

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**EFEITO DOS FATORES DENSIDADE DE PEIXE E VOLUME
DE MATERIAL FILTRANTE SOB SISTEMA AQUAPÔNICO
CULTIVADO COM RÚCULA E TILÁPIA**

LEYDIANE PEREIRA DIAS

RIO VERDE - GOIÁS
2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**EFEITO DOS FATORES DENSIDADE DE PEIXE E VOLUME
DE MATERIAL FILTRANTE SOB SISTEMA AQUAPÔNICO
CULTIVADO COM RÚCULA E TILÁPIA**

LEYDIANE PEREIRA DIAS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

Rio Verde - GO

2022

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

P541e Pereira Dias, Leydiane
 Efeito dos fatores densidade de peixe e volume de
material filtrante sob sistema aquapônico cultivado
com rúcula e tilápia. / Leydiane Pereira Dias;
orientador Leonardo Nazário Silva dos Santos. -- Rio
Verde, 2022.
 33 p.

 TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

 1. Rúcula. 2. Oreochromis niloticus. 3.
hidroponia. I. Nazário Silva dos Santos, Leonardo,
orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Leydiane Pereira Dias

Matrícula: 2016102200740526

Título do Trabalho: Efeito dos fatores densidades de peixe e volume de material filtrante sob sistema aquapônico cultivado com rúcula e tilápia.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 22/08/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde- Goiás, 22 de agosto 2022.

Leydiane Pereira Dias

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Mazinho
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2022 - DAIT-REI/PROPPI-REI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) doze dia(s) do mês de julho de 2022, às 10 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Leonardo Nazário Silva dos Santos (orientador), Bruno de Oliveira Costa Couto (membro), Adriano Carvalho Costa (membro), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado “Efeito dos fatores densidade de peixe e volume de material filtrante sob sistema aquapônico cultivado com rúcula e tilápia” da acadêmica Leydiane Pereira Dias, Matrícula nº2016102200740526 do curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Câmpus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da acadêmica. 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)

Bruno de Oliveira Costa Couto

Membro(a)

(Assinado Eletronicamente)

Adriano Carvalho Costa

Membro(a)

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Adriano Carvalho Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/07/2022 07:21:01.
- **Bruno de Oliveira Costa Couto**, COORDENADOR DE CURSO - FUC0001 - CCBEAMB-RV, em 20/07/2022 16:27:50.
- **Leonardo Nazario Silva dos Santos**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/07/2022 15:59:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/07/2022. 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: 409293

Código de Autenticação: 58029388ea



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Reitoria

Rua 88, 310, None, Setor Sul, GOIANIA / GO, CEP 74.085-010

None

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho a minha mãe Marissol Pereira Dias e meu pai Pedro Ronaldo Rodrigues Dias, pelos ensinamentos e apoio em minha trajetória. A minha irmã Luane Pereira Dias pelo seu apoio e incentivo.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças e sustentação na caminhada de minha existência e trajetória.

Aos meus pais e minha irmã, pela paciência, apoio e compreensão nos momentos difíceis, e pelos conselhos e ensinamentos que me deram ao longo da vida. Sem vocês eu jamais teria chegado tão longe e não teria sido capaz de conquistar meus objetivos e acreditar que seria capaz de alcançá-los.

As minhas companheiras de caminhada na graduação, Laura Campos, Natielly Marques, Stefane Souza, Thamara Arantes, Aline Felix, foram muito especiais em minha trajetória.

Agradecer de forma especial a toda equipe do Laboratório Hidráulica e Irrigação, Vitor Vidal, Wilker Alves, Caroliny Paixão, Laura Campos, Luiz Fernando Gomes, Leonardo Dantas, Caroline Loureiro, Jaqueline Aparecida, Bruna Silva e a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, pelos incentivos, comprometimento, apoio e amizade, cuja contribuição e troca de experiência foi de grande importância.

Aos Professores Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, Dr. Marconi Batista Teixeira, Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares, Dra. Suzanna Maria Loures de Oliveira Marcionilio e Dr. Adriano Carvalho Costa, por todo o apoio, orientação e ensinamentos ao longo da execução do projeto e pela valiosa demonstração de amizade e sempre nos encorajando no decorrer desta caminhada. Ao meu coorientador Wilker Alves de Moraes pelo seu apoio que foi fundamental para o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelas verbas de auxílio financeiro ao projeto e para pesquisa de maneira geral.

RESUMO

DIAS, Leydiane Pereira. **Qualidade físico-química da água em sistema aquapônico**. 2022. Trabalho de Conclusão (Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O sistema de aquaponia surge como alternativa viável dentre os sistemas de produções de alimentos com maior eficiência no uso da água. Entretanto, sua manutenção reflete essencialmente na qualidade de água, desde o monitoramento de peixes e dos parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água em sistema aquapônico sob cultivo rúcula, visando a sustentabilidade do sistema produtivo. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental foi bloco casualizado (DBC), em arranjo fatorial 2x3, com 3 repetições, sendo os fatores: dois volumes de material filtrante em relação ao tanque (VF50 L e VF70 L); três densidade de peixes (DP30, DP60 e DP90 peixes por tanque) totalizando 18 unidades experimentais. Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e condutividade elétrica estão dentro dos limites estabelecidos, em relação aos fatores de peixes, volumes de filtro. Dessa forma, a densidade de 90 peixes junto ao volume de material filtrante de 50 L causou maior degradação da qualidade da água. Por outro lado, a densidade de 30 peixes junto ao volume de material filtrante de 70 L mostrou condições adequadas para produção de peixe. Foi observado de maneira geral, que a menor densidade de peixe proporciona melhor manutenção da qualidade da água. Quanto mais aumenta a densidade de peixe, o maior volume de filtro se torna mais eficiente.

Palavras-chaves: Rúcula, *Oreochromis niloticus*, hidroponia.

ABSTRACT

The aquaponics system emerges as a viable alternative among the food production systems with greater efficiency in the use of water. However, its maintenance essentially reflects on the water quality, from the monitoring of fish and the parameters pH, temperature, electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, total dissolved solids. The present work aimed to evaluate the water quality in an aquaponic system under arugula cultivation, aiming at the sustainability of the production system. The experiment was conducted at the experimental station of the Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. The experimental design was a randomized block (DBC), in a 2 x 3 factorial arrangement, with 3 replications, with the following factors: two volumes of filter material in relation to the tank (VF 50 L and VF 70 L); three fish densities (DP 30, DP 60 and DP 90 fish per tank) totaling 18 experimental units. The parameters pH, dissolved oxygen, temperature, turbidity and electrical conductivity are within the established limits, in relation to fish factors, filter volumes. Thus, the density of 90 fish together with the volume of filter material of 50 L caused greater degradation of water quality. On the other hand, the density of 30 fish together with the volume of filter material of 70 L showed adequate conditions for fish production. It was generally observed that the lower density of fish provides better maintenance of water quality. The more the fish density increases, the more filter volume becomes more efficient.

Key-words: Arugula, *Oreochromis niloticus*, hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo em canaletas.	14
Figura 2. Cultivo em placa flutuante.	14
Figura 3. Cultivo em substrato.	15
Figura 4. Valores de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa, na área experimental durante o período decorrente do experimento.	19
Figura 5. Vista frontal da esquematização do sistema aquapônico.	20
Figura 6. Constituintes do sistema de aquaponia que conta com um tanque de criação de peixes de 1000 L (A), decantador de 200 L (B), filtro biológico de 200 L (C) e calhas hidropônicas de 6 m (D).	21
Figura 7. Local de instalação da bomba de ar.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Metodologia/equipamento utilizadas para análise de água.....	23
Tabela 2. Resultados da ANAVA para variáveis pH, OD e T de um sistema aquapônico.	24
Tabela 3. Desdobramento da interação de densidade de peixes (DP) dentro de cada nível de volumes de material filtrante (VF) e vice-versa para potencial hidrogeniônico (pH), e oxigênio dissolvido (OD) do sistema aquapônico.....	25
Tabela 4. Resultados da ANAVA para os parâmetros condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e sólidos totais dissolvidos (STD) do sistema aquapônico.	26
Tabela 5. Desdobramento da interação de densidade de peixes (DP) dentro de cada nível de volumes de material filtrante (VF) e vice-versa para condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e sólidos totais dissolvidos (STD) do sistema aquapônico.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Aquaponia.....	12
3.2 Técnicas de Hidroponia	13
3.2.1 Cultivo em canaletas	13
3.2.2 Cultivo em bandejas flutuantes	14
3.2.3 Cultivo em substrato.....	15
3.3 Cultivo de Hortaliças no Sistema Aquapônico	15
3.4 Cultivo de Peixes em Sistema Aquapônico	16
3.5 Parâmetros de Qualidade da Água.....	16
3.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	17
3.5.2 Temperatura (T)	17
3.5.3 Condutividade elétrica (CE).....	17
3.5.4 Turbidez (Turb).....	18
3.5.5 Oxigênio dissolvido (OD)	18
3.5.6 Sólidos totais dissolvidos (STD).....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Caracterização e Localização da Área Experimental.....	19
4.2 Delineamento Experimental	19
4.3 Implantação e Descrição do Sistema	20
4.4 Parâmetros Analisados.....	22
4.5 Declaração de Ética.....	23
4.6 Análises Estatística	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A demanda por água é crescente na agricultura, produção energética, atividade industrial e abastecimento humano, devido ao crescimento demográfico mundial que tem impulsionado intensa pressão nos setores de produção de alimentos (VENANCIO et al., 2015). Ao longo dos anos a produção de hortaliças vem ganhando destaque na agricultura, em razão ao aumento de exigência dos consumidores por alimentos mais saudáveis e sustentáveis (MARQUES et al., 2018). Devido a isso, trabalhos têm retratado a importância de assegurar a qualidade da água, estabelecendo medidas padrões que estabeleçam uma relação com a qualidade da água, bem como a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis (SILVA e DE ARAÚJO, 2017).

Visando a necessidade de desenvolver sistemas de produções de alimentos com maior eficiência no uso da água, com a utilização dos recursos hídricos de forma racional, causando menos impacto ao meio ambiente, a aquaponia é uma modalidade sustentável com criação e desenvolvimento de sistemas integrados de produção (HUNDLEY et al., 2013), entre piscicultura e hidroponia. Porém, essa integração deve ser compatível com as características de cada tipo de produção para equilibrar a produção de nutrientes dos peixes e a absorção de nutrientes pelas plantas (LOVE et al., 2015; YILDIZ et al., 2017).

As espécies de peixes a serem utilizadas em sistema de aquaponia devem apresentar tolerância a altas densidades de estocagem e ao manejo, rusticidade, resistência e boa conversão alimentar (CARNEIRO et al., 2015).

A aquaponia é uma modalidade de cultivo que combina as técnicas "aquicultura" (produção de organismos aquáticos) e "hidroponia" (produção de plantas sem solo) e baseia-se na integração de peixes, bactérias e plantas que pode reduzir o consumo de água em até 90%, se comparada aos sistemas convencionais (BAIONI et al., 2017).

Diante do sucesso do sistema de aquaponia, diversas pesquisas vêm sendo realizadas sobre a demanda e produção (DE OLIVEIRA, 2015). A manutenção de um sistema aquapônico reflete essencialmente na qualidade de água, desde o monitoramento de peixes até o controle da temperatura e da oxigenação, dentre outros parâmetros correlacionados.

A partir disso, cumpre ressaltar que diversos fatores climáticos locais podem limitar o crescimento de peixes na aquaponia, assim também a densidade de estocagem, tamanho e formato do filtro, tipo de substrato utilizado no filtro e a qualidade da ração utilizada (GEISENHOFF et al., 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água em sistema aquapônico sob cultivo de hortaliça, visando a sustentabilidade do sistema produtivo.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar os parâmetros de qualidade de água em sistemas aquapônico de tilápia em diferentes densidades de estocagem, tamanhos de filtro sob cultivo de rúcula;

Analisar os parâmetros físicos (pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez), e químicos (oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aquaponia

A aquaponia é a associação entre duas áreas de produção, a hidroponia (cultivo de plantas sem solo) e aquicultura (produção de organismos aquáticos) que utiliza de forma eficiente a água, visando integrar e gerar duas fontes de rendimento num só sistema, os vegetais e os peixes (BERNSTEIN, 2011; RAKOCY, 2012; BUZBY e LIN, 2014; ESPINOSA MOYA et al., 2016).

Por ser um sistema de fácil manejo a aquaponia tem sido muito utilizado por pequenos produtores, já que permite maior diversificação da renda e redução nos custos de produção. A atividade visa o equilíbrio biológico da produção, prevenir problemas comuns dos cultivos tradicionais, permitir condições favoráveis e uma produção economicamente viável e sustentável sem uso de produtos químicos (HU et al., 2015; GEISENHOFF et al., 2016).

De maneira geral, um sistema aquapônico precisa de um tanque com peixes, filtro biológico, calhas ou tubos semelhantes aos de hidroponia, além da bomba de circulação de água para promover a recirculação e oxigenação. As plantas funcionam como filtro biológico e transformam a matéria orgânica em sais que são absorvidos pelos vegetais e a água retorna ao viveiro de peixes com qualidade, permitindo sua recirculação (ZOU et al., 2016).

A aquaponia é um sistema de fluxo contínuo de água e nutrientes, que envolve uma relação simbiótica entre três organismos principais: peixes, plantas e comunidade microbiana. Este sistema é ambientalmente sustentável, que produz alimentos naturais e orgânicos de alta qualidade, com utilização mínima e aproveitamento integral de água, sem o descarte de

efluente, nem a necessidade do uso de fertilizantes e adubos químicos (CARNEIRO et al., 2015).

Conforme Nozzi et al. (2016), o sucesso da aquaponia está no equilíbrio entre a quantidade de resíduos orgânicos produzidos pelos peixes e a capacidade que o filtro biológico tem de converter esses resíduos em compostos nutritivos para as plantas. Dessa forma, a presença de baixa concentração desses resíduos, ocasionará uma diminuição de nutrientes essenciais ao crescimento das plantas (BERNSTEIN, 2011; DEDIU, 2012).

3.2 Técnicas de Hidroponia

As técnicas utilizadas no sistema aquapônico variam de acordo com a estrutura do cultivo de plantas (RAKOCY et al., 2006; MENON, 2013; SOMERVILLE et al., 2014; MAUCIERI et al., 2017b). Dentre elas destacam-se: cultivo em canaletas *Nutrient Film Technique* (NFT), cultivo em bandejas flutuantes *Deepwaterculture system* (DWC) e cultivo em substrato (*Media Based System*) (SOMERVILLE et al., 2014; FAO, 2016).

3.2.1 Cultivo em canaletas

Segundo Rakocy et al. (2006), o cultivo em canaletas possui vantagens como a montagem do suporte com maior facilidade, volume de água e a área de cultivo menores, perda mínima de água e facilidade na colheita e plantação dos vegetais. Nesse tipo de sistema, as plantas são colocadas em canaletas onde a água passa de forma contínua assegurando os nutrientes para as plantas e cobrindo de forma parcial suas raízes (ENGLE, 2015). Fornecendo elevada concentração de oxigênio para as raízes das plantas, o que facilita o alto rendimento dos vegetais.

No entanto, este sistema é adequado apenas para espécies vegetais agrícolas de pequeno porte, pois, o canteiro não pode suportar quantidades densas e pesadas de raízes devido ao bloqueio potencial do fluxo de recirculação (CHÉRIF et al., 1997; ENGLE, 2015). Assim, a remoção eficiente de sólidos é necessária para que seja evitado o entupimento do canal do canteiro. Muito utilizado mundialmente na produção de vegetais hidropônicos e trata-se de sistema indicado para as plantas comumente produzidas em hidroponia, classificadas como folhosas, pela praticidade de colheita e comercialização (CARNEIRO et al., 2015). O cultivo em canaletas possui como constituintes, um biofiltro para nitrificação e um tanque de sedimentação para remoção de sólidos (ENGLE, 2015).



Figura 1. Cultivo em canaletas. Fonte: Autor

3.2.2 Cultivo em bandejas flutuantes

A técnica de cultivo em placas flutuantes fundamenta-se na suspensão das plantas com suas raízes submersas, possui grande demanda de água e os vegetais ficam flutuando em bandejas (DEDIU, 2012). Dessa forma, essas placas são responsáveis por flutuarem em canais de cultivo anexos aos tanques de cultivos, ligados por tubagens (CARNEIRO et al., 2015). A técnica de placas flutuantes é mais comumente adotada em um sistema aquapônico, pois, permite que as raízes das plantas absorvam livremente os nutrientes na água sem obstruir o canal de água (TIMMONS et al., 2002; LIANG E CHIEN, 2013).



Figura 2. Cultivo em placa flutuante. Fonte: Carneiro et al, 2015

3.2.3 Cultivo em substrato

Já o cultivo em substrato é a técnica mais comum entre os produtores de aquaponia em pequena escala. Dessa forma, por ser um método simples, eficiente no uso do espaço e de baixo custo, recomenda-se seu uso para iniciantes da atividade com baixa densidade de peixes (CARNEIRO et al., 2015). O tipo preenchido com substrato é o sistema aquapônico mais simples que não requer biofiltros separados, pois utiliza-se substratos do tipo argila expandida, seixo rolado ou areia grossa para ajudar na fixação das raízes e a colonização das bactérias nitrificantes (ZOU et al., 2016).

A área onde são plantadas as mudas comumente é inundada com a água da aquicultura servindo como filtro biológico e mecânico, não havendo necessidade de instalação de sistemas independentes de filtração, a exemplo do separador de sólidos (filtro mecânico) em suspensão (RAKOCY et al., 2006; SOMERVILLE et al., 2014).



Figura 3. Cultivo em substrato. Fonte: Carneiro et al 2015.

3.3 Cultivo de Hortaliças no Sistema Aquapônico

Segundo Carneiro et al. (2015), as hortaliças mais recomendadas para o cultivo no meio aquapônico são as espécies de plantas adaptadas a hidroponia, pois elas toleram altos teores de

água em suas raízes e suportam oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva sem apresentar deficiência nutricional.

Assim sendo, as plantas são responsáveis pela reutilização da água, pois realizam uma filtragem da mesma por meio da absorção de nitritos e outros nutrientes, possibilitando a recirculação da água em todo o sistema (ROOSTA e MOHSENIAN, 2012).

3.4 Cultivo de Peixes em Sistema Aquapônico

A melhor escolha seria a combinação da espécie do peixe combinada com a espécie da planta, tentando encaixar parâmetros como faixa ideal de pH e temperatura parecidos, para beneficiar os dois cultivos e assim ter melhores resultados (CALÓ, 2011).

A espécie de peixe que tem sido mais utilizada em sistemas de aquaponia é a tilápia (*Oreochromis niloticus*) por ser um peixe que apresenta diversas peculiaridades como, bastante rústica e resistente, ter boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, apresentar crescimento rápido, capacidade de suporte à estresse e doenças, além de ser tolerante a uma ampla gama de condições ambientais (MARENGONI, 2006).

3.5 Parâmetros de Qualidade da Água

Os parâmetros da qualidade da água são de grande importância na identificação e na avaliação de riscos na operação da aquicultura. Os peixes criados em sistemas de aquaponia requerem boas condições de qualidade da água, sendo assim, os parâmetros físico-químicas como, pH, condutividade elétrica, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, devem estar dentro da faixa adequada para os peixes que se encontram no sistema.

Leira et al. (2017) relatam que as circunstâncias inadequadas de qualidade da água têm como resultado o prejuízo ao crescimento, reprodução, saúde, sobrevivência e a qualidade dos peixes, afetando o sucesso dos sistemas de produção.

Mudanças súbitas na densidade de peixes, taxa de crescimento, alimentação e volume de água podem provocar mudanças rápidas na qualidade da água, deixando evidente que a medição regular desses parâmetros é essencial (MACINTRYE et al., 2008). Em sistemas aquapônicos é importante considerar os possíveis impactos ambientais, a densidade de peixe a ser estocada e também o equilíbrio entre plantas, peixes e bactérias nitrificantes (PERSON-LE RUYET et al., 2008).

3.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH exerce grande influência na disponibilidade de nutrientes, ocorrendo um acentuado decréscimo no crescimento das plantas com valores acima de 7,0 (HUNDLEY et al., 2013). O pH exerce determinante influência sobre o ciclo de nitrificação do nitrogênio. As bactérias nitrificantes dos gêneros nitrossomonas e nitrobacter de ocorrência natural são responsáveis pela nitrificação do amoníaco, sendo predominantemente aeróbicas e pH ótimo entre 7,0 e 8,0, tendo sua atividade reduzida à medida em que o pH se distancia da neutralidade (HUNDLEY et al., 2013). Por outro lado, a maioria das plantas no cultivo hidropônico crescem melhor com pH entre 5,5 e 6,5 (CARNEIRO et al., 2015).

3.5.2 Temperatura (T)

A temperatura da água também pode afetar outros fatores, em grau elevado, aumentando a taxa metabólica de todos os seres vivos que habitam (peixes, bactérias e plantas). Com o metabolismo acelerado, o consumo de oxigênio aumenta, implicando em um aumento da excreção produzida pelos peixes. Idealiza-se que, para que o sistema de filtragem tenha um rendimento ótimo, a temperatura esteja entre 25 °C a 30 °C (RAKOCY et al., 2006). Se a temperatura for superior a 32°C pode ocorrer mortalidade; abaixo de 24°C decresce o apetite rapidamente e aumenta a chance de proliferação de doenças (BRAZ FILHO, 2000; SÁ, 2012).

Baixas temperaturas são capazes de causar grandes danos a sistemas aquapônicos, e por este motivo, devem ser evitadas em todas as épocas do ano, principalmente no inverno (SOMERVILLE et al., 2014).

3.5.3 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica pode ser definida como a quantidade de substâncias dissolvidas que se dissociam, liberando na solução os ânions e cátions, indicando a capacidade de transporte de corrente elétrica (FERREIRA, 2003). Essa informação em sistemas aquapônicos é um fator importante para o bom desenvolvimento de peixes e vegetais, visto que excessos e déficits podem provocar distúrbios, resultando na morte de peixes e queima dos limbos foliares vegetais, o que é resultado principalmente do desbalanceamento osmótico (PAULUS et al., 2010).

De acordo com Barbosa (2011), a faixa adequada de condutividade elétrica fica entre 50 µS e 500 µS. Valores de condutividade elétrica elevados em tratamentos com alta densidade

podendo estar associados a maior concentração de matéria orgânica produzida, e, portanto, a uma maior concentração de íons (TYSON et al., 2008; PANTANELLA et al., 2012). Quando apresentada altas taxas de condutividade pode vim a significar um alto teor de decomposição de matéria orgânica ou mesmo indício de possíveis problemas com poluição da água.

Concentrações elevadas de sais podem acarretar a diminuição do potencial osmótico da solução, acúmulo de íons tóxicos, diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido e diminuição de absorção de macro e micronutrientes por parte das plantas (GODIM et al., 2010; LENZ et al., 2017).

3.5.4 Turbidez (Turb)

Segundo Buzelli e Cunha-Santino (2013), os sedimentos que causam a turbidez impedem a penetração da luz solar dificultando a fotossíntese e recobrem os ovos de peixes, além de provocar entupimento das brânquias causando a mortalidade dos mesmos. Manter a turbidez em torno de 100 UNT através do controle de sólidos totais dissolvidos (STD) e a limpeza rotineira do sistema de filtros para decantação das fezes e dos resíduos de ração não consumida pelos peixes é uma prática indispensável (QUEIROZ et al., 2017).

3.5.5 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é considerado uma das variáveis mais críticas, pois afeta diretamente a sobrevivência e resistência dos organismos. A demanda por oxigênio de um peixe varia conforme a espécie, o tamanho, a atividade alimentar, o estresse e a temperatura. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido (< 4,0 mg/L) podem levar a uma redução no consumo alimentar e, conseqüentemente, à queda no ritmo de crescimento (CORTEZ et al., 2009).

3.5.6 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) consistem em partículas menores que 2 micrômetros, tais como, cloretos, cálcio, nitratos, fósforos, ferro, enxofre, e outros íons que podem estar naturalmente presente na água. Esses podem causar toxicidade para os peixes de acordo com sua concentração e aumento dos níveis de salinidade (WEBER-SCANNELL e DUFFY, 2007).

A presença de sólidos totais dissolvidos na água indica a presença de sais e constituintes minerais. Elevada concentração de sólidos dissolvidos totais pode dificultar a entrada de radiação solar na coluna d'água, o que reduz a quantidade de oxigênio dissolvido.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização e Localização da Área Experimental

O experimento foi conduzido entre novembro e dezembro de 2020, na área experimental do Instituto Federal Goiano (IF goiano) - Campus Rio Verde, Goiás, Brasil. O IF goiano está localizado na Rodovia Sul Goiana, Km 01, s/n - Zona Rural, Rio Verde – GO, na latitude 17° 48' 28" S e longitude 50° 53' 57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen (1948), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual é de 23°C, a precipitação média anual é de 1.612,9 mm e o relevo é suave ondulado (6% de declividade) (INMET, 1981- 2010) (Figura 4).

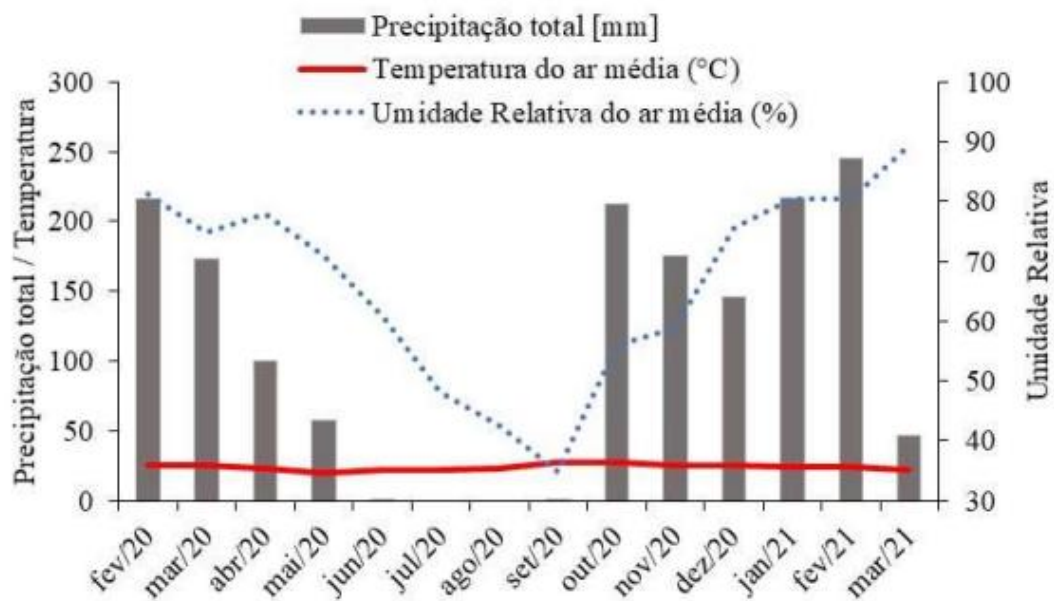


Figura 4. Valores de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa, na área experimental durante o período decorrente do experimento. Fonte: Estação meteorológica do Instituto Federal Goiano.

4.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi bloco casualizado (DBC), em arranjo fatorial 2x 3, com 3 repetições, sendo os fatores: dois volumes de material filtrante em relação ao tanque

(VF50 L e VF70 L); três densidade de peixe (DP30, DP60 e DP90 peixes por caixa) totalizando 18 unidades experimentais.

4.3 Implantação e Descrição do Sistema

Inicialmente na área experimental foi feita uma cobertura de tela de sombreamento agrícola (50% de interceptação da luz solar) e o solo nivelado e coberto com brita nº 02. Em seguida, 18 módulos aquapônicos foram instalados, sendo que cada um era composto por um tanque circular para produção dos peixes (0,9 m de profundidade; 1,34 m de diâmetro; e capacidade de 1 m³), decantador de sólidos e um filtro biológico, ambos com capacidade de 0,2 m³, bancadas hidropônicas em ferro do tipo galvanizado, sendo instaladas 6 calhas hidropônicas de PVC com 6 m com 20 furos cada de 50 mm de diâmetro, com espaçamento entre furos de 25 mm.

Foi montado um sistema hidroponico com um tanque de 1 m³, 25 calhas hidropônicas com 53 furos de 32 mm de diâmetro, com espaçamento entre furos de 10 cm, dispostas paralelamente, com inclinação para que a passagem da água ocorra por gravidade, conforme apresentadas nas Figuras 5 e 6.

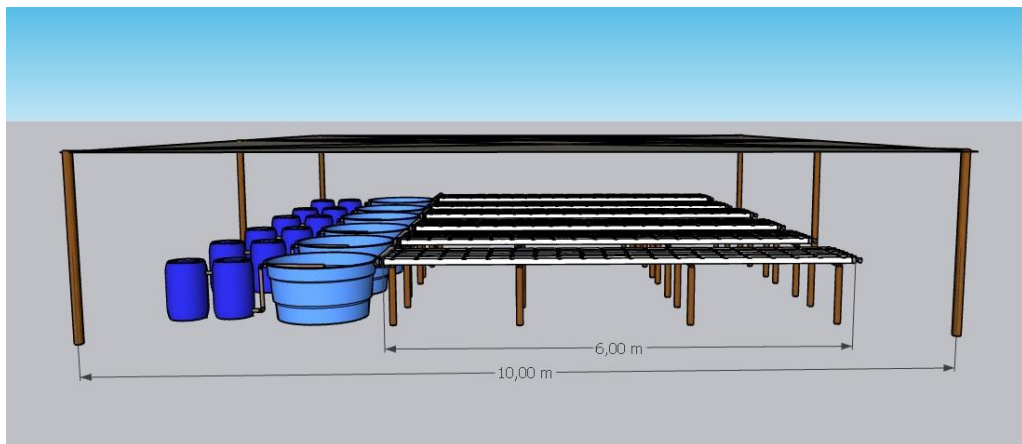


Figura 5. Vista frontal da esquematização do sistema aquapônico. Fonte: Autor.



Figura 6. Constituintes do sistema de aquaponia que conta com um tanque de criação de peixes de 1000 L (A), decantador de 200 L (B), filtro biológico de 200 L (C) e calhas hidropônicas de 6 m (D).

Fonte: Autor

Utilizou-se nesta pesquisa o sistema hidropônico *Nutrient Film Technic* (NFT), no qual a solução nutritiva (neste caso, a água do viveiro) percorreu o sistema radicular das plantas de forma contínua sem intervalo de tempo. Foi realizada a instalação, (Figura 7) de uma bomba hidráulica para realizar a recirculação da água no sistema aquapônico.

O material filtrante utilizado foi a argila expandida, que é um agregado leve que possui forma arredondadas, com uma estrutura interna formada por uma cerâmica com microporos e de casca rígida e resistentes. O sistema de aeração foi mantido por uma bomba de ar para o fornecimento de oxigênio e o arejamento da água dos tanques, com o intuito de manter o oxigênio dissolvido (OD) acima de 5 mg.L^{-1} . A recirculação de água foi mantido com bombeamento de 400 L.h^{-1} , de forma independente para cada parcela experimental.



Figura 7. Local de instalação da bomba de ar.

Fonte: Autor

A partir do filtro biológico, a água era bombeada simultaneamente para as calhas hidropônicas e para os tanques de cultivo dos peixes, para isso foi utilizada uma bomba submersa. A água retida nas calhas retornava aos tanques de cultivo por meio de um sifão. As 18 parcelas do experimento foram construídas em paletes de madeira e todo o sistema protegido com tela em PVC tipo sombrite.

A espécie de peixe utilizada foi juvenil de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de 100 g. Foram utilizados densidade de 30, 60 e 90 peixes por caixa. Após a estocagem dos animais, os peixes foram submetidos a um período de aclimação de 7 dias. Os peixes foram alimentados com rações comerciais extrusadas para onívoros, sendo fornecido ad libitum, 3x ao dia com ração de 37% de proteína.

4.4 Parâmetros Analisados

Os parâmetros potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura (T), Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram monitorados diariamente *in loco* utilizando a sonda multiparâmetro. A turbidez (Turb) foi avaliada também diariamente, as amostras eram retiradas das caixas de peixes e acondicionadas em vidrarias e

levadas até o Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde para análise no Turbidímetro.

Os Sólidos totais dissolvidos, foi avaliado de seis em seis dias, no laboratório de Águas e Efluentes do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, com as amostras acondicionadas em vidrarias no dia das análises. As metodologias utilizadas na análise das variáveis físicas e químicas, são apresentadas na Tabela 1. Sendo todas analisadas conforme protocolos descritos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Tabela 1. Metodologia/equipamento utilizadas para análise de água.

MÉTODO	MODELO	VARIÁVEIS
Sonda multiparâmetro	modelo Sanxin X836-AKSO	pH, T, CE, OD, STD
Turbidímetro	modelo TU430-AKSO	Turb

Onde: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura (T), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), Turbidez (Turb).

4.5 Declaração de Ética

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal Goiano (CEUA/IF Goiano) que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

4.6 Análises Estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do sistema computacional de análise estatística “SISVAR” (FERREIRA, 2011). Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância. Posteriormente, quando significativos pelo teste F, foram submetidos a testes de comparação múltipla pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para as densidade de peixes e volumes de material filtrante.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontra-se os resultados da ANAVA, para os parâmetros potencial

hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura (T) do sistema aquapônico. Observa-se que, para os parâmetros pH e OD houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para densidade de peixes (DP), volume de material filtrante, e a interação entre densidade de peixe (DP) e volumes de material filtrante (VF), para o parâmetro T não houve diferença significativa para os parâmetros analisados.

Tabela 2. Resultados da ANAVA para variáveis pH, OD e T de um sistema aquapônico.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		pH	OD	T
DP	2	0,007**	0,490**	1,013 ^{ns}
VF	1	0,014**	0,266**	0,802 ^{ns}
DP*VF	2	0,006**	1,232**	1,317 ^{ns}
BLOCO	2	0,000 ^{ns}	0,050 ^{ns}	1,077 ^{ns}
RESÍDUO	10	0,000	0,008	1,041
CV(%)	-	0,21	1,61	3,21

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; pH = potencial hidrogeniônico; OD = Oxigênio Dissolvido; T = Temperatura; DP = densidade de peixes, VF = volume de material filtrante, DP*VF = interação entre densidade de peixes e volumes de material filtrante; CV = coeficiente de variação. ** e * Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Todos os valores foram considerados alcalinos sendo pouca a variação nesta faixa, sendo considerada ótima para a criação de peixes em aquaponia. De acordo com ARANA (2004), a faixa de pH ideal para o cultivo de peixes deve ser mantida entre 7 e 8,3. Todos os valores foram considerados alcalinos com poucas oscilações, sendo considerados ótimos para criação de peixes em aquaponia, pois estão dentro dos valores estabelecidos entre 7,0 e 8,3 para obter uma boa produção. Quando o pH está fora da faixa ótima os peixes podem apresentar crescimento lento, maior susceptibilidade a doenças e mau aproveitamento dos alimentos (SÁ, 2012).

Por outro lado, o pH não foi adequado para o cultivo de rúcula que necessitam do pH próximo ao valor do neutro (7,0) (MALLASEN et al., 2008).

Tabela 3. Desdobramento da interação de densidade de peixes (DP) dentro de cada nível de volumes de material filtrante (VF) e vice-versa para potencial hidrogeniônico (pH), e oxigênio dissolvido (OD) do sistema aquapônico.

VF	DP		
	30	60	90
pH			
50	8,10bB	8,18aA	8,19aB
70	8,21bA	8,17cA	8,26aA
OD (mg.L⁻¹)			
50	5,83bB	6,18aA	5,98abA
70	6,24aA	4,91bB	6,11aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre volumes de material filtrante (VF) e letras minúsculas iguais não diferem entre densidade de peixes (DP) a 5% de probabilidade.

A concentração de OD no VF70 foi menor na DP60 (4,91 mg L⁻¹), diferindo estatisticamente das demais densidades, foi realizado alguns manejos nos sistemas a fim de manter seu funcionamento adequado. Com esse intuito, a cada 7 dias foi realizado a retirada dos resíduos sólidos dos decantadores com auxílio de uma peneira. E ao final de cada ciclo de cultivo foi realizado a lavagem geral do sistema hidráulico por meio de retrolavagens com a finalidade de retirar resíduos da parte interna das tubulações que viesse posteriormente prejudicar o funcionamento dos sistemas aquapônicos.

No VF50, a concentração de oxigênio não apresentou diferença significativa (Tabela 3). Rackocy et al. (2007) recomendam que em sistemas de aquaponia a concentração de oxigênio deve ficar acima de 3 mg/L até 10 mg/L, sendo considerados ótimos para criação de peixes em aquaponia, pois estão dentro dos valores estabelecidos, pois isso favorece o máximo de saúde e crescimento de animais, plantas e bactérias nitrificantes.

Na Tabela 4, encontra-se os resultados da ANAVA, para os parâmetros condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e sólidos totais dissolvidos (STD) do sistema aquapônico.

Tabela 4. Resultados da ANAVA para os parâmetros condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e sólidos totais dissolvidos (STD) do sistema aquapônico.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		CE	Turb	STD
DP	2	27816,66**	32,121739**	12180,125**
VF	1	11200,05**	1,383339 ^{ns}	153,125 ^{ns}
DP*VF	2	12149,55**	3,915839**	1218,875**
BLOCO	2	181,50 ^{ns}	0,012539 ^{ns}	83,166 ^{ns}
RESÍDUO	10	124,7	0,372626	129,316
CV (%)		2,48	7,9	4,69

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; DP = densidade de peixes, VF = volumes de material filtrante, DP*VF = interação entre densidade de peixes e volume de material filtrante; CV = coeficiente de variação. ** e * Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para todas os parâmetros avaliados, observou-se diferença significativa para a interação densidade de peixes (DP) e volumes de material filtrante (VF).

Os valores de CE podem ser uma maneira indireta de avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis nos ambientes aquáticos (FREITAS et al, 2014). Observou-se a variável CE foi significativa no VF50 onde o maior valor foi 559,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na DP90. No geral, os volumes de filtro apresentaram diferença significativa para todas as densidades de peixes. Em geral, para a produção de peixes a CE varia em torno de 20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, já na produção de hortaliças ela não pode ultrapassar os 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (MERCANTE et al., 2011; ANTONIOLLI, 2019).

Aumentando a densidade de peixes é preciso aumentar o volume de filtro para melhorar a qualidade da água. Segundo o CONAMA 357/2005, (BRASIL, 2005) valores recomendados para sólidos dissolvidos totais devem permanecer abaixo de 500mg/L.

Tabela 5. Desdobramento da interação de densidade de peixes (DP) dentro de cada nível de volumes de material filtrante (VF) e vice-versa para condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e sólidos totais dissolvidos (STD) do sistema aquapônico.

VF	DP		
	30	60	90
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			

50	347,67cB	519,67bA	559,00aA
70	396,66bA	448,00aB	432,00aB
Turb (NTU)			
50	8,23bB	5,47cA	10,31aA
70	9,39aA	4,67bB	8,28aB
STD (mg/L)			
50	178,00bB	268,00aA	289,00aA
70	204,00bA	254,00aA	260,50aB

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas não diferem entre volumes de material filtrante (VF) e letras minúsculas iguais não diferem entre densidade de peixes (DP) a 5% de probabilidade.

De maneira geral, para CE e STD, os menores valores encontrados foram para a DP30 no VF50. Já para Turb, o menor valor foi para a DP60 no VF70. Isso mostra que a menor quantidade de peixes na caixa proporcionou melhor condição para essas variáveis .

Manter a turbidez em torno de 100 UNT e a limpeza rotineira do sistema de filtros é uma prática indispensável para manter a qualidade da água (QUEIROZ et al.,2017). Portanto, quanto mais turva a água, menos indicada para criação de peixes, pois impede a penetração de luz solar e conseqüentemente o desenvolvimento do fitoplâncton (microvegetais que vivem na água e que lhe confere coloração) (LEIRA et al., 2017), não foi o caso do experimento.

6. CONCLUSÃO

Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez estão dentro dos limites estabelecidos, em relação aos fatores densidade de peixes e volumes de filtro. Para o parâmetro temperatura não houve diferença significativa entre os tratamentos.

De maneira geral, a densidade de 90 peixes junto ao volume de filtro de 50 L causou maior degradação da qualidade da água. Por outro lado, a densidade de 30 peixes junto ao volume de material filtrante de 70 L mostrou condições adequadas para produção de peixe.

De maneira geral, observou-se que a menor densidade de peixe proporciona melhor manutenção da qualidade da água. Quanto mais aumenta a densidade de peixe, o maior volume de filtro se torna mais eficiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura**. Florianópolis: UFSC, p. 231,2004.

APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22^a ed., Washington: APHA/AWWA/WPCF, p.1496, 2012.

ANTONIOLLI, A. Sistema de Monitoramento Automatizado para Controle de Qualidade de Água em Sistema Aquapônico. Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, p. 94. 2019.

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

BAIONI, J. C; SQUASSONI, G. H; CULTRI, G. R. S; SILVA, J. D. T; DIAS, L. T. S. Efluente de piscicultura na produção consorciada de cebolinha e coentro. *nucleus animalium*, v.9, n.1, 2017.

BERNSTEIN, S. **Aquaponic Gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together**. New Society Publishers, pp. 288, 2011.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. D. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água. Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/14.pdf>. Acesso em: 10 jan 2022.

BUZBY, K. M.; LIN, L. S. "Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output." **Aquacultural Engineering**. 63: p. 39-44, 2014.

BRAZ FILHO, M.S.P. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água**. São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho, p. 41, 2000.

CALÓ, P. Introducción a la Acuaponia. Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC). Ministerio de Agricultura, **Ganaderia y Pesca**. Argentina, p. 15, 2011.

CARNEIRO, P.C.F.; MARIA, A.N.; NUNES, M.U.C.; FUJIMOTO, R. Y. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais**. In: Tavares- Dias, M.; Mariano, W.S. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. 1ed.São Carlos: Pedro & João, v. 2, p. 683-706, 2015.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C. DE; 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.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005 Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n.357, de 17 de março de 2005.

CHÉRIF, M., TIRILLY, Y., BÉLANGER, R.R. Effect of oxygen concentration on plantgrowth, lipidperoxidation, and receptivity of tomato roots to Pythium F underhydroponic conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* v. 103, p. 255–264, 1997.

DEDIU, L.; CRISTEA, V.; XIAOSHUAN, Z. "Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce." **AfricanJournalofBiotechnology** 11(9): 2349-2358, 2012.

DE OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquícultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, v. 2, n. 1, 2015.

ENGLE, C.R. Economics of Aquaponics. SRAC Publ. Reg. Aquac. Cent. 2015.

ESPINOSA MOYA, E.A; ANGEL SAHAGÚN, C.A.; MENDOZA CARRILLO, J.M.; ALBERTOS ALPUCHE, P.J.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C.A.; MARTÍNEZ-YÁÑEZ, R.

Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. **Aquacult. Res.** 47:1716–1726, 2016.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. P.200, 2016.

FERREIRA, C. M.A **importância da água e sua utilização em ranários comerciais.** Panorama da Aquicultura, v. 13, n. 79, p. 15-17, 2003.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia.** vol.35 no.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, R. S.; BOIJINK, C. L.; MUNIZ, A. W.; DAIRIKI, J. K.; INOUE, L. A. K. A.. Qualidade da água e perspectiva para o gerenciamento ambiental dos cultivos de tabaqui no município de Rio Preto da Eva, AM. **Scientia Amazônia**, v.3, p.116-126, 2014.

GEISENHOF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C.; GOMES, E. P. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive tilapia farming with water recirculation systems. **Engenharia Agrícola**, v.36, n. 2, p.291-299, 2016.

GODIM, A. R. D. O. et al. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo NFT, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 884-904, 2010.

HUNDLEY, G.M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; SEIXAS FILHO, J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanummajorana*) e manjericão (*Origanumbasilicum*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de AgropecuáriaSustentável** (RBS). v.3, n.1, p.51-55, 2013.

QUEIROZ, J. F; FREATO, T. A; LUIZ, A. J. B; ISHIKAWA, M. M; FRIGHETTO, R. T. S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. 29 p., 2017. (**Documentos** / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4961; 113).

HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTO, A.C.; KHANAL, S.K. "Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource Technology** 188: p. 92-98, 2015.

KÖPPEN W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la Tierra. México, Fondo de Cultura Económica. P.172, 1948.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S. MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **PUBVET**, v.11, n.1, p.11-17, Jan. 2017.

LENZ, G. L. et al. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema BFT em baixa salinidade. Instituto de Pesca, São Paulo, p. 614-630, 2017.

LIANG, J.-Y., CHIEN, Y.-H. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia–water spinach raft aquaponics system. **Int. Biodeterior. Biodegrad.** v. 85, p. 693–700, 2013.

LOVE, D.C.; FRY, J.P.; LI, X.; HILL, E.S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, R.E. **Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey** *Aquaculture*, 435, pp. 67-74, 2015.

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.

MACINTRYE, M.C.; ELLIS, T.; NORTH, B.P.; TURNBULL, J.F. The Influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: **A Review. In Fish Welfare**; Branson, E.J., Ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, p. 150–178, 2008.

MAUCIERI, C., NICOLETTO, C., SCHMAUTZ, Z., SAMBO, P., KOMIVES, T., BORIN, M., JUNGE, R. Vegetable intercropping in a small-scale aquaponic system. **Agronomy** v.7, p.63, 2017b.

MALLASEN, M.; BARROS, H.P.; YAMASHITA, E.Y. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Campinas, 1(1): 47-51, 2008.

MARQUES, A. R. F.; DELOSS, A. M.; OLIVEIRA, V. S.; BOLIGON, A. A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia uniflora* L. em diferentes substratos. **Ambiência**, v.14, n.1, p.44-56, 2018.

MENON, R. S. Scale Aquaponic System. *Int. J. Agric. Food Sci. Technol.* v.4, p.2249–3050, 2013.

MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F. do; RODRIGUES, C. J.; OSTI, J. A. S.; PINTO, C. S. M.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; TUCCI, A.; DI GENARO, A. C. Limnologia de viveiro de criação de tilápias do Nilo: Avaliação diurna visando boas práticas de manejo. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 37, n. 1, p. 73–84, 2011

NOZZI, V., PARASI, G, "Evaluation of *Dicentrarchus labrax* Meats and the Vegetable Quality of *Beta vulgaris* var. *cicla* Farmed in Freshwater and Saltwater Aquaponic Systems." *Water* 8(10), p. 423, 2016.

PANTANELLA, E.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.; REA, E.; MARCUCCI A. Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. **Acta Horticulturae**, p. 887-893, 2012.

PAULUS, D.; NETO, D. D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010.

PERSON-LE RUYET J; LABBÉ L; LE BAYON N; SÉVÈRE A; LE ROUX A; LE DELLIQU H; AND QUÉMÉNER L. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquatic Living Resources** 21: p.185–195, 2008.

QUEIROZ, J. F de; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. **S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna. p.29, 2017.

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

RACKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Tem Guidelines for Aquaponic Systems. **Aquaponics Journal**, v.46, p.14-17, 2007.

ROOSTA, H.R.; MOHSENIAN, Y. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. **ScientiaHorticulturae**, v. 146, p. 182-191, 2012.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza: UFC, p. 218, 2012.

SILVA, M. A.; DE ARAÚJO, R. R. Análise temporal da qualidade da água no córrego limoeiro e no rio Pirapozinho no Estado de São Paulo-Brasil. **Formação (Online)**, v. 1, n. 24, 2017.

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**, p.589, 2014.

TYSON, R.V. et al. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **Hortscience**, v.43, p. 719-724, 2008.

TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., WHEATON, F.W., SUMMERFELT, S.T., VINCI, B.J. **Recirculating Aquaculture Systems**, Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, 2nd. ed. NY. 2002.

VENANCIO, D. F. V., SANTOS, R. M., CASSARO, S., PIERRO, P. C. C. A crise hídrica e sua contextualização mundial. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11, n. 22, p.2-10, 2015.

YILDIZ, H.Y., ROBAINA, L., PIRHONEN, J., MENTE, E., DOMÍNGUEZ, D., PARISI, G. **Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces – a review** *Water* (Switzerland), pp. 9-17, 2017.

WEBER-SCANNELL, P. K. DUFFY, L.K. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: a review of literature and recommendation for salmonid species. *American Journal of Environmental Sciences*, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2007.

ZOU, Y., HU, Z., ZHANG, J., XIE, H., GUIMBAUD, C., FANG, Y. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. **Bioresour. Technol.** p. 81–87, 2016.