

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA AQUAPÔNICO
NO CERRADO**

Autora: Jaqueline Aparecida Batista Soares
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Coorientador: Dr. Vitor Marques Vidal

Rio Verde – GO
agosto – 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA AQUAPÔNICO
NO CERRADO**

Autora: Jaqueline Aparecida Batista Soares
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Coorientador: Dr. Vitor Marques Vidal

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
agosto – 2021

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

SO676 Soares, Jaqueline Aparecida Batista
p Produção de rúcula em sistema aquapônico no Cerrado
/ Jaqueline Aparecida Batista Soares; orientador
Leonardo Nazário Silva dos Santos; co-orientador
Vitor Marques Vidal. -- Rio Verde, 2021.
56 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação
em Ciências Agrárias - Agronomia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Eruca sativa. 2. Aquaponia. 3. Crescimento e
desenvolvimento. 4. Produção sustentável. 5.
Reciclagem de nutrientes. I. Santos, Leonardo
Nazário Silva dos , orient. II. Vidal, Vitor Marques
, co-orient. III. 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 checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Jaqueline Aparecida Batista Soares

Matrícula: 2019102310140040

Título do Trabalho: Produção de rúcula em sistema aquapônico no Cerrado

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20/10/2021

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, 10/09 /2021.


Local

Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



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

Documentos 82/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA AQUAPÔNICO NO CERRADO

Autora: Jaqueline Aparecida Batista Soares
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Coorientador: Dr. Vitor Marques Vidal

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em
Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADO em, 13 de agosto de 2021.

Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos (Presidente)
Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador interno)
Prof. Dr. Luan Peroni Venancio (Avaliador externo)
Prof. Dr. Wilker Alves Morais (Avaliador interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wilker Alves Morais, Wilker Alves Morais - 234520 - Docente do ensino superior na área de prática de ensino - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 16/08/2021 14:31:53.
- **Luan Peroni Venancio, Luan Peroni Venancio - Aluno Bolsista - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 16/08/2021 14:15:37.
- **Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - UCPG-RV**, em 16/08/2021 14:12:35.
- **Leonardo Nazario Silva dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/08/2021 14:09:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/08/2021. 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: 299713
Código de Autenticação: ede29a69ee



DEDICO

A Deus,

Pela vida, saúde e força nos momentos de dificuldades.

OFEREÇO

À minha família,

Aos meus queridos pais, Dulce Helena Batista do Santos e Manoel Afonso Soares de Jesus, por todo amor e confiança que depositaram em mim e, por apesar dos sacrifícios não desistirem de apoiar a minha educação. Aos meus irmãos, Kátia Batista Soares Silva e Afonso Henrique Batista Soares, por estarem ao meu lado sempre que precisei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus Pai, Filho e Espírito Santo, pelo dom da vida, por ser meu porto seguro e fortaleza em todos os momentos da minha existência.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos, de maneira especial, aos amigos e colegas de laboratório, Leydiane Dias, Vitor Vidal, Laura Campos, Wilker Alves Moraes, Leonardo Dantas, Caroliny Paixão, Luiz Fernando Gomes, Caroliny Loureiro, Fernando Nobre e a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, pelos incentivos constantes, apoio e amizade dispensados ao longo de todo curso de pós-graduação, cuja contribuição através de discussões e troca de experiência foi de grande importância e relevância. Em especial, ao meu namorado Luiz Fernando Gomes, por estar ao meu lado sempre que precisei, desde o início desta caminhada, por todo carinho, atenção e compreensão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, todo pessoal envolvido (Diretoria, coordenação, secretaria etc.), ao IF Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e suporte concedido para a realização desse curso de pós-graduação e pelo desenvolvimento deste trabalho.

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 e orientação e ensinamentos ao longo da execução deste trabalho e sobretudo pela valiosa demonstração de amizade no decorrer desta caminhada.

As empresas Alevinos Rio Verde e a Rações Comigo. Aos funcionários de todos Departamento da Instituição, pela atenção e colaboração nos momentos em que necessitei de auxílio para continuar nesta caminhada. Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de estudo, pelas verbas de auxílio financeiro ao projeto e fomento à pesquisa de maneira geral.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JAQUELINE APARECIDA BATISTA SOARES, filha de Dulce Helena Batista dos Santos e Manoel Afonso Soares de Jesus, nasceu no dia 04 de janeiro de 1996, na cidade de Turvelândia, Goiás.

No ano de 2014, iniciou no curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Goiás – Campus Santa Helena de Goiás – GO, graduando-se em 2018.

Em 2015, durante o curso superior ingressou na Iniciação Científica (IC) na área de Recurso Hídricos, como bolsista (PIBIC), sob a orientação do Professor Dr. Pedro Rogério Giongo, até o ano de 2017.

Em abril de 2019, iniciou no curso de mestrado no Programa de Pós- Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação do Professor Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, concluindo em agosto de 2021.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	xii
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
1.1 Aquaponia.....	19
1.2 Rúcula.....	20
1.3 Referências bibliográficas	21
2. OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo Geral	24
3. CAPÍTULO I	25
3.1 INTRODUÇÃO.....	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.2.1 Área Experimental.....	28
3.2.2 Delineamento Experimental.....	29
3.2.3 Implantação e condução experimental	29
a. Produção das mudas	31

b.	Formulação da solução nutritiva	32
c.	Análise da qualidade da água	33
d.	Inserção dos peixes no Tanque.....	33
e.	Manejo do Sistema	33
3.2.4	Variáveis analisadas	34
3.2.5	Declaração de ética.....	34
3.2.6	Análises Estatísticas	35
3.3	RESULTADOS	35
3.3.1	Experimento 1	35
3.3.2	Experimento 2	42
3.4	DISCUSSÃO	51
3.5	CONCLUSÕES	54
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Nutrientes utilizados e as respectivas ordem de diluição para a formulação da solução nutritiva.....	33
Tabela 2. Caracterização da qualidade de água dos sistemas de aquapônicos.	33
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da raiz (MSR) para plantas de rúcula de sistema aquapônico.	36
Tabela 4. Desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de variedade de rúcula e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	37
Tabela 5. Desdobramento de densidade de peixes dentro de cada nível de volume de material filtrante e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula.	38
Tabela 6. Desdobramento da variedade de rúcula dentro de cada nível de volume de material filtrante e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	40

Tabela 7. Desdobramento da interação de variedade x peixe para a variável massa fresca das folhas (MFF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	41
Tabela 8. Desdobramento da interação de densidade peixe x variedade para a variável massa fresca das folhas (MFF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico...	41
Tabela 9. Teste de média para a variável número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	41
Tabela 10. Teste de média para a variável número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	42
Tabela 11. Teste de média para as variáveis número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	42
Tabela 12. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da raiz (MSR) para plantas de rúcula de sistema aquapônico.	44
Tabela 13. Desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de densidade de peixe e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.	45
Tabela 14. Desdobramento de densidade de peixe volume dentro de cada nível de volume de material filtrante e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.	47
Tabela 15. Desdobramento da variedade de rúcula dentro de cada nível de volume de material filtrante e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.	48
Tabela 16. Desdobramento da interação do volume de material filtrante X densidade de peixe para a variável massa seca da raiz (MSR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.	49
Tabela 17. Desdobramento da interação de densidade de peixe X volume de material filtrante para a variável massa seca da raiz (MSR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	50
Tabela 18. Desdobramento da interação de variedade x peixe para a variável número de plantas (NP) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	50

Tabela 19. Desdobramento da interação de peixe x variedade para a variável número de plantas (NP) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	50
Tabela 20. Teste de média para a variável massa seca das folhas (MSF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	51
Tabela 21. Teste de média para a variável massa seca das folhas (MSF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Valores de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa, na área experimental durante o período decorrente do experimento.	29
Figura 2. Esquematização parcial dos sistemas aquapônico (vista frontal).....	30
Figura 3. Sistemas de aquaponia local que foi desenvolvido o estudo.....	30
Figura 4. Bomba de ar do sistema de aquaponia.	31
Figura 5. A) Semeadura da rúcula em espuma fenólica; B) Irrigação das mudas de rúcula com solução nutritiva; C) Inserção das mudas no sistema hidropônico; D) Transplântio das mudas para os sistemas aquapônicos.....	32

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado
AP	Altura de planta
CR	Comprimento da raiz
MFF	Massa fresca das folhas
MFR	Massa fresca da raiz
MSF	Massa seca das folhas
MSR	Massa seca da raiz
NP	Número de planta
NF	Número de folhas
OD	Oxigênio dissolvido
RAS	Sistema de recirculação de água

RESUMO

SOARES, JAQUELINE APARECIDA BATISTA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto, 2021. **Produção de rúcula em sistema aquapônico no Cerrado**. Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, coorientador: Dr. Vitor Marques Vidal.

O rápido crescimento populacional tem estimulado o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis voltadas a produção de alimentos. Neste cenário, o sistema aquapônico surge como destaque, haja vista que ele permite otimizar o uso do solo e da água para a produção de alimentos. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produção de rúcula em sistema de aquapônico, com diferentes densidades de peixes nos tanques de produção e volume de material filtrante. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. Foi adotado delineamento experimental em blocos ao acaso, montado em esquema fatorial 3 x 2 x 2, com três repetições, totalizando em 36 parcelas experimentais. Sendo três densidades de peixes (20, 40 e 60 peixes caixa⁻¹), dois volumes de material filtrante (40 e 60 L biofiltro⁻¹) no primeiro experimento e (50 e 70 L biofiltro⁻¹) no segundo; e duas variedades de rúcula (Cultivada gigante folha larga; e Cultivada). Avaliou-se a altura de plantas, número de folhas, número de plantas, comprimento da raiz, massa fresca das folhas, massa fresca das raízes, massa seca das folhas e massa seca das raízes. O volume do material filtrante de 70 L junto a densidade de estocagem de 40 peixes proporcionou melhor rendimento da cultura da rúcula para o segundo experimento. Independente do volume de material filtrante utilizado (40 e 60 L) a densidade de estocagem de 40 peixes junto a variedade de rúcula Cultivada proporciona maior massa fresca das folhas (produção) no primeiro experimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Eruca sativa*, aquaponia, crescimento e desenvolvimento, produção sustentável, reciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

SOARES, JAQUELINE APARECIDA BATISTA. Federal Goiano Institute – Campus Rio Verde – GO, august, 2021. **Production of arugula in an aquaponic system in Savanna.** Advisor: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, Co-advisor: Dr. Vitor Marques Vidal.

The rapid population growth has stimulated the development of sustainable technologies aimed at food production. In this scenario, the aquaponics system emerges as a highlight, given that it allows to optimize the use of soil and water for food production. Thus, the objective of this study was to evaluate the vegetative development and the arugula production in an aquaponic system, with different densities of fish in the production tanks and volume of filtering material. The experiment was carried out at the experimental station of the Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. The experimental design was an randomized blocks, set up in a 3 x 2 x 2 factorial scheme, with three replications, totaling 36 experimental plots. With three fish densities (20, 40 and 60 fish per box), two volumes of filter material (40 and 60 L per biofilter) in the first experiment; and (50 and 70 L per biofilter) in the second one; and two varieties of arugula (cultivated giant broadleaf and cultivated). Plant height, number of leaves, number of plants, root length, fresh mass of leaves, fresh mass of roots, dry mass of leaves and dry mass of roots were evaluated. The filter material volume of 70 L together with the stocking density of 40 fish provided the best arugula crop yield for the second experiment. Regardless of the filtering material volume used (40 and 60 L), the stocking density of 40 fish together with the cultivated arugula variety provides greater leaf fresh mass (production) in the first experiment.

Keywords: *Eruca sativa*, aquaponics, growth and development, sustainable production, nutrient recycling.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O constante crescimento da população mundial, vem impulsionando o desenvolvimento de atividades econômicas para a produção de alimentos. Atualmente, a população mundial é estimada em 7,7 bilhões, com projeção de aproximadamente 9,6 bilhões até 2050 (ONU, 2020). Atrelado ao crescimento populacional, surgem preocupações tanto pelo aumento na demanda de alimentos como nos impactos no uso do solo e água. Esses fatores geram conflitos, principalmente pelo uso da água, e vários países buscam medidas mais sustentáveis do uso desse recurso.

Visto que escassez de água potável é um problema global, processos mais eficientes, principalmente na produção de alimentos são de suma importância. A agricultura é considerada o setor de mais utiliza água (ENTEZARI et al., 2019), deste modo, a busca de alternativas que possibilitam a diminuição do consumo da água para a geração de um produto, é de grande importância para o desenvolvimento sustentável ambiental da agricultura.

Uma das alternativas desenvolvidas como forma de maximizar o uso da água, é a reutilização de efluentes provenientes da aquicultura no setor agrícola. A aquicultura é um dos setores que mais cresce no mundo, sendo a piscicultura o grande destaque do setor no quesito produção (FAO, 2021). No Brasil o clima favorável e o crescente mercado interno são fatores que viabilizam o rápido crescimento dessa área (EMBRAPA, 2020). A piscicultura consiste na criação de peixes em ambientes naturais e artificiais, seja para consumo ou para fins ornamentais (VALENTI et al., 2021).

Na piscicultura são gerados grande quantidade de efluentes, que são ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que quando descartados em corpos hídricos sem o tratamento prévio pode provocar a eutrofização do ambiente (VAROL, 2019). A eutrofização ocorre pelo elevado enriquecimento de nutrientes, proporcionando muito crescimento na biomassa fitoplânctônica e baixos níveis de oxigênio dissolvido, deixando o corpo hídrico com coloração turva (OLIVEIRA et al., 2020). Diante desse problema, foram desenvolvidos sistemas para reaproveitamento e ciclagem de nutrientes presentes nos efluentes, essas técnicas foram consolidadas a partir do desenvolvimento de sistemas de recirculação de água denominados (RAS) combinados com sistemas aquapônico.

A aquaponia é conhecida pelo uso otimizado da água e solo para produção de peixes e plantas hidropônicas, podendo descartar ou minimizar a necessidade do uso de fertilizantes sintéticos. De forma simplificada, a aquaponia é mantido por meio do RAS, que utiliza os dejetos dos peixes como fertilizantes naturais para a produção de plantas hidropônicas, em contrapartida as plantas são responsáveis pela absorção de nutrientes, mantendo a qualidade da água adequada para a manutenção do sistema.

A produção aquapônica vem sendo amplamente utilizado em escala domiciliar (pequeno produtor), permitindo maior diversificação da renda e menor custo de produção. Porém, ela também pode ser utilizada em grande escala, pois apresenta equilíbrio biológico no decorrer da produção, prevenindo o aparecimento de pragas e problemas comuns dos cultivos tradicionais (GEISENHOFF et al., 2016). Com isso, a produção alimentícia em sistema aquapônico se destaca como um método de produção sustentável.

Com os crescimentos dos índices produtivos e intensificação na criação de animais, elevam-se os questionamentos quanto à geração de resíduos produzidos no processo de produção agropecuária. Este crescimento é importante para atender as demandas de proteína animal pela crescente população mundial, contudo, devendo adotar novas tecnologias para melhorar o desempenho ambiental e econômico dessas atividades.

Nesse sentido, considerando as vantagens do sistema de aquaponia acima apresentadas e a necessidade de sistemas produtivos com menor impacto ambiental, são necessários estudos que busquem identificar culturas que se adaptam a este tipo de sistemas, como por exemplo a cultura da rúcula.

1.1 Aquaponia

Aquaponia é um sistema integrado que combina a aquicultura com a hidroponia (HASAN et al., 2017). Sendo uma técnica que ocasiona menor impacto ambiental que a aquicultura e agricultura convencional. Geralmente, os sistemas aquapônico são constituídos por um tanque de cultivo de peixes, decantador, filtro biológico e cama de cultivo dos vegetais.

Nos sistemas aquapônico acoplados, ocorre recirculação contínua da água através dos diferentes componentes do sistema. A água proveniente do tanque de peixes contendo resíduos metabólicos passa por um decantador que captura os resíduos sólidos. Em seguida, o efluente passa por um filtro biológico que consiste em um transportador biológico que forneça área de superfície e ambiente favorável para a proliferação de

bactérias nitrificantes que converterem os resíduos dos peixes em nutrientes acessíveis às plantas (DUAN et al. 2006). As bactérias nitrificantes sofrem nitrificação auxiliando na conversão dos excrementos tóxicos oriundos dos peixes e sobras de ração em fertilizantes vegetais, a partir desses materiais ocorre a derivação da amônia, que logo após é convertida em nitrito, e em seguida, em nitrato (SCHREIER et al., 2010). Este último, torna-se então a fonte de nutrientes acessíveis para o cultivo de plantas (SCHMAUTZ et al., 2017). Após esse ciclo a água finalmente retorna com melhor qualidade para o tanque de peixes.

Carneiro et al. (2015) relataram que a quantidade de plantas cultivadas em sistema aquapônico está diretamente relacionada a quantidade de ração adicionada, que também influenciará na densidade de estocagem de peixes em kg m^{-3} , assim, 25 a 40 g de ração adicionadas diariamente aos peixes vão fornecer em média nutrientes para 1 m^2 de produção vegetal. De acordo com Caló, (2011) para definir a boa combinação entre espécie de peixe e de planta para o cultivo em sistema aquapônico o ideal é buscar encaixar parâmetros, como faixa ideal de pH e temperaturas semelhantes, para beneficiar a sinergia entre os dois cultivos.

Yep e zheng, (2019) afirmaram que cultivo aquapônico possui inúmeros vantagens, tais como, alta eficiência no uso da água, redução do uso de fertilizantes sintéticos, descarte do uso de defensivos agrícolas, otimização do uso e ocupação do solo, reduz a descarga de efluentes e possibilita a diversificação de cultivo e aumenta a produtividade por unidade de área. Permitindo o cultivo de vários tipos de hortaliças, tais como, manjericão, alface, agrião, rúcula e outros.

1.2 Rúcula

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa com origem na região mediterrânea, e pertence à família da Brassicaceae. É uma planta de porte baixo, com folhas relativamente espessas e subdivididas, o limbo tem cor verde-clara e as nervuras verde-arroxeadas. A espécie foi introduzida no Brasil por imigrantes italianos, e logo seu consumo se espalhou por várias regiões brasileiras, sendo o Sudoeste e o Sul os maiores consumidores dessa hortaliça (SOUZA FILHO; GANZO; KREUTZFELD, 2021). Essa hortaliça é muito apreciada pelo sabor picante e cheiro agradável e acentuado, e por ser rica em sais minerais, ferro, cálcio e vitaminas A e C.

Devido ao aumento no consumo de hortaliças nos últimos anos, a produção e utilização da rúcula no país cresceu, de acordo com o Censo Agropecuário do Instituto

Brasileiro de Geoestatística e Educação (IBGE, 2017), 40.527 toneladas de rúcula foram produzidas em 20.567 estabelecimentos agrários do país no ano de 2016, demonstrando a relevância econômica dessa hortaliça pela extensão da sua área cultivada, logo, essa hortaliça possui valor agregado variando de R\$1,99 a R\$4,99. De acordo com Trani et al. (1992), para o bom desenvolvimento da planta, o cultivo deve ser realizado com temperaturas entre 15 e 18°C, sendo que a melhor época de plantio ocorre durante o outono ou inverno. Apesar de se desenvolver melhor sob baixas temperaturas a rúcula têm sido cultivada em numerosas regiões durante diversas épocas do ano.

A cultura da rúcula apresenta bom desenvolvimento em solos estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e com umidade adequada, e possui exigência nutricional principalmente em nitrogênio, cálcio, fósforo e potássio. Sendo o nitrogênio o exigido em maior quantidade, a dose apropriada de nitrogênio auxilia no crescimento e desenvolvimento vegetativo, acúmulo de assimilados e o aumento da aérea foliar (CRIVELARE et al., 2021).

Apesar dos fertilizantes sintéticos serem frequentemente utilizado na agricultura, nos últimos anos a busca por metodologias de cultivo mais sustentáveis vem crescendo progressivamente, aumentando a procura por insumos alternativos e menos agressivos ao meio ambiente. Em alguns países, os produtores de hortaliças visam ampliar a produção, e obter produção sustentável, aderindo ao cultivo aquapônico. De modo que, esse método de cultivo proporcione o crescimento de safras sem solo, pesticidas ou fertilizantes e com o uso mínimo de água.

1.3 Referências bibliográficas

ABBASI, R.; MARTINEZ, P. AHMAD, A. An ontology model to support the automated design of aquaponic grow beds. **Procedia CIRP**, v.100, p.55-60, 2021.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Uso da água na agricultura Irrigada**, 2019. Disponível em:< ana.gov.br/usuarios-da-agua/irrigacao>. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

BAZRAFESHAN, O.; ZAMANI, H. ETEDALI, H. R.; DEHGHANPIR, S. Assessment of citrus water footprint components and impact of climatic and non-climatic factors on them. **Scientia Horticulturae**, Qazvin, Irã, v. 250, p. 344-351, 2019.

CALÓ, P. Introducción a la acuaponía. Argentina: Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Ministério de Agricultura, **Ganaderia y Pesca**, 2011.

CARNEIRO, P. C. F., NUNES, M. U. C., MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção CRIVELARE, A. D.; CORRÊA; J. S.; SILVA; C. P. Desenvolvimento de mudas de alface e rúcula tratadas com biofertilizante de extrato de algas. **Cientific@ Multidisciplinary Journal**, v.8 n.1 p.1-10, 2021.

DUAN, H.; KOE, LCC.; YAN, R.; CHEN, X. Biological treatment of H₂S using pellet activated carbon as a carrier of microorganisms in a biofilter. **Water Research**, v.40, n.14, p. 2629-2636, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados**. Palmas – TO, 1^o edição, p. 1-40, 2020.

ENTEZARI, A.; WANG, R. Z.; ZHAO, E.; MAHDINIA, J. Y.; WANG, Y. D.; TU, D. E.; HUNAG, D. F. Sustainable agriculture for water-stressed regions by air-water-energy management. **Energy**, Shanghai – China, v. 181, p. 1121-1128, 2019.

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Notícias**, 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1371997//>>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

GEISENHOFF, 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.

HASAN, Z.; DHAHIYAT, Y.; ANDRIANI, Y.; ZIDNI, I. Water quality improvement of Nile tilapia and catfish polyculture in aquaponics system. **Nusantara Bioscience**, v. 9, n.1, p. 83-85, 2017.

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

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017.
integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, 2015.

ISO – Organização Internacional de Normalização. **ISO - ISO 14046/2014**, Gestão ambiental - Pegada hídrica - Princípios, requisitos e diretrizes. 2014. Disponível em:<<https://www.iso.org/standard/43263.html>>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; FIALA, M. Water Footprint of crop productions: A review. **Science of the total environment**, Milão – Itália, v. 548-549, p. 236-251, 2016.

MATEUS, J. Aquaponia: Hidroponia e Aquicultura, sistema integrado de produção de alimentos. **Red Hidroponía Boletín**, v.44, p.7-10, 2009.

ONU – Organização das Nações Unidas. **População mundial**, 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

REN, D.; YANG, Y.; YANG, Y. RICHARDS, K. ZHO, X. Land-Water-Food Nexus and indications of crop adjustment for water shortage solution. **Science of the Total Environment**, China, v. 626 p. 11-21, 2018.

SCHMAUTZ, Z.; GRABER, A.; JAENICKE, S.; GOESMANN, A.; JUNGE, R.; SMITS, THM. Microbial diversity in different compartments of an aquaponics system. **Archives of Microbiology**, v.199, n.4, p. 613-620, 2017.

SCHREIER, H. J.; MIRZOYAN, SAITO, N. K. Microbial diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems. **Current Opinion In Biotechnology**, v.21, n.3, p.318-325, 2010.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. de O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. de. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 17 n.1, p. 100-105, 2013.

SOUSA FILHO, L. N.; GANZO, B. S.; KREUTZFELD L. Desempenho agrônômico de rúcula (*Eruca sativa* L.) em diferentes manejos da cobertura de solo. **Research, Society and Development**, v. 10, n.2, 2021.

THORARINSDOTTIR, R. I. Aquaponics Guidelines, University of Iceland, Iceland, 2015. Disponível em <http://skemman.is/en/stream/get/1946/23343/52997/1/Guidelines_Aquaponics_20151112.pdf>.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. Cultura da rúcula. **Boletim técnico 146**, Campinas, p.8, 1992.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, Amsterdã, v. 19, p. 1-18, 2021.

VAROL, M. Impacts of cage fish farms in a large reservoir on water and sediment chemistry. **Environmental Pollution**, Malatya – Turquia, v. 252, p. 1448-1454, 2019.
YEP, B.; ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges – A review. **Journal of Cleaner Production**, v.228, n.10 p.1586-1599, 2019.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento e produção de variedades de rúcula em sistema aquapônico, com diferentes densidades de peixes nos tanques de produção e volume de material filtrante no filtro biológico.

3. CAPÍTULO I

PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA AQUAPÔNICO COM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM DE PEIXES E VOLUMES DE MATERIAL FILTRANTE

RESUMO

A inviabilidade de abertura de novas áreas, bem como o uso limitado de recursos como a água, faz com que os setores responsáveis por produção de alimentos sejam forçados a desenvolver métodos de cultivo eficientes, visando contornar estes desafios. Desse modo, objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produção de plantas de rúcula em sistema aquapônico, com diferentes densidades de peixes e volume de material filtrante. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. Foi adotado delineamento experimental em blocos ao acaso, montado em esquema fatorial 3 x 2 x 2, com três repetições, totalizando em 36 parcelas experimentais. Sendo três densidades de peixes, dois volumes de material filtrante e duas variedades de rúcula. No final do ciclo foi analisado a altura de plantas, número de folhas, número de plantas, comprimento da raiz, massa fresca das folhas, massa fresca das raízes, massa seca das folhas e massa seca das raízes. Independentemente da variedade de utilizada (Cultivada gigante folha larga e Cultivada) o volume do material filtrante de 70 L junto a densidade de estocagem de 40 peixes proporciona a maior altura de plantas, número de folhas, comprimento da raiz, massa fresca das folhas e massa fresca da raiz e massa seca da raiz no final do ciclo da rúcula. E, para o segundo ciclo, observou-se que independente dos fatores estudados a densidade de estocagem de 40 peixes proporciona maior massa fresca das folhas (produção).

Palavras-chave: *Eruca sativa*, *Oreochromis niloticus*, Aquaponia, Reaproveitamento de resíduos.

ABSTRACT

The impossibility of opening new areas, as well as the limited use of resources such as water, forced the sectors responsible for food production to develop efficient cultivation methods, to overcome these challenges. Thus, the objective was to evaluate the vegetative development and production of arugula plants in an aquaponic system, with different fish densities and filtering material volume. The experiment was carried out in the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO. A randomized block design was used, set up in a 3 x 2 x 2 factorial scheme, with three replications, totaling 36 experimental plots. With three fish densities, two volumes of filter material and two arugula varieties. At the end of the cycle, plant height, number of leaves, number of plants, root length, fresh mass of leaves, fresh mass of roots, dry mass of leaves and dry mass of roots were analyzed. Regardless of the used variety (Cultivated Giant Broadleaf and Cultivated) the material filter volume of 70 along with the stocking density of 40 fish offers the highest plant height, leaf number, root length, fresh leaf mass and mass root freshness and root dry mass at the end of the arugula cycle. And for the second cycle, it was observed that, regardless of the factors studied, the stocking density of 40 fish offers greater fresh mass of leaves (production).

Keywords: *Eruca sativa*, *Oreochromis niloticus* Waste reuse, aquaponics.

3.1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional ocorre de forma acelerada no mundo, conseqüentemente vem contribuindo para o aumento da demanda de água, alimentos, energia e recursos naturais. Esse fato tem gerado exigência cada vez maior da otimização e sustentabilidade para a produção dos bens de consumo (CARVALHO et al., 2017). Nesse contexto, a produção de alimentos vem passando por várias transformações, com uso de sistemas mais eficientes, emprego de novas tecnologias e desenvolvimento de modelos produtivos que visam a produção mais sustentável.

O desenvolvimento de sistemas de produção intensivos em aquicultura e hortaliças hidropônicas são promissoras para atender a segurança alimentar e hídrica. Esses métodos operam com o sistema de recirculação de água que garantem maior produção e maior eficiência no uso de insumos e água. Dentre as alternativas de produção sustentável que vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos, a aquaponia se destaca por permitir a produção de dois ou mais produtos dentro de um único sistema.

Aquaponia é uma técnica agrícola de produção de alimentos que combina a aquicultura e a hidroponia em um sistema integrado em simbiose, ou seja, cada organismo traz benefícios ao outro (BAILLEY; FERRAREZI, 2017). Este sistema é constituído por tanque de peixes, decantador, filtro biológico e calhas hidropônicas projetados para que ocorra a recirculação de água. Dessa forma, os dejetos dos peixes passam por conversão metabólica resultando em nutrientes para as plantas, os quais são absorvidos no decorrer da recirculação da água.

Além do uso sustentável de nutrientes, estima-se que a produção em sistema aquapônico reduz em até 90% o uso de água em relação à agricultura convencional (EMBRAPA, 2015). Nesse sentido, a aquaponia se torna um sistema produtivo ambientalmente correto, já que a água da piscicultura possui grande carga de nutrientes resultantes dos dejetos dos peixes e do excedente de ração, principalmente nitrogênio e fosforo. Logo, a piscicultura é considerada uma atividade com potencial de impactar negativamente, o meio ambiente, já que pode prejudicar a qualidade da água por meio da eutrofização dos corpos hídricos (CARDOSO; EL-DEIR; CUNHA, 2016).

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). Diante dessa demanda e da possibilidade de desenvolvimento com menor exigência nutricional, as folhosas são

consideradas as plantas ideais para cultivo aquapônico, podendo ser citadas como exemplo: alface, rúcula, agrião, chicória, manjeriço, etc. Dentre elas, a rúcula (*Eruca sativa L.*) pertence ao grupo de folhosas mais populares no Brasil, sendo uma das mais indicadas por profissionais da saúde com alimentos essenciais para uma alimentação saudável, possui vitaminas, sais minerais e fibras alimentares.

Muitos estudos destacam a importância do aproveitamento de resíduos de diversos sistemas produtivos na produção de alimentos, como forma de reciclagem desses materiais de modo sustentável na agricultura, proporcionando impacto positivo no setor agrônomo, social e econômico (CORREA et al., 2019). Porém, cumpre destacar que a escassez de estudos sobre o sistema aquapônico em regiões brasileiras de clima tropical, torna-se gargalo para o emprego e expansão do uso da técnica.

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produção de plantas de rúcula em sistema de aquapônico, com diferentes densidades de peixes e volume de material filtrante.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. 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 é de 23°C e a precipitação média anual é de 1612,9 mm anuais (INMET, 1981-2010) (Figura 1). O primeiro experimento foi conduzido entre os meses de abril e maio, e o segundo experimento entre os meses de novembro e dezembro de 2021.

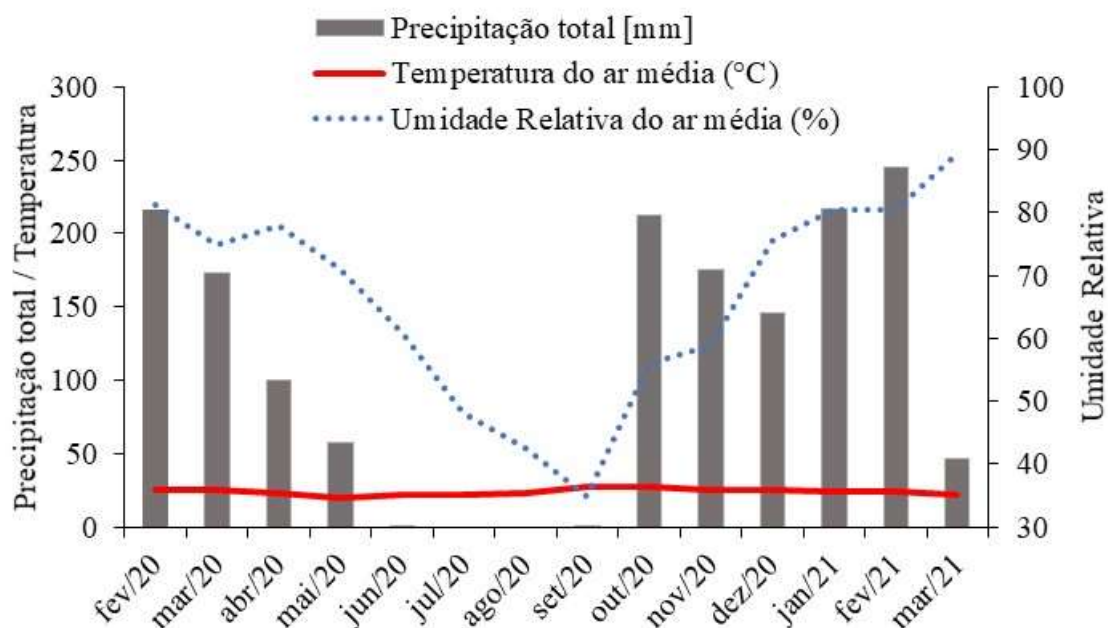


Figura 1. Valores de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa, na área experimental durante o período decorrente do experimento.

Fonte: Estação meteorológica do Instituto Federal Goiano.

3.2.2 Delineamento Experimental

Foi adotado delineamento experimental em blocos ao acaso, montado em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$, com três repetições, totalizando em 36 parcelas experimentais. Sendo três densidades de peixes (20, 40 e 60 peixes caixa⁻¹), dois volumes de material filtrante (40 e 60 L biofiltro⁻¹) e duas variedades de rúcula (Cultivada gigante folha larga; e Cultivada).

O experimento foi realizado duas vezes a fim de se obter maior confiabilidade dos dados. Salienta-se que houve ligeira alteração entre os experimentos estudados, no primeiro experimento, utilizou-se os volumes de material filtrante de 40 e 60 L, e no segundo experimento, adotou-se os volumes de 50 e 70 L.

3.2.3 Implantação e condução experimental

Inicialmente a área experimental foi 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. Em cada sistema foi instalado 6 calhas hidropônicas de PVC com 6 m de comprimento, contendo 20 furos cada de 50 mm de diâmetro, com espaçamento entre furos de 25 cm.

Também foi montado um sistema hidropônico constituído por um tanque de 1 m³, 25 calhas hidropônicas de 6 m com 53 furos de 32 mm de diâmetro, com espaçamento entre furos de 10 cm. Foi realizado a instalação de uma bomba hidráulica para realizar a recirculação da água no sistema.

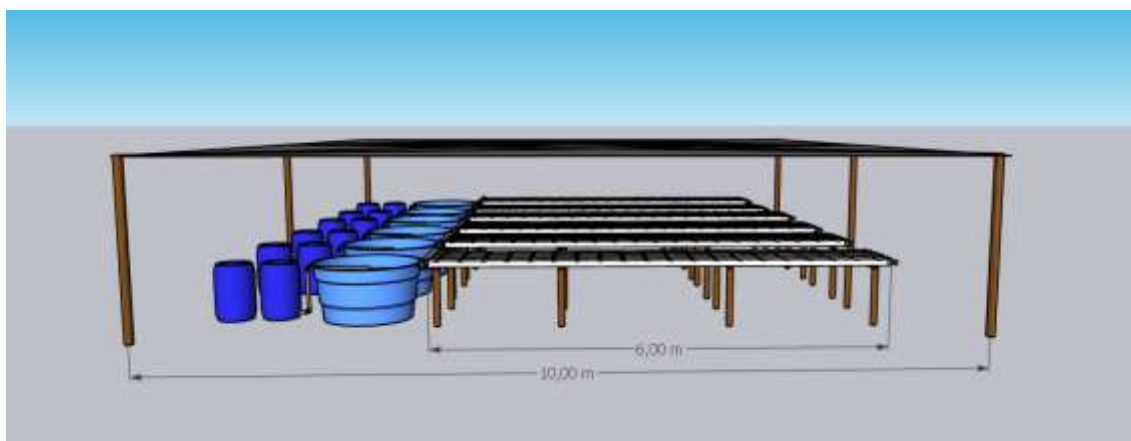


Figura 2. Esquematização parcial dos sistemas aquapônico (vista frontal).



Figura 3. Sistemas de aquaponia em que foi desenvolvido o estudo.

O material filtrante utilizado foi a argila expandida, que é um agregado leve que possui forma arredondadas, com 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 (Figura 2), 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 4. Bomba de ar do sistema de aquaponia.

a. Produção das mudas

A semeadura foi realizada em espuma fenólica, um tipo de substrato criado à base de resina fenólica, sendo um material estéril para não interferir na absorção dos nutrientes das plantas. Cada bandeja de espuma fenólica possui 345 células. A espuma fenólica foi previamente lavada com água corrente para eliminar possíveis contaminações

Foram utilizadas sementes nuas de rúcula da variedade Cultivada gigante folha larga e da variedade Cultivada, ambas da empresa ISLA. Semeadas em células de espuma fenólica, com dimensões de $1,9 \times 1,9 \times 2,0 \text{ cm}$ e 13 mm de diâmetro de cavidade. Em cada célula foram colocadas a cerca de 18 sementes, após a semeadura o material foi coberto durante 72h e mantidos em casa de vegetação no período de 7 dias, durante esse período as bandejas foram irrigadas 3 vezes ao dia com solução nutritiva.

Após esse período as mudas foram transferidas para o sistema de hidroponia denominado “berçário” e ficou em solução nutritiva durante o período de 7 dias para o desenvolvimento das mudas de rúcula.

Foram distribuídas dez plantas por calha hidropônica, e combinadas três calhas de cada variedade por sistema aquapônico, totalizando sessenta plantas de rúcula por sistema aquapônico e 1080 mudas ao todo. As mudas foram transplantadas para o sistema aquapônico após 15 dias desde a semeadura. Na Figura 3 está representado algumas das etapas da produção das mudas de rúcula.

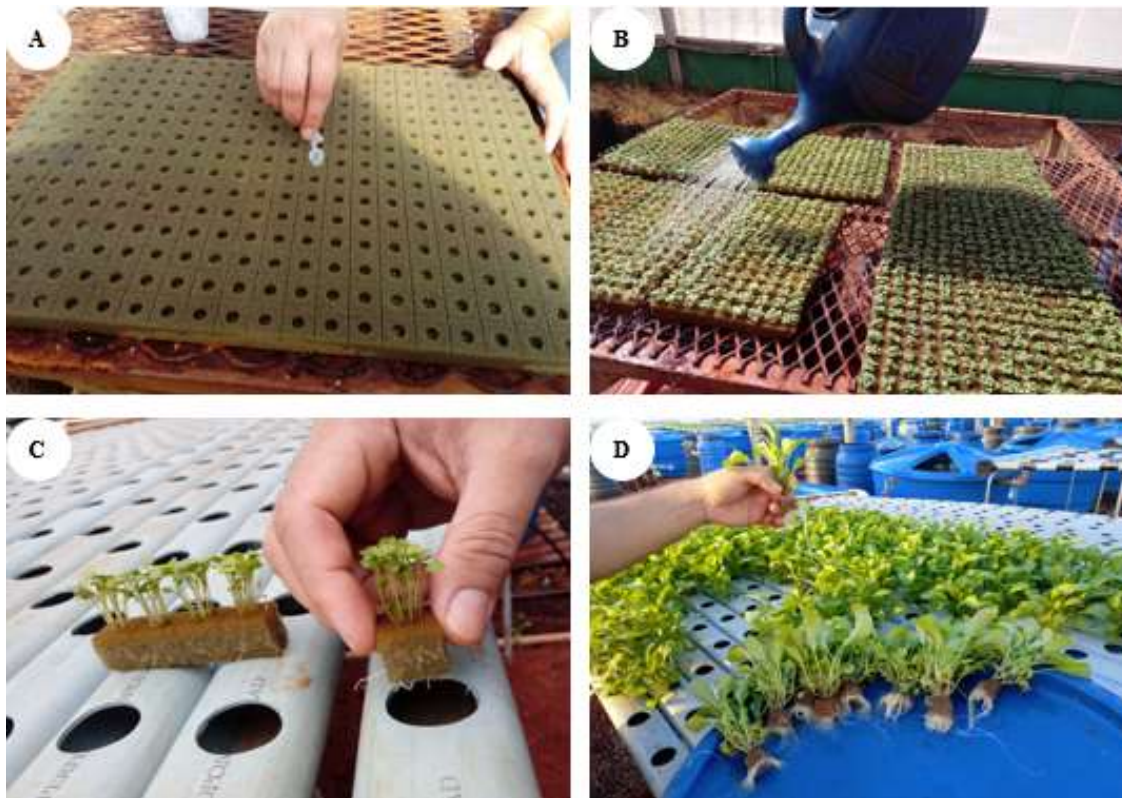


Figura 5. A) Semeadura da rúcula em espuma fenólica; B) Irrigação das mudas de rúcula com solução nutritiva; C) Inserção das mudas no sistema hidropônico; D) Transplântio das mudas para os sistemas aquapônicos.

b. Formulação da solução nutritiva

A solução nutritiva foi realizada de acordo com a recomendação de Furlani, (1997) para o cultivo de hortaliças em solução aquosa. Para compor a solução nutritiva foram utilizados os produtos listados na Tabela 1.

Tabela 1. Nutrientes utilizados e as respectivas ordem de diluição para a formulação da solução nutritiva.

Nutrientes utilizados no preparo da solução nutritiva		
Ordem de diluição	Nutrientes	g 1000 L ⁻¹
1	Nitrato de cálcio	950
2	Nitrato de potássio	500
3	Fosfato monoamônico	150
4	Sulfato de magnésio	400
5	Sulfato de cobre	0,15
6	Sulfato de zinco	0,5
7	Sulfato de manganês	1,5
8	Ácido bórico	1,5
9	Molibdato de sódio	0,15
10	Tenso ferro	30

c. Análise da qualidade da água

Foi realizado o monitoramento da qualidade da água com o intuito de manter os parâmetros físico-químicos da água adequados para o desenvolvimento das hortaliças, peixes e bactérias nitrificantes. Logo abaixo na Tabela 1 está apresentado a média desses valores.

Tabela 2. Caracterização da qualidade de água dos sistemas de aquapônicos.

Parâm./ Unid.	TEMP °C	pH -	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TBZ	OD	CE (mg L^{-1})	N	P	Fe
Exp. 1	21,24	7,85	585,64	3,29	6,07	585,64	32,73	0,46	0,04
Exp. 2	26,04	8,08	500,57	12,29	6,59	500,57	10,91	1,86	0,32

Exp.1= experimento 1; Exp.2= experimento 2; TEMP= temperatura; TBZ= turbidez; OD= oxigênio dissolvido; CE= condutividade elétrica; N= nitrogênio; P= fósforo; Fe= ferro.

d. Inserção dos peixes no Tanque

A espécie de peixe utilizada foi juvenil de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de 100 g. Foram submetidos a um período de aclimatação de 7 dias, e alimentados com rações comerciais extrusadas com 37% de proteína para onívoros, sendo fornecido *ad libitum*, duas vezes ao dia.

e. Manejo do Sistema

Durante a execução dos experimentos 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. Foi realizado o monitorado diariamente em três horários distintos, para investigar possíveis

vazamentos de água, entupimento do sistema hidráulico, nível da água nos filtros biológicos, funcionamento das bombas hidráulicas e vazão do sistema. 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.

3.2.4 Variáveis analisadas

Após trinta dias de cultivo, quando a planta já estava no ponto de colheita comercial, foi realizado a colheita de três plantas de cada cultivar e analisado a altura de plantas (AP, cm), número de folhas (NF), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR, cm), massa fresca das folhas (MFF, g), massa fresca das raízes (MFR, g), massa seca das folhas (MSF, g) e massa seca das raízes (MSR, g). Posteriormente, o mesmo procedimento foi repedido para o restante do estande.

A AP foi determinada utilizando fita métrica, na medida do caule até o ápice da folha completamente desenvolvida; o NF, foi determinado a partir da contagem das folhas verdadeiras totalmente expandidas; o NP, foi determinado a partir da contagens das plantas desenvolvidas em cada célula; o CR, foi determinado com o auxílio de uma fita métrica, na medida da base caulinar até a extremidade inferior da raiz; a MFF, foi determinada com auxílio de uma balança, a partir da aferição da massa fresca da parte aérea; a MFR, foi determinada com o auxílio de uma balança, a partir da aferição da massa fresca das raízes; a MSF e a MSR, foram determinadas após a secagem da parte aérea em estufa de circulação forçada de ar no período de 72 horas, à temperatura média de 65°C, até atingir a massa constante.

3.2.5 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, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

3.2.6 Análises Estatísticas

Os dados individuais de cada experimento foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Experimento 1

Na Tabela 3, são apresentados resultados obtidos para a altura de planta (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca raiz (MSR) de plantas de rúculas cultivadas em sistema aquapônico com densidades de peixes (Peixe) de 20, 40 e 60, com dois material filtrante (Biofiltro), 40 e 60 L e duas variedade de planta (Variedade), variedade Cultivada gigante folha larga e variedade Cultivada.

Para a interação tripla (Variedade x Peixe x Biofiltro), houve diferença significativa para as variáveis AP, NP CR e MFR. Houve efeito significativo entre os fatores Peixe x Biofiltro, para o CR. A interação entre os fatores Variedade x Peixe foi significativa para as variáveis AP, MFR, CR e MFF. O fator Peixe foi significativo para o NF, o fator Biofiltro para MFR, NF e CR, o fator Variedade foi para as variáveis NP, NF e CR.

Para as variáveis AP, NP, NF, CR, MFF, MSF e MSR o coeficiente de variação foi aproximadamente 10%. O coeficiente de variação para MFR foi de 16,15% (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da raiz (MSR) para plantas de rúcula de sistema aquapônico.

FV ¹	GL	QM							
		AP	NP	NF	CR	MFF	MFR	MSF	MSR
Peixe	2	4,96 ^{ns}	3,04 ^{ns}	4,19*	17,68 ^{ns}	279,35 ^{ns}	2,38 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,063 ^{ns}
Biofiltro	1	12,29 ^{ns}	0,78 ^{ns}	4,96*	176,00*	232,46 ^{ns}	38,44**	0,40 ^{ns}	0,086 ^{ns}
Variedade	1	3,03 ^{ns}	48,21**	19,77**	233,07**	158,68 ^{ns}	6,92 ^{ns}	3,84 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Peixe*Biofiltro	2	14,64 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,32 ^{ns}	388,92**	2,75 ^{ns}	6,03 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,041 ^{ns}
Variedade*Peixe	2	42,08**	0,41 ^{ns}	0,23 ^{ns}	103,87*	338,30*	34,01**	1,42 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Variedade*Biofiltro	1	3,69 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,08 ^{ns}	102,48 ^{ns}	61,15 ^{ns}	3,45 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Variedade*Peixe*Biofiltro	2	28,86*	3,34*	0,23 ^{ns}	238,15**	289,77 ^{ns}	23,54**	0,071 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Bloco	2	34,85**	1,21 ^{ns}	3,48*	56,71 ^{ns}	7,80 ^{ns}	0,06 ^{ns}	4,09 ^{ns}	0,038 ^{ns}
Resíduo	22	5,59	0,89	0,84	27,03	95,45	2,99	1,19	0,041
CV (%)	-	8,64	7,81	5,74	11,53	16,15	12,22	9,52	10,12

¹FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; Peixe = densidade de peixe; Biofiltro = volume de material filtrante; Variedade = variedade de rúcula; Variedade*Biofiltro = interação entre variedade de rúcula e volume de material filtrante; Peixe*Variedade = interação entre densidade de peixe e variedade de rúcula; Biofiltro*Variedade = interação de volume de material filtrante e variedade de rúcula; Peixe*Biofiltro*Variedade = interação entre densidade de peixe, volume de material filtrante e variedade de rúcula; CV = coeficiente de variação. **e* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4 estão apresentados os dados do desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de variedade de rúcula e densidade de peixe. Observa-se que a variável AP apresentou diferença estatística significativa para os diferentes volumes de material filtrante quando interagido com a variedade gigante e as densidades de peixe 40 e 60. Para a densidade de 40 peixes, 40 L de material filtrante proporcionou aumento de 18% na AP da variedade Gigante, comparado ao volume de material filtrante de 60 L; por outro lado, quando utilizado 60 L de material filtrante e densidade de 60 peixes a AP para a rúcula Gigante teve rendimento superior em 15,7%.

Tabela 4. Desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de variedade de rúcula e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

PEIXE	VARIEDADE	BIOFILTRO	AP	NP	CR	MFR
20	CULTIVADA	40	27,40a	11,44a	39,83b	15,39a
		60	27,56a	11,33a	51,22a	14,70a
	GIGANTE	40	27,44a	13,11b	43,83a	11,16a
		60	26,22a	14,78a	48,83a	13,59a
40	CULTIVADA	40	31,30a	10,78a	47,17a	11,92a
		60	29,25a	10,67a	51,17a	13,25a
	GIGANTE	40	28,58a	13,22a	48,58a	15,59a
		60	23,38b	12,00a	27,83b	17,65a
60	CULTIVADA	40	27,08a	9,83b	44,17a	9,82b
		60	23,55a	11,78a	52,17a	17,23a
	GIGANTE	40	26,09b	13,50a	33,62b	14,85a
		60	30,93a	13,11a	52,50a	14,71a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a densidade de 20 peixes, a variedade Gigante teve o NP maior 11,3% quando cultivadas com volume de material filtrante 60 L, comparado aos sistemas com volume de material filtrante de 40 L. Para a interação densidade de peixe 60 X variedade Cultivada com material filtrante de 60 L, apresentou maior número de plantas de 16,5% que em volumes de 40 L.

O CR de plantas da variedade Cultivada produzidas com densidade de peixe 20, o material filtrante 60 L, proporcionou o maior crescimento de 22,2% que plantas de rúcula de sistemas com 40 L de material filtrante.

Para a densidade de 40 peixes, a variedade Gigante apresentou CR maior aproximadamente 43% em plantas cultivadas em sistemas com volume de material filtrante 40 L, comparado ao volume de 60 L. Para a maior densidade de peixes (60 peixes), a variedade Gigante, apresentou maior CR (36%), quando cultivadas com material filtrante de 60 L, que em plantas cultivadas com volume de 40 L. Resultado similar é verificado para a variável MFR da variedade Cultivada, que o material filtrante de 60 L proporcionou o acréscimo de 43% da MFR quando comparado ao volume de 40.

Na Tabela 5, nota-se que para o volume de material filtrante de 60 L, para variedade Cultivada, as densidades de peixes 40 e 20 apresentou AP maior 19,5 e 14,5% respectivamente, em comparação a densidade de 60 peixes. Já a variedade Gigante apresentou acréscimo da AP de aproximadamente 25% em plantas de sistema aquapônico com densidade de peixes de 60, em comparação a densidade de 40. E, para a densidade de 20 peixes a AP foi maior 11% que para plantas cultivadas com densidade de 40 peixes. Para o NP a interação do material filtrante de 60 L, a variedade Gigante com densidade de 20 e 60 peixes apresentou o acréscimo de 18,8 e 8,5% do NP respectivamente, que a densidade de 40 peixes.

Tabela 5. Desdobramento de densidade de peixes dentro de cada nível de volume de material filtrante e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula.

BIOFILTRO	VARIEDADE	PEIXE	AP	NP	CR	MFR
40	CULTIVADA	20	27,40a	11,44a	39,83a	15,39a
		40	31,30a	10,78a	47,17a	11,92ab
		60	27,08a	9,83a	44,17a	9,82b
	GIGANTE	20	27,44a	13,11a	43,83ab	11,16b
		40	28,58a	13,22a	48,58a	15,59a
		60	26,09a	13,50a	33,62b	14,85a
60	CULTIVADA	20	27,56ab	11,33a	51,22a	14,70ab
		40	29,25a	10,67a	51,17a	13,25b
		60	23,55b	11,78a	52,17a	17,23a
	GIGANTE	20	26,22ab	14,78a	48,83a	13,59b
		40	23,38b	12,00b	27,83b	17,65a
		60	30,93a	13,11ab	52,50a	14,71ab

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5, também se observa que o material filtrante de 40 L, a variedade de rúcula Gigante teve CR maior 30,8% em plantas cultivadas com densidade de 40 peixes,

em comparação em plantas com densidade de 60 peixes. Para o volume de 60 L de material filtrante, para variedade Gigante a densidade de 60 peixes resultou no aumento do CR de 47% comparado a densidade de 40 peixes.

Para o material filtrante de 40 L combinado com a variedade Cultivada, a MFR foi maior 36,2% para rúculas cultivadas sob densidade de 20 peixes, que a densidade de 60. Para esta mesma interação, para a variedade Gigante, a densidade de 40 peixes a MFR foi maior 28,4% que a densidade de 20 peixes. Para o volume de 60 L de material filtrante para a variedade Cultivada, a densidade de 60 peixes apresentou aumento de 23% da MFR que a densidade de 40 peixes. A variedade Gigante, também apresentou aumento de 23% da MFR para plantas cultivadas com densidade de 40 peixes, em comparação a plantas de densidade de 20 peixes.

A interação do volume de material filtrante de 60 L com a densidade de 40 peixes, a variedade Cultivada apresentou maior AP que a variedade Gigante (20,1%), já para densidade de 60 peixes apresentou o comportamento inverso que a interação anterior, sendo que a variedade Gigante teve maior AP que a variedade Cultivada (23,9%) (Tabela 6).

Para a variável NP, na interação volume de material filtrante de 40 L, para as densidades de 20, 40 e 60 peixes, seguiram comportamento semelhantes para as variedades de rúcula estudadas, de modo que a variedade Gigante apresentou maior NP que a variedade Cultivada, (12,7; 18,5 e 27,2% respectivamente). Para o volume de 60 L de material filtrante, nota-se que a variedade Gigante novamente apresentou maior NP (23,3%) quando comparado a variedade Cultivada (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da variedade de rúcula dentro de cada nível de volume de material filtrante e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de plantas (NP), comprimento da raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

BIOFILTRO	PEIXE	VARIEDADE	AP	NP	CR	MFR
40	20	CULTIVADA	27,40a	11,44b	39,83a	15,39a
		GIGANTE	27,44a	13,11a	43,83a	11,16b
	40	CULTIVADA	31,30a	10,78b	47,17a	11,92b
		GIGANTE	28,58a	13,22a	48,58a	15,59a
	60	CULTIVADA	27,08a	9,83b	44,17a	9,82b
		GIGANTE	26,09a	13,50a	33,62b	14,85a
60	20	CULTIVADA	27,56a	11,33b	51,22a	14,70a
		GIGANTE	26,22a	14,78a	48,83a	13,59a
	40	CULTIVADA	29,25a	10,67a	51,17a	13,25b
		GIGANTE	23,38b	12,00a	27,83b	17,65a
	60	CULTIVADA	23,55b	11,78a	52,17a	17,23a
		GIGANTE	30,93a	13,11a	52,50a	14,71a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 6 também se nota que a interação do volume de 40 L de material filtrante com a densidade de 60 peixes, para a variedade Cultivada o CR foi maior aproximadamente 25% que para variedade Gigante. Comportamento semelhante pode se observar na interação do material filtrante de 60 L com a densidade de peixes de 40, de modo que a variedade Cultivada apresentou maior CR (45,6%) que a variedade Gigante.

Para sistemas aquapônico com biofiltros preenchidos por 40 L de material filtrante e com densidade menor de peixes (20 peixes), a variedade Cultivada apresentou maior quantidade de MFR que a variedade Gigante (27,5%); e para as densidades de 40 e 60 peixes, a variedade Gigante apresentou maior MFR (23,6 e 33,9% respectivamente). Para o material filtrante de 60 L, a variável MFR foi maior aproximadamente 15% em plantas da variedade Gigante, cultivadas sob densidade de peixes 40 (Tabela 6).

Na Tabela 7 é possível observar que o desdobramento das variedades Cultivada e Gigante para as três densidades de peixes estudadas não apresentou diferença estatística para a variável MFR.

Tabela 7. Desdobramento da interação de variedade x peixe para a variável massa fresca das folhas (MFF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

Variedade	Peixe	MFF
CULTIVADA	20	58,84a
	40	71,04a
	60	57,94a
GIGANTE	20	65,98a
	40	57,13a
	60	52,10a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a densidade de 40 peixes a variável MFF da variedade Cultivada foi maior aproximadamente 20% que a variedade Gigante (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação de densidade peixe x variedade para a variável massa fresca das folhas (MFF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

Peixe	Variedade	MFF
20	CULTIVADA	58,84a
	GIGANTE	65,98a
40	CULTIVADA	71,04a
	GIGANTE	57,13b
60	CULTIVADA	57,94a
	GIGANTE	52,10a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O volume de 40 L do material filtrante proporcionou o aumento do NF de 4,33%, quando comparado ao volume de 60 L (Tabela 9).

Tabela 9. Teste de média para a variável número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

Biofiltro	NF
40	17,11a
60	16,37b

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No teste de média das variedades Cultivada e Gigante, a variedade Gigante apresentou maior NF (8,5%) comparado a variedade de rúcula Cultivada (Tabela 10).

Tabela 10. Teste de média para a variável número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

Variedade	NF
CULTIVADA	16,00b
GIGANTE	17,48a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No teste de média da densidade de peixe (Tabela 11), verifica-se que a densidade de peixe 60, favoreceu o aumento (6,8%) do NF de plantas de rúcula, comparando as densidades de peixe 20 e 40, porém ele não apresentou diferença estatística para a densidade de 40. O mesmo acontece quando se compara a densidade de 40 e 60 peixes, que não diferiram entre si.

Tabela 11. Teste de média para as variáveis número de folhas (NF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

Peixe	NF
20	16,17b
40	16,71ab
60	17,35a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3.2 Experimento 2

Na Tabela 12, são apresentados resultados obtidos para a altura de planta (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca raiz (MSR) de plantas de rúculas cultivadas em sistema aquapônico com densidades de peixes (Peixe) de 20, 40 e 60, com dois volumes de material filtrante (Biofiltro), 50 e 70 L e duas variedades de rúcula (Variedade), variedade Cultivada gigante folha larga e variedade Cultivada.

Houve diferença significativa para a interação Variedade x Peixe x Biofiltro para as variáveis AP, CR, MFF, MFR e NF. E, para a interação Peixe x Biofiltro foi significativo para as variáveis AP, NF, MFF, MSR e CR. Para a interação Variedade x Peixe houve diferença estatística para as variáveis NP, CR e NF. O fator isolado Peixe, foi significativo para a AP, NP, CR, MFF, MSF, MSR e MFR. Para o fator Biofiltro

houve diferença significativa para NP, CR e NF. E, o fator Variedade foi significativo para NP, NF, CR, MFF e MSF.

Para todas as variáveis analisadas o coeficiente de variação foi aproximadamente 10%.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de plantas (NP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da raiz (MSR) para plantas de rúcula de sistema aquapônico.

FV ¹	GL	QM							
		AP	NP	NF	CR	MFF	MFR	MSF	MSR
Peixe	2	53,69**	5,77**	6,89 ^{ns}	378,13**	3707,13**	1,29*	18,14**	0,18**
Biofiltro	1	13,26 ^{ns}	9,51**	22,17*	125,63**	29,67 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Variedade	1	7,79 ^{ns}	6,25**	221,26**	195,95**	759,37**	0,87 ^{ns}	11,50*	0,001 ^{ns}
Peixe*Biofiltro	2	83,51**	0,58 ^{ns}	97,20**	43,38*	887,62**	0,43 ^{ns}	3,38 ^{ns}	0,15**
Variedade*Peixe	2	5,55 ^{ns}	3,07**	19,79*	190,59**	128,90 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,93 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Variedade*Biofiltro	1	1,44 ^{ns}	0,007 ^{ns}	104,21**	37,72 ^{ns}	253,45 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,15 ^{ns}	0,089 ^{ns}
Variedade*Peixe*Biofiltro	2	33,44**	0,53 ^{ns}	22,61*	101,50**	1606,34**	2,58**	2,17 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Bloco	2	0,98 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,36 ^{ns}	4,13 ^{ns}	80,86 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,038 ^{ns}
Resíduo	22	4,15	0,23	4,61	9,89	63,16	0,27	1,66	0,025
CV (%)	-	10,88	9,69	7,80	7,58	12,39	5,67	10,09	9,42

¹FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; Peixe = densidade de peixe; Biofiltro = volume de material filtrante; Variedade = variedade de rúcula; Variedade*Biofiltro = interação entre variedade de rúcula e volume de material filtrante; Peixe*Variedade = interação entre densidade de peixe e variedade de rúcula; Biofiltro*Variedade = interação de volume de material filtrante e variedade de rúcula; Peixe*Biofiltro*Variedade = interação entre densidade de peixe, volume de material filtrante e variedade de rúcula; CV = coeficiente de variação. **e* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Tabela 13 estão apresentados os dados do desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de densidade de peixe e variedade de rúcula observa-se que para a interação densidade de peixes 20 com a variedade de rúcula Gigante, o volume de material filtrante de 50 L teve a AP maior 41,4% que plantas de rúcula cultivadas em sistemas aquapônico com material filtrante de volume 70 L, o mesmo pode-se observar para sistemas com densidade de 40 peixes, junto a variedade Cultivada, de modo que, o volume de material filtrante de 50 L, teve maior AP (19,8%) que o volume de 70 L. Já a interação da densidade de peixe de 60 com variedade Gigante, teve comportamento oposto, resultando em maior AP em rúculas de sistemas com volume de material filtrante de 70 L (25,7%).

Tabela 13. Desdobramento do volume de material filtrante dentro de cada nível de densidade de peixe e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

PEIXE	VARIEDADE	BIOFILTRO	AP	NF	CR	MFF	MFR
20	CULTIVADA	50	20,60a	29,75a	33,70a	56,50a	8,81a
		70	17,17a	21,25b	38,63a	68,97a	9,36a
	GIGANTE	50	23,78a	30,25a	42,87a	91,92a	9,50a
		70	13,93b	30,25a	45,50a	44,60b	8,45b
40	CULTIVADA	50	21,67a	23,50a	47,75a	77,11a	9,50a
		70	17,38b	25,00a	52,00a	68,23a	8,79a
	GIGANTE	50	20,77a	25,50b	40,05b	77,82b	9,29b
		70	23,25a	38,25a	50,83a	101,03a	10,68a
60	CULTIVADA	50	14,93a	24,67a	27,38b	34,44b	8,73a
		70	17,82a	26,17a	35,55a	52,21a	9,01a
	GIGANTE	50	14,25b	26,83a	46,05a	41,79b	8,76a
		70	19,17a	29,00a	37,70b	55,43a	9,39a

¹Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável NF, a densidade de peixe 20 para a variedade Cultivada, o volume de material filtrante de 50 L apresentou maior NF (28,6%) que o volume de 70 L. E, para a densidade de 40 peixes, a variedade Gigante teve o NF maior 33,3% em planta de rúcula de sistemas com volume de material filtrante de 70 L (Tabela 13).

Na Tabela 13 também se observa que para a densidade de 40 peixes, a variedade Gigante apresentou maior CR (21,2%) em rúculas cultivadas com volume de material filtrante de 70 L. E, para a densidade de peixe 60, a variedade Cultivada, também

apresentou maior CR (23%) para os biofiltros com volume de material filtrante de 70 L, o oposto se observa para a variedade Gigante, que o volume de material filtrante de 70 L, resultou na diminuição de 18,3% do CR, comparado ao volume de 50 L.

Para a interação densidade de peixes 20, a variedade Gigante teve maior MFF (51,5%) em sistemas aquapônico com material filtrante de 50 L, que plantas de sistemas com volume de 70 L. Já a densidade de peixe 40, para variedade Gigante, o volume de material filtrante de 50 L resultou na diminuição da MFF de 23%. A MFF seguiu comportamento semelhante, para a densidade de 60 peixes, para as variedades de rúcula Cultivada e Gigante, de forma que o volume de material filtrante 50 L, ocasionou o decréscimo da MFF, sendo 34% para variedade Cultivada e 24,6% para a Gigante (Tabela 13).

Para a interação densidade de 20 peixes e variedade Gigante, o fator volume de material filtrante de 50 L resultou no aumento da MFR de 11%. Comportamento oposto se observa para a densidade de 40 peixes, de modo que, variedade Gigante teve maior MFR (13%), quando cultivadas em sistemas com volume de material filtrante de 70 L (Tabela 13).

Na Tabela 14, observa-se que na interação volume de material filtrante de 50 L, junto a variedade Cultivada, a densidade de 20 e 40 peixes promoveu o acréscimo na AP de aproximadamente 30% comparado a densidade de 60 peixes. A variedade Gigante seguiu o mesmo comportamento da variedade Cultivada, de forma que a densidade de 60 peixes resultou na diminuição de 40 e 30% da AP em relação as densidades de 20 e 40 peixes, respectivamente. Para o volume de material filtrante de 70 L, a variedade de rúcula Gigante apresentou o aumento de 40% da AP da densidade de 20 para a de 40 peixes, e o acréscimo de 27% quando comparado a densidade 20 com a de 60 peixes.

Tabela 14. Desdobramento de densidade de peixe volume dentro de cada nível de volume de material filtrante e variedade de rúcula para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

BIFILTRO	VARIEDADE	PEIXE	AP	NF	CR	MFF	MFR
50	CULTIVADA	20	20,60a	29,75a	33,70b	56,50b	8,81a
		40	21,67a	23,50b	47,75a	77,11a	9,50a
		60	14,93b	24,67b	27,38b	34,44c	8,73a
	GIGANTE	20	23,78a	30,25a	42,87a	91,92a	9,50a
		40	20,77a	25,50b	40,05a	77,82a	9,29a
		60	14,25b	26,83ab	46,05a	41,79b	8,76a
70	CULTIVADA	20	17,17a	21,25b	38,63b	68,97a	9,36a
		40	17,38a	25,00ab	52,00a	68,23a	8,79a
		60	17,82a	26,17a	35,55b	52,21b	9,01a
	GIGANTE	20	13,93b	30,25b	45,50a	44,60b	8,45b
		40	23,25a	38,25a	50,83a	101,03a	10,68a
		60	19,17a	29,00b	37,70b	55,43b	9,39b

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sistemas aquapônico com volume de material filtrante de 50 L sob o cultivo da variedade Cultivada, apresentou NF maior (20%) para a densidade de 20 peixes, quando comparado as demais densidades estudadas (40 e 60 peixes). Para a variedade Gigante, a densidade de 20 peixes também corroborou para o aumento do NF (15,7%) quando comparado com a densidade de 40 peixes (Tabela 14). Já para o volume de material filtrante de 70 L, a variedade Cultivada apresentou maior NF (20%) quando cultivadas em sistemas com maior densidade de peixes (60 peixes), o oposto se observa para a variedade Gigante, que a densidade de 60 peixes proporcionou o decréscimo do NF de 25%, comparado a densidade de 40 peixes que obteve maior NF.

Para biofiltros com material filtrante de 50 L, a variedade Cultivada apresentou crescimento do CR de 43% para plantas de rúcula cultivadas sob densidade de 40 peixes, comparado a plantas com densidade de 60 peixes. Nota-se que a densidade de 40 peixes também resultou em aumento do CR de 31,6%, em plantas da variedade Cultivada produzidas sob volume de material filtrante de 70 L, quando comparado com a densidade de 60 peixes. O mesmo ocorre para a variedade Gigante que teve diminuição de aproximadamente 20% do CR em plantas cultivadas com densidade de 60 peixes (Tabela 14).

Para a variável MFF a interação volume de material filtrante de 50 L com a variedade Cultivada, quando comparado as densidades 40 e 20; 20 e 60; 40 e 60 observa-

se a diferença de 26,7; 39,0 e 55,3% respectivamente na MFF. Já para a variedade Gigante a densidade de 20 peixes proporcionou o aumento de aproximadamente 55% da MFF, comparado a densidade de 60 peixes. Utilizando um volume de material filtrante de 70 L a variedade Cultivada teve decréscimo de 25% da MFF entre as densidades de 60 e 40 peixes. O mesmo se observa para a variedade Gigante, que a densidade de 60 peixes, resultou no acréscimo de 56% da MFF, quando comparado com a densidade de 40 peixes. Para a MFR também se nota o aumento de 21% em plantas de rúcula da variedade Gigante cultivadas sob efeito da interação volume de material filtrante de 70 L com densidade de 40 peixes.

Na Tabela 15 é possível observar que na interação volume de material filtrante de 70 L e densidade de peixes 40, a AP da variedade Gigante foi maior 25,3% que a variedade de rúcula Cultivada.

Tabela 15. Desdobramento da variedade de rúcula dentro de cada nível de volume de material filtrante e densidade de peixe para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR) e massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

BIOFILTRO	PEIXE	VARIEDADE	AP	NF	CR	MFF	MFR
50	20	CULTIVADA	20,60a	29,75a	33,70b	56,50b	8,81a
		GIGANTE	23,78a	30,25a	42,87a	91,92a	9,50a
	40	CULTIVADA	21,67a	23,50a	47,75a	77,11a	9,50a
		GIGANTE	20,77a	25,50a	40,05b	77,82a	9,29a
	60	CULTIVADA	14,93a	24,67a	27,38b	34,44a	8,73a
		GIGANTE	14,25a	26,83a	46,05a	41,79a	8,76a
70	20	CULTIVADA	17,17a	21,25b	38,63b	68,97a	9,36a
		GIGANTE	13,93a	30,25a	45,50a	44,60b	8,45b
	40	CULTIVADA	17,38b	25,00b	52,00a	68,23b	8,79b
		GIGANTE	23,25a	38,25a	50,83a	101,03a	10,68a
	60	CULTIVADA	17,82a	26,17a	35,55a	52,21a	9,01a
		GIGANTE	19,17a	29,00a	37,70a	55,43a	9,39a

¹Médias seguida de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na interação do volume de material filtrante de 70 L com a densidade de 20 peixes, a variedade Gigante apresentou maior NF que a Cultivada (29,7%), a densidade de 40 peixes seguiu comportamento semelhante, apresentando maior quantidade de NF para a variedade Gigante (34,7%) (Tabela 15).

Para o volume de material filtrante de 50 L com a densidade de peixe 20, a variedade de rúcula Gigante apresentou maior CR que a Cultivada (21,4%), a densidade

de 40 peixes seguiu o comportamento inverso, de modo que o CR da variedade Cultivada foi maior 16,3%. A densidade de 60 peixes, seguiu o comportamento da densidade de 20 peixes, resultando em maior CR (40,5%) para plantas de rúcula da variedade Gigante. Na interação o volume de material filtrante 70 L e densidade de peixe 20, o CR foi maior 15% para a variedade Cultivada (Tabela 15).

Na tabela 14, observa-se que a interação do volume de material filtrante de 50 L com a densidades de peixe 20, a variedade Gigante apresentou acúmulo de MFF de 38,5% a mais que a variedade Cultivada. Com o volume de material filtrante de 70 L junto a densidade de peixe 20, a variedade de rúcula Cultivada teve a MFF maior 35,4% que para a Gigante, já a densidade de peixe 40 teve comportamento inverso, de modo que a variedade Gigante apresentou maior acúmulo de MFF (32,3%).

Na interação volume de material filtrante de 70 L e densidade de peixes 20, a variedade Cultivada apresentou maior MFR (9,7%), e para a densidade de 40 peixes, a variedade Gigante apresentou maior MFR (17,7%) (Tabela 14).

Na Tabela 16 demonstra a interação volume de material filtrante de 70 L, a densidade de 40 peixes resultou em maior MSR (22%) que as demais densidades de peixe estudadas.

Tabela 16. Desdobramento da interação do volume de material filtrante X densidade de peixe para a variável massa seca da raiz (MSR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

BIOFILTRO	PEIXE	MSR
50	20	1,69a
	40	1,70a
	60	1,63a
70	20	1,53b
	40	1,98a
	60	1,65b

¹ Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 17, observa-se que sistemas aquapônico com densidade de 40 peixes e volume de material filtrante 70 L resultou em maior MSR (14%).

Tabela 17. Desdobramento da interação de densidade de peixe X volume de material filtrante para a variável massa seca da raiz (MSR) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

PEIXE	BIOFILTRO	MSR
20	50	1,69a
	70	1,53a
40	50	1,70b
	70	1,98a
60	50	1,63a
	70	1,65a

¹Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 18, nota-se que para o desdobramento variedade de rúcula Cultivada e densidade de 40 peixes resultou no aumento do NP de 15,4% comparado a densidade de 20 peixes. Para variedade Gigante, o NP foi maior 30,5% para a interação com a densidade de 60 peixes.

Tabela 18. Desdobramento da interação de variedade x peixe para a variável número de plantas (NP) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

VARIIDADE	PEIXE	NP
CULTIVADA	20	4,13b
	40	4,88a
	60	4,75ab
GIGANTE	20	4,67b
	40	4,88b
	60	6,71a

¹Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 19, observa-se que para a densidade de 60 peixes, o NP para a variedade Gigante foi maior 29,2%.

Tabela 19. Desdobramento da interação de peixe x variedade para a variável número de plantas (NP) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

PEIXE	VARIIDADE	NP
20	CULTIVADA	4,13a
	GIGANTE	4,67a
40	CULTIVADA	4,88a
	GIGANTE	4,88a
60	CULTIVADA	4,75b
	GIGANTE	6,71a

¹Médias seguidas de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável MSF a densidade de 60 peixes resultou na diminuição de aproximadamente 15,8% da MSF em comparação as demais densidades de peixe (Tabela 20).

Tabela 20. Teste de média para a variável massa seca das folhas (MSF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

PEIXE	MSF
20	13,47a
40	13,48a
60	11,34b

¹ Médias seguida de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No teste de média para as variedades de rúcula Cultivada e Gigante, observa-se que a variável MSF para variedade Gigante foi maior 8,5% que a variedade Cultivada (Tabela 21).

Tabela 21. Teste de média para a variável massa seca das folhas (MSF) de plantas de rúcula cultivadas em sistema aquapônico.

VARIEDADE	MSF
CULTIVADA	12,20b
GIGANTE	13,33a

¹ Médias seguida de mesma letra nas mesmas colunas não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.4 DISCUSSÃO

O experimento um mostrou relações significativas entre as densidades de peixes, variedade de rúcula e volume de material filtrante para as variáveis altura de plantas, número de plantas, comprimento da raiz e massa fresca da raiz (Tabela 3). No experimento 2, também houve interação tripla (densidades de peixes x variedade de rúcula x volume de material filtrante) para as variáveis altura de plantas, número de folhas, comprimento da raiz, massa fresca das folhas e massa fresca da raiz (Tabela 12). Fisher et al. (2021) realizaram um estudo utilizando a argila expandida como material filtrante em sistema de aquaponia com cama de cultivo e observaram que na presença de material filtrante as raízes de plantas de cebolinha e capim-limão foram significativamente menores que quando cultivados com a ausência dele, no entanto a largura e comprimento das folhas foram significativamente maiores. E, a cebolinha foi mais pesada quando cultivada na presença de material filtrante,

No experimento um foi observado maiores AP e CR para o volume de material filtrante de 60 L (Tabela 4), já para o experimento dois, observou-se maior AP e CR em plantas cultivadas com volume de material filtrante de 40 L (Tabela 12), em sistemas aquapônico com maior volume de material filtrante há maior superfície de contato para a colonização das bactérias nitrificantes. Portanto, espera-se maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, resultante da conversão do N orgânico (N_{org}), passando para amônio (NH_4^+), posteriormente nitrito (NO_2^-) e por fim, nitrato (NO_3^-). Lennard e Ward (2019) afirmaram que a produção de plantas em aquaponia é mantida através do fornecimento contínuo de compostos de N dos peixes e da flora microbiana do sistema, auxiliando as plantas no acesso e absorção de nutrientes.

Embora o aumento do volume de material filtrante tenha proporcionado melhor desenvolvido vegetal, agricultores aquapônicos relataram que aumentar a quantidade de material filtrante eleva o custo de produção (FORCHINO et al., 2017). Além de que (SOMERVILLE et al., 2014) ressaltaram que o excesso de material filtrante pode causar a produção de áreas anaeróbias que estimulam bactérias a produzirem toxinas nocivas as planta e peixes.

No experimento um não houve efeito significativo para AP e NP entre as densidades de estocagem de peixes avaliadas com volume de material filtrante de 40 L, o que pode ser justificado pelo fornecimento de nutrientes em quantidades suficiente para o desenvolvimento das plantas independentes da densidade de estocagem de peixe utilizada neste estudo. Maucieri et al. (2019) compararam o rendimento de alface cultivada em sistemas de hidroponia e aquaponia e evidenciaram que não houve diferença no rendimento da cultura entre os dois sistemas, mesmo quando utilizado densidade baixa de estocagem de peixe na aquaponia. Em adição, alguns estudos relatam que a concentração de nutrientes dissolvidos encontrados em sistema aquapônico, geralmente é menor que sistemas hidropônicos, por isso, normalmente ficando limitado ao cultivo de vegetais folhosos, por possuir menor exigência nutricional comparado a plantas frutíferas (BITTSANSZKY et al., 2016; NICOLETTO et al., 2018).

No experimento 1 se observa que o volume de material filtrante de 60 L para a densidade de estocagem de 60 peixes, proporcionou o aumento da AP (Tabela 5). O acréscimo da densidade de peixes por ter resultado em maior quantidade de resíduos orgânicos na água, e pode ter contribuído para o crescimento das plantas. Corroborando com os presentes resultados, Pantanella et al. (2012) observaram que o rendimento da alface aumentou em cultivo aquapônico quando a densidade de peixes cresceu de cinco

para oito kg m³. Pérez-Urrestarazu et al. (2019) alertam que caso a densidade de plantio seja aumentada, é necessária maior densidade de estocagem de peixes, para que não haja danos de produtividade vegetal. Já para o experimento dois, nota-se que com o aumento do volume do material filtrante para 70 L, a densidade de 40 peixes apresentou maiores valores para as variáveis AP, NF, CR, MFF e MFR (Tabela 13).

Apesar dos valores para CR e MFR terem dado significativos nos experimentos um e dois (Tabelas 3 e 12), o sistema de cultivo foi baseado no *Nutrient Film Technique* (NFT), que utiliza canais estreitos de tubos quadrados perfurados e as raízes estão parcialmente imersas em fina camada de água corrente (GODDEK et al., 2015).

Os valores da MFF não diferiram entre si no experimento um, para ambas as variedades (Cultivada e Gigante) com diferentes densidades de estocagem de peixes (Tabelas 6). Jardina et al. (2017) realizaram um estudo em sistema semi-hidropônico e também não observaram diferença no rendimento entre as variedades Gigante e Cultivada. No experimento dois a MSR não teve diferença significativa entre as densidades de estocagem de 20, 40 e 60 peixes para volume de material filtrante de 50 L, já quando com o aumento do material filtrante para 70 L, a densidade de 40 proporcionou maior acúmulo da MSR (Tabela 16). O aumento do volume de material filtrante pode ter proporcionado acréscimo da colônia de bactérias nitrificantes, favorecendo o incremento de nutrientes no sistema, mesmo com a diminuição da matéria orgânica oriunda da estocagem de 40 peixes.

No experimento um para o NF observou aumento da quantidade conforme a densidades de estocagem de peixe foi acrescida (Tabela 10), o mesmo foi possível observar no experimento 2 para as variáveis NP e MSF (Tabela 19 e 20). Os autores Nuwansi et al. (2021) relataram em um estudo com diferentes estocagens de peixes em cultivo com *Centella asiática*, houve aumento do número de folhas, largura da folha e número de plântulas, por causa da maior concentração de nutrientes fornecidos em consequência da maior densidade de peixe. Entretanto, Naderi et al. (2017) ressaltaram que sistemas com alta densidade de estocagem de peixes pode causar impactos negativos na eficiência alimentar e no desempenho de crescimento de diferentes espécies de peixes.

Portanto com base nos dados analisados, para maior produção da cultura da rúcula em sistema aquapônico recomenda-se utilizar a combinação com 70 L de material filtrante e densidade de estocagem de 40 peixes por metro cúbico em cada sistema.

3.5 CONCLUSÕES

Independentemente da variedade de utilizada (Cultivada gigante folha larga e Cultivada) o volume do material filtrante de 60 L combinado com a densidade de estocagem de 60 peixes, proporcionou a maior altura de plantas, número de plantas, comprimento da raiz e massa fresca da raiz no final do ciclo da rúcula no primeiro experimento.

No segundo experimento, independentemente da variedade de utilizada (Cultivada gigante folha larga e Cultivada) o volume do material filtrante de 70 L junto a densidade de estocagem de 40 peixes proporciona a maior altura de plantas, número de folhas, comprimento da raiz, massa fresca das folhas e massa fresca da raiz e massa seca da raiz no final do ciclo da rúcula.

Independentemente do volume de material filtrante utilizado (40 e 60 L) a densidade de estocagem de 40 peixes junto a variedade de rúcula Cultivada proporciona maior massa fresca das folhas (produção) no primeiro experimento. Por outro lado, para o segundo ciclo, observou-se que independentemente dos fatores estudados a densidade de estocagem de 40 peixes proporciona maior massa fresca das folhas (produção).

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTSANSZKY, A.; UZINGER, N.; GYULAI, G.; MATHIS, A.; JUNGE, R.; VILLARROEL, M.; KOTZEN, B.; KÓMÍVES, T. Nutrient supply of plants in aquaponic systems. **Ecocycles**, v.2, n.2, p. 17-20, 2016.

CARDOSO, A. S.; EL-DEIR, S. G.; CUNHA, M. C. C. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p. 645-653, 2016.

CORREA, B. A.; PARREIRA, M. C.; MARTINS, J. S.; RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. M. Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia Tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.1, p.97-104, 2019.

FISCHER, H.; ROMANO, N.; JONES, J.; HOWE, J.; RENUKDas, N.; SINHA, A. K. Comparing water quality/bacterial composition and productivity of largemouth bass *Micropterus salmoides* juveniles in a recirculating aquaculture system versus aquaponics as well as plant growth/mineral composition with or without media. **Aquaculture**, v.538, n. 30, p. 1-8, 2021.

FORCHINO, A.A. LOURGUIOUI, H. BRIGOLIN, D. PASTRES, R. Aquaponics and sustainability: the comparison of two different aquaponic techniques using the life cycle assessment (LCA). **Aquacultural Engineering**, v.77, p.80-88, 2017.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, N. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas, **Instituto Agrônomo**, p.52, 1999.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDÓTTIR, K.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, v.7, p. 4199-4224, 2015.

JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, M. C. C.; SANCHES, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, P. V. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 78-82, 2017.

LENNARD, W.; WARD, J. A comparison of plant growth rates between an NFT hydroponic system and an NFT aquaponic system. **Horticulturae**, v.5 p. 27, 2019.

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.

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

NADERI, M.; KEYVANSHOKOOH, S.; SALATI, A. P.; GHAEDI, A. Effects of chronic high stocking density on liver proteome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.43 n.5, p. 1373-1385, 2017.

NICOLETTO, C.; MAUCIERI, C.; MATHIS, A.; SCHMAUTZ, Z.; KOMIVES, T.; SAMBO, P.; JUNGE, R. Extension of aquaponic water use for NFT baby-leaf production: mizuna and rocket salad. **Agronomy**, v.8, n.5, p. 75, 2018.

NUWANSI, K. K. T.; VERMA, A. K.; CHANDRAKANT, M. H.; PRABHATH, G. PWA.; PETER. R. M. Optimization of stocking density of koi carp (*Cyprinus carpio* var. koi) with gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponic system using phytoremediated aquaculture wastewater. **Aquaculture**, v.532, n.15, 2021.

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.

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

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.