca (MSF) e fresca das folhas (MFF).

Possivelmente o desempenho superior dos parâmetros MSF e MFF da alface associado ao menor biofiltro ocorreu devido a menor atividade autotrófica aquática no sistema, refletindo diretamente no pH e, com isso, afetando diretamente a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. De acordo com Souto (2009), a atividade autotrófica aquática (fotossíntese ou nitrificação) pode aumentar o pH do ambiente, tornando-o alcalino. Além disso, outro fator que influencia na alcalinidade do ambiente aquapônico é a oxigenação, que é reduzida com o aumento da população de peixes, já que estes consomem o oxigênio dissolvido com a respiração. Por fim, vale destacar que a disponibilidade das maiorias dos nutrientes decresce drasticamente quando o pH é superior a 7,0, sendo o recomendado entre pH 5,5 e 6,5 (FERRI, 1979).

## 6. CONCLUSÕES

- As plantas de alface obtiveram melhor desempenho de massa fresca de raiz e da parte aérea na densidade de estocagem com 30 peixes por metro cúbico;
- O biofiltro com 25% do volume do tanque foi o que proporcionou melhor desempenho das plantas de alface para massa fresca e seca de folhas;
- Houve diferença significativa entre as densidades de peixes e os volumes de biofiltro. As melhores interações foram: biofiltro com 25% do volume do tanque combinado com a densidade de estocagem de 90 peixes por metro cúbico; e biofiltro de 35% do volume do tanque combinado com a densidade de estocagem de 30 peixes por metro cúbico.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Águas - ANA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: relatório síntese / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2016. 33 p.

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**. v.24, n.2, p.27-36, 2011.

ANDRIANI, Yuli et al. The effect of stocking density ratio of fish on water plant productivity in aquaponics culture system. **Nusantara Bioscience**, v. 9, n. 1, p. 31-35, 2017.

ARAÚJO, Artur de Freitas et al. Integração de plantas com espécies nativas de peixes em sistema de aquaponia. 2015.

BLIDARIU, Flavius; GROZEA, Adrian. Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies**, v. 44, n. 2, p. 1-8, 2011. CARNEIRO, Paulo César Falanghe et al.

CARNEIRO, Paulo César Falanghe et al. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Docmentos–Aracaju**, 2015.

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.494–498, 2009.

DUARTE, Eglerson. Calibração da solução nutritiva da alface em aquaponia com tilápia baseado em solução hidropônica. 2019.

EBELING, James M.; TIMMONS, Michael B. **Recirculating aquaculture**. Cayuga Aqua Ventures, 2010.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CAB eBooks, Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt. 2006.

EMERENCIANO, M. G. C. et al. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 147, p. 24-35, 2015..

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 362p.

GUSTAVSSON, Jenny et al. **FAO global food losses and food waste—extent, causes and prevention**. Technical Report, 2011.

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

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

HUNDLEY, G. M. C. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjericão (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.51-55, 2013.

LOSORDO, T.M., MASSER, MP., RACKOCY, J.E. Recirculating Aquaculture Tank production Systems: A review of Component Options. **Southern Regional Aquaculture Center Publication**, n\* 453,1999)

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 210, p. 127-138, 2006.

MUDAHAR, Mohinder S.; HIGNETT, Travis P. Energy efficiency in nitrogen fertilizer production. **Energy in Agriculture**, v. 4, p. 159-177, 1985.

OELKERS, Eric H.; VALSAMI-JONES, Eugenia. Phosphate mineral reactivity and global sustainability. **Elements**, v. 4, n. 2, p. 83-87, 2008.

PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campos. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 465-473, 2000.

PETRAZZINI, L. L.; SOUZA, G. A; RODAS, C. L.; EMRICH, E. B.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. J. Deficiências de nutrientes em alface americana cultivada em hidroponia. **Horticultura Brasileira**. v.32, n.3, p.310-313, 2014.

RAKOCY, J. E. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. **Aquaponics Journal**, v.46: 14-17, 2007.

RAKOCY, J.; et al., Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.

RAKOCY, James E. Aquaponics—Integrating fish and plant culture, aquaculture production systems. **Aquaculture Production Systems Oxford: Wiley-Blackwell**, p. 344, 2012.

RAKOCY, James et al. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In: **South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648**. 2003. p. 63-69..

SCHREIER, Harold J.; MIRZOYAN, Natella; SAITO, Keiko. Microbial diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems. **Current opinion in biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 318-325, 2010.

SILVA, Carlos Emílio Vieira da et al. **Montagem e operação de um sistema de aquaponia: um estudo de caso de agricultura urbana para produção de jundiá (*Rhamdia quelen*) tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*)**. 2017. 63 f. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Curso de Engenharia de Aquicultura. Florianópolis-SC, 2016.

SOUTO, Gabriel D. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros: estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (stripping)**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUTO, Gabriel D. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros: estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (stripping)**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.



TOMAZ, Rafael Nóbrega Bezerra. **Implantação de um sistema aquaponico piloto utilizando águas não potáveis para a produção de peixes e hortaliças**. 2019. 154 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional em XX) – Universidade Estadual do Ceará, 2019.

TYSON V. RICHARD, "**Reconciling pH for ammonia biofiltration in a cucumber/tilapia aquaponics system using a perlite medium** ", 2007.

TYSON, Richard V. Reconciling pH for ammonia biofiltration in a cucumber/tilapia aquaponics system using a perlite medium. 2007. Dissertation ( Degree of Doctor) - University of Florida - Horticultural Sciences Department Teaching Park, Gainesville, FL, 2007.

UNESCO. 2012. Fatos e dados. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos**. O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. 17 p. Paris, França. 2012.

WILSON, G. Australian barramundi farm goes aquaponic. **Aquaponics Journal**, v. 37, n. 2, p. 12-16, 2005.

YEP, Brandon; ZHENG, Youbin. Aquaponic trends and challenges–A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1586-1599, 2019.