

Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Veterinária

GUILHERME CRISPIM HUNDLEY

Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes.

**Monografia de conclusão de curso
de graduação em Agronomia sob
orientação do Prof. Dr. Rodrigo
Diana Navarro**

HUNDLEY, G. C.

Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. / Guilherme Crispim Hundley; Orientação: Prof. Dr. Rodrigo Diana Navarro – Brasília, 2013.

Monografia de conclusão do curso de graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, 2013.

1. Aquaponia. 2. Aquicultura. 3. Hidroponia. 4. Qualidade de Água.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: Guilherme Crispim Hundley

Título: Aquaponia, uma experiência com tilápia (*oreochromis niloticus*), manjeriço (*ocimum basilicum*) e manjerona (*organum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes.

Monografia apresentada ao programa de graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília para obtenção do título de graduado em Agronomia.

Data: 26/07/2013

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Diana Navarro

Instituição: UnB

Assinatura: _____

Julgamento: _____

Profa. Dra. Luci Sayori Murata

Instituição: UnB

Assinatura: _____

Julgamento: _____

Me. Adalmyr Moraes Borges

Instituição: Ministério da Pesca e
Aqüicultura

Assinatura: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

"Agradeço a meu pai, Everett Lee Hundley, inspiração sábia, amorosa e descontraída de muitos dias e noites de estudo e reflexão,

Agradeço a meu avô, José Crispim Borges, e a minha mãe, Lúcia Crispim, que me conduzem na formação acadêmica, profissional, moral e espiritual influenciando decisivamente todos os aspectos da vida,

Agradeço a minha esposa, Alethea Malatesta, companheira amorosa, carinhosa, fiel e inspiradora que por todos sonhos e realizações tem me acompanhado e por todos outros vai acompanhar,

Agradeço a meu irmão, Vitor Crispim Hundley, amigo eterno que baliza a minha vida de maneira tão engrandecedora,

Agradeço a meu avô, Lewis Vaughan, o Grumpy, figura forte e lutadora que nos sonhos, no trabalho e na educação sempre acreditou,

Agradeço ao amigo Manuel Braz, inspiração ética e moral, que à aquaponia me apresentou e tanto ensina,

Agradeço a meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Diana Navarro, que com experiência, conhecimento e amizade por todo este trabalho me guia,

Agradeço aos demais integrantes da banca, Profa. Dra. Luci Murata e Me. Adalmyr Borges, profissionais competentes e íntegros que contribuem com o trabalho em campo e sala de aula,

Agradeço aos amigos Abraão de Oliveira Neto, Pedro Cavalcanti, Cedric Goyet, Luiz Imenes, Luciano de Almeida, Giorgianna e Rafael Castanheira, Graziela Cerutti, Willen Willy de Paula Barbosa, Tamyres Martins, Ângelo Augusto Procópio Costa, Lincoln Nunes Oliveira, Yvonaldo Wladimir Saldanha Bizarro, Thalita Ferreira e aos professores Carneiro, Everaldo Anastácio, Marina Frizas, Rita de Cássia, Rodrigo Vidal, Cristina Schetino Bastos, Eiyti Kato, Selma Regina Maggiotto, Marcelo Fagioli, Ricardo Carmona, Délvio Sandri, Marília Cristina,

Thaís Coser, Jean Cleber Mattos, Luiz Antônio Borgo, Gentil, Solange e tantos outros que contribuíram à sua maneira com a realização deste trabalho,

Agradeço ao Prof. Oswaldo Pinto Ribeiro Filho que de Viçosa viabilizou as análises de qualidade de água para o experimento e ao Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura e ao Myller de Souza Tonhá que as realizaram,

Agradeço a Fátima Vieira Barros que tão gentilmente corrigiu os erros de português e de formatação que cometi ao escrever esta monografia,

Agradeço a todos que trabalharam conosco na nossa amada Pine Tree Farm, em especial a Dona Júlia, mulher de brio e coragem, a seu filho Leonardo Cavalcante de Oliveira e a Edmundo que tanto contribuem no dia a dia da aquaponia,

Agradeço aos colegas de curso, Catito, Filipe, Felipe, Kaio, Gaiato, Renan, Diogo, Batata, Madrinha, Ellen, Silas, Rodrigo, Fabrício, Juliano, Ana Flávia, Espora e tantos outros que com juventude e irreverência transformam a experiência universitária em algo melhor e maior,

Agradeço a todos os meus familiares e amigos, companheiros na caminhada da vida que à própria vida dão sentido,

Agradeço à natureza e à espiritualidade por proporcionarem a todos as ferramentas necessárias para construir uma vida de realizações e transformações,

Por fim, agradeço a minha filha Sofia, que a cada dia me inspira a ser uma pessoa melhor."

RESUMO

HUNDLEY, G. C. Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. / Guilherme Crispim Hundley - 2013

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. A aquaponia apresenta-se como alternativa para a produção de peixes e hortaliças com as principais vantagens de utilizar pouca água, possibilitar a produção de alimentos em ambientes urbanos e em sistemas super intensivos, aproveitar integralmente insumos como água e ração, diversificar a produção rural, minimizar os riscos de contaminação química e biológica e introdução de espécies exógenas a aquíferos; e com as principais desvantagens de apresentar um alto grau de dependência em energia elétrica, ser muito limitada quanto ao uso de defensivos agrícolas e antibióticos, obrigar o produtor a ter conhecimento em muitas áreas da engenharia como hidráulica, olericultura, veterinária e zootecnia, apresentar altos custos de investimento inicial e contar com pouca tecnologia difundida no Brasil. No presente experimento buscou-se verificar os efeitos de quatro tratamentos diferentes em relação à densidade de tilápias (*Oreochromis niloticus*) sob uma taxa de alimentação diária proporcionalmente constante de 5% do peso vivo dos peixes no desenvolvimento de uma população constante de 150 espécimes de manjerição (*Ocimum basilicum*) e 150 espécimes de manjerona (*Origanum majorana*). Os resultados do experimento confirmaram a hipótese inicial de que a medida que a densidade de peixes aumenta e conseqüentemente a entrada de nutrientes na forma de ração, o rendimento das plantas na forma de crescimento vertical, ganho de peso, tempo para atingir o tamanho comercial e ausência de sintomas de deficiência nutricional nas plantas também aumenta. Com relação aos parâmetros de água, também como previsto, a medida que as densidades de peixes aumentam, o pH decai e a condutividade elétrica aumenta. Outra aferição importante foi a confirmação do processo de nitrificação da amônia ocorrido principalmente nos filtros biológicos e nas mesas de hidroponia. As informações do presente estudo demonstram a viabilidade técnica da aquaponia e comprovam que a alta densidade de peixes proporcionou melhor desenvolvimento das plantas

manjerona e manjeriço, indicando assim que a densidade inicial de estocagem de 500 g/m³ é a mais eficiente das densidades testadas. As informações desse estudo poderão nortear novos experimentos vinculados a aquaponia, incentivando o desenvolvimento de metodologias ecoeficientes com capacidade na piscicultura e na olericultura de forma sustentável, além de fornecer ao mercado consumidor produtos de alta qualidade. Mais pesquisas em aquaponia precisam ser realizadas para comprovar a possibilidade sugerida no experimento de que os sistemas comportam e trabalham com maior eficiência com densidades de peixes ainda mais altas.

ABSTRACT

HUNDLEY, G. C. Aquaponics, an experience with tilapia (*Oreochromis niloticus*), basil (*Ocimum basilicum*) and sweet marjoran (*Origanum majorana*) in water and nutrients recirculating systems. / Guilherme Crispim Hundley - 2013

Aquaponics consists in the integrations between aquaculture and hydroponics in water and nutrients recirculating systems. Aquaponics presents itself as an alternative to the production of fish and fresh produce with the advantages of, among others, having a very low water use rate, facilitating food production in urban environments in super intensive systems, utilizing all the water and the nutrients present in the system, diversifying local production and minimizing the risks of biological and chemical contamination and the risks of introducing different species in bodies of water; and the disadvantages of, among others, an extremely high level of dependence on electric energy, a very limited array of pesticides, antibiotics and herbicides possible of using, obliging the producer to have profound knowledge in many areas like hydraulics, veterinary and agronomy, having very little technology dispersed in Brazil, and high initial investment costs. The present experiment attempted to verify the effects of four different treatments regarding the densities of tilapias (*Oreochromis niloticus*) under a daily feeding rate of 5% of the live weight of the fish in relation to a constant population 150 specimens of basil (*Ocimum basilicum*) and 150 specimens of sweet marjoran (*Origanum majorana*). The results of the experiment confirmed the initial hypotheses that as the density of tilapias increases, and consequently the quantity of the nutrient added to the system under the form of fish feed, the performance of the plants regarding vertical growth, gain of weight, time lapse to reach commercial size and absence of nutrient deficiency symptoms also improves. Regarding the water quality parameters verified during the experiment, also as initially predicted, as the density of fish rise the electric conductivity also rises and the pH lowers. The information of the present research demonstrate

the technical viability of aquaponics and suggest that the highest utilized density had the best performance, indicating that the initial density of 500 grams of fish per cubic meter provided the best development for the plants. The information of this research may guide other researches in aquaponics, motivating the development of eco efficient technologies, capable of guaranteeing high productivity levels of integrated fish and vegetables. Another interesting observation is regarding the confirmation of the occurrence of the process known as nitrification of the ammonia into nitrate, process that occurred primarily in the biological filters

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação por tratamento dos valores médios e erro padrão da altura e peso das plantas manjerona e manjeriço38

Tabela 2 - Qualidade da água coletada em dois pontos dos sistemas de aquaponia em relação a quantidade de minerais, pH e condutividade elétrica.....44

Tabela 3 - Qualidade da água coletada em dois pontos dos sistemas de aquaponia em relação a quantidade de minerais e alcalinidade.....44

Tabela - 4 - Números referentes ao peso final em gramas e o tamanho final de peixes em centímetros nos diferentes tratamentos..... 45

LISTA DE FIGURAS

- Figura - 1 - Valores médios e erro padrão da altura de manjerona e manjerição em função das diferentes densidades de peixe39
- Figura - 2 - Valores médios e erro padrão do peso da manjerona e manjerição em função das diferentes densidades de peixe..... 41
- Figura - 3 - Gráfico indicando o crescimento da manjerição em centímetros em função do tempo sob os quatro diferentes tratamentos.....41
- Figura - 4 - Gráfico indicando o crescimento da manjerição em centímetros em função do tempo sob os quatro diferentes tratamentos.....43
- Figura -5 - Gráfico indicando o ganho médio de peso dos peixes em gramas nos diferentes tratamentos em função do tempo..... 45

RELAÇÃO DE NOMENCLATURAS

pH - Potencial hidrogeniônico;

C.E. - Condutividade elétrica;

Ca - Cálcio;

Mg - Magnésio;

Na - Sódio;

K - Potássio;

NH₃ - Amônia;

Cl - Cloro;

NO₃ - Nitrato;

PO₄ - Fosfato;

SO₄ - Sulfato.

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.2. Seleção de espécie de peixe.....	19
2.3. Seleção de espécie de plantas.....	20
2.4. Proporções plantas versus peixes	22
2.5. Parâmetros de qualidade de água	23
2.6. Nitrificação bacteriana	24
2.7. Filtro biológico.....	26
2.8. Separação de Sólidos.....	28
2.10 Vantagens e desvantagens da aquaponia.....	29
3. OBJETIVO.....	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1. Local do experimento.....	30
4.2. Os sistemas de aquaponia.....	32
4.3. Delineamento experimental	36
5. RESULTADOS	39
6. DISCUSSÃO	50
7. CONCLUSÃO	54
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	54

INTRODUÇÃO

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. A aquaponia apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, por suas características de sustentabilidade (DIVER, 2006).

A crescente população mundial combinada com a crescente demanda por água impõe enorme pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimentos. A sustentabilidade deixa de ser uma bandeira política e moral e passa a ser uma necessidade. Conseqüentemente, a produção de alimentos com perda mínima de água e nutrientes é também uma necessidade, e a aquaponia uma das muitas possibilidades.

Apesar de a literatura acadêmica brasileira ser escassa sobre a aquaponia, há literatura abundante no exterior sobre o assunto, com destaque para países como Austrália, Estados Unidos, Israel e México. Observa-se que os países citados têm sérias dificuldades com a oferta de água, o que os obriga a buscar alternativas viáveis para a produção de alimentos com o máximo aproveitamento de água.

A aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, algo por muitos referidos como "Backyard Aquaponics", termo em inglês para "Aquaponia de Quintal". São os casos de pessoas que decidem, a partir de tambores e caixas de água, por exemplo, produzir peixes e hortaliças, conforme exemplificado na Ilustração 1.



Ilustração 1 - Foto de sistema de aquaponia de escala doméstica - "Aquaponia de Quintal".¹

A prática de produção de alimentos, em especial hortaliças, na própria residência é muito comum por todo o mundo, doravante referida como agricultura urbana, e tem sido bastante incentivada por contribuir com a sustentabilidade ao diminuir a pressão de demanda sobre o setor produtivo de alguns produtos (AQUINO, 2005). Todavia, há severas restrições referentes a agricultura urbana, principalmente no que tange ao risco de contaminação dos solos urbanos e da própria água a ser utilizada na irrigação se esta não for tratada. Este risco não está somente presente em propriedades domiciliares, mas também em propriedades rurais no entorno dos centros urbanos. Evidencia-se, portanto um conflito entre a demanda por produtos locais, frescos, altamente perecíveis, com vida de prateleira limitada, como no caso de hortaliças folhosas, e a capacidade sustentável real de produção local. Neste sentido a aquaponia apresenta-se como alternativa viável para a composição de uma possível solução para este conflito, uma vez que em aquaponia não há o contato da água com o solo possivelmente contaminado e há possibilidade da utilização de água tratada pelas centrais de abastecimento de água locais (opção mais comum) ou pelo tratamento da água de abastecimento por ozonização ou radiação ultravioleta minimizando os riscos de contaminação (MASSER, 1999). O volume de água necessário para abastecer um

¹ - Todas as ilustrações que aparecem nessa monografia, exceto as de nº 8, 10, 11,12, 13 e 14 foram coletadas, *in loco*, durante a realização da pesquisa realizada na Pine Tree Farm, para efeito do presente estudo.

sistema de aquaponia é baixo, se comparado aos sistemas tradicionais de olericultura e aquíicultura que necessitam de irrigação e renovação constante de água. Uma vez abastecido e em funcionamento, um sistema de aquaponia pode ficar por muitos meses sem a necessidade de troca de água, sendo necessária somente a reposição da água evaporada e evapotranspirada (DIVER, 2006).

A sanidade dos cultivos e a mitigação dos impactos ambientais destacam-se dentre os novos desafios, senão como os maiores desafios para a florescente aquíicultura brasileira. Patógenos utilizam a própria água de cultivo para difundir-se entre áreas e zonas de produção. Diversos resíduos orgânicos e inorgânicos de aquíicultura são dispersos no meio ambiente muitas vezes sem tratamento algum. Produções localizadas nas partes inferiores dos cursos de água muitas vezes estão expostas aos patógenos e aos contaminantes presentes na água advindos de produções localizadas nas partes superiores daquele corpo de água; a mesma lógica de risco e impacto pode ser aplicada aos reservatórios, aos lagos, aos estuários e às baías, uma vez que compartilham do mesmo corpo de água (POOERCH, 2012).

O crescente impacto ambiental e o crescente risco de contaminação dos corpos de água utilizados para a produção aquícola são algumas das conseqüências do aumento da produção e da quantidade de unidades produtivas no modelo de produção adotado no Brasil. Os riscos podem ser locais e imperceptíveis à população e até mesmo aos técnicos e produtores envolvidos, ou podem ter efeitos devastadores como os casos ocorridos com o salmão chileno quando do surto de anemia infecciosa do salmão (*ISA, infectious salmon anemia*), com o camarão de Santa Catarina quando do surto de mancha branca (*WSSV, White Spot Syndrome Virus*) ou das perdas causadas pela Necrose Hipodérmica Hematopoiética Infecciosa (*IHHN, Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis*) no camarão do Nordeste. A aquíicultura em recirculação, incluindo a aquaponia, apresenta-se como parte da solução para os desafios supracitados na produção comercial aquícola. Evidências desta possibilidade estão nos altos investimentos realizados por aquícultores em sistemas de recirculação no Brasil e o crescente interesse em sistemas de recirculação de água para a produção de alevinos (KUBITZA, 2011 e POOERCH, 2012).

Uma outra possibilidade de aproveitamento vantajosa do sistema produtivo de alimentos em aquaponia é a substituição de sistemas de produção de hortaliças em hidroponia clássica por aquaponia. Tal processo vem ocorrendo com sucesso no interior de São Paulo em cidades com

tradição hidropônica como São Roque. Nestas cidades algumas propriedades que trabalhavam com hidroponia clássica, em que nutrientes são dissolvidos em água e posteriormente ofertados à hortaliças, estão substituindo suas hidroponias por aquaponias com sucesso. O rendimento vegetal comparado entre cultivos em aquaponia, hidroponia e em solo, tem demonstrado equivalência em rendimento de variedades plantadas em hidroponia e aquaponia, ambas com rendimento superior ao cultivo em solo em diversos parâmetros (BRAZ, 2010 e JUNGE, 2008).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Rakocy (2006), a aquaponia oferece uma série de benefícios por ser uma modalidade de cultivo integrado, onde uma segunda cultura aproveita os subprodutos de uma primeira cultura em seu benefício e em benefício do meio.

Segundo Barbosa (2011), a aquicultura tradicional pode causar sérios problemas principalmente devido ao descarte de efluentes, e o risco de introdução de espécies e patógenos no meio ambiente aquático local. O autor afirma ainda que o reaproveitamento dos nutrientes, assim como a nitrificação bacteriana com a consequente fixação do nitrogênio pelos vegetais superiores mostraram-se técnica e ecologicamente adequados.

Braz (2000) ressalta que a aquaponia apresenta-se como um sistema de criação de peixes "Super Intensivo com Recirculação de Água" (SIRA), cujas principais vantagens são o controle da qualidade da água, a minimização dos resíduos orgânicos resultantes da aquicultura, redução na proliferação de algas e fungos que podem conferir sabor desagradável ao pescado, manutenção das condições ambientais propícias para a criação por todo o ano, possibilidade de obtenção de várias safras durante o ano e possibilidade de manejo intensivo intenso para a obtenção de produtos mais homogêneos.

Alguns autores como Lennard (2004) e Braz (2000), afirmam que as crescentes restrições e custos quanto ao uso da água já obrigam produtores rurais em inúmeros países a buscarem alternativas mais econômicas no que tange a utilização da água para viabilização da produção de alimentos.

2.1. Aquicultura em recirculação

A aquicultura em sistemas de recirculação apresenta-se como uma crescente realidade no Brasil e no mundo. Na maioria dos casos a aquicultura em recirculação utiliza filtros biológicos para remoção dos resíduos potencialmente tóxicos da água (TYSON, 2007). Para serem viáveis economicamente, sistemas de recirculação de água e nutrientes na criação de peixes geralmente são desenhados para sustentarem altas densidades, atingindo capacidades de estocagem superior a cem quilos de peixe por metro cúbico de água (100 kg/m³) (LOSORDO, 1998), quando cultivos tradicionais no Brasil utilizam muitas vezes densidades de um quilo de peixe por metro cúbico de água (1 kg/m³). Segundo Braz (2000), em sistemas super intensivos de aquicultura é possível produzir em 250 m² de lâmina de água, com mínima renovação de água, o equivalente à produção de 15.000 m² de viveiros escavados com até 20% de renovação de água diária.

Muitos dos sistemas de aquicultura em recirculação diferenciam-se da aquaponia pela ausência da parcela vegetal e utilizam-se de outros métodos para transformar, retirar e utilizar os nutrientes diluídos na água (RACOCY, 2006).

Os desenhos de um sistema de aquaponia podem variar muito, porém são necessários a realização de três processos complementares, o cultivo dos peixes no viveiro (onde há a entrada de nutrientes na forma de ração), a nitrificação das diferentes formas de apresentação do nitrogênio em filtros biológicos e mesas de hidroponia e a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema. Em aquaponia os peixes também são, em geral, estocados em altas densidades, com a circulação contínua de água e utilização de sistemas de aeração secundários nos viveiros de peixes (RAKOCY, 2007).

2.2. Seleção de espécie de peixe

A alta densidade de peixes nos viveiros, característica de muitos sistemas de aquaponia e de sistemas de recirculação de água, é limitador na definição da espécie de peixe a ser utilizada. A espécie de peixe deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e manejo frequente, que também é outra característica da aquaponia. Algumas espécies são utilizadas na aquaponia como de bagre americano (*Ictalurus punctatus*), achigã (*Micropterus salmoides*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), perca gigante (*Lates calcarifer*), bacalhau australiano do rio (*Maccullochella peelii*) e tilápia (RAKOCY, 2006),

podendo algumas espécies serem utilizadas inclusive em consórcio com crustáceos, como o lagostino australiano da garra vermelha (*Cherax quadricarinatus*) (MARTAN, 2008). A literatura científica brasileira traz um experimento interessante e com bastante sucesso na utilização de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) em hidroponia no tratamento de efluentes oriundos do berçário de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*).

A tilápia, por ser um peixe bastante rústico e resistente, ter boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter seu pacote tecnológico de cultivo, de melhoramento, de reprodução e de nutrição avançados e difundidos por todo o mundo e por ter, em geral, um bom preço comercial, tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (MARENGONI, 2006).



Ilustração 2 - Foto de tilápia criada em aquaponia

2.3. Seleção de espécie de plantas

A seleção das espécies de plantas a serem cultivadas em sistemas de aquaponia comercial deve ter como base primeiramente o mercado. Com base nas necessidades do mercado é possível desenhar o sistema de aquaponia para produzir praticamente qualquer vegetal de pequeno e médio porte. O desenho dos sistemas deve observar as necessidades e as limitações das plantas escolhidas relacionadas a espaço, nutrição, aeração, hidratação, temperatura, radiação solar, dentre outros fatores. Alguns vegetais se adaptam bem a esse cultivo como alface, manjericão (*Ocimum basilicum*), agrião, repolho (*Brassica oleracea var*), rúcula (*Eruca sativa*), morango (*Fragaria vesca*), pimenta (*Capsicum spp*), tomate (*Solanum lycopersicum*) e pepino (*Cucumis sativus*). (BRAZ, 2000, PANTANELLA, 2010, TYSON, 2007, JONES, 2002, RAKOCY, 2007, GARCIA-ULLOA, 2005 e RONZÓN-ORTEGA, 2012).

Espécies e variedades vegetais adaptadas a hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia, uma vez que a maioria delas toleram altos teores de água em suas raízes, toleram significativas variações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva sem apresentar sintomas de deficiência nutricional e têm o crescimento ótimo entre o pH de 5,8 e 6,2 (RAKOCY, 2007).

O manjericão e a manjerona (Ilustração 3) são espécies muito adaptadas para o cultivo em climas tropicais e temperados. Toleram altos índices de umidade em suas raízes e são muito utilizadas na culinária na produção de molhos, temperos secos e chás, na medicina popular e na indústria são utilizados na extração de óleos e essências.



Ilustração 3: Foto de manjericao e manjerona em aquaponia

2.4. Proporções plantas versus peixes

O quantitativo de plantas a ser utilizado está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema, o que por sua vez limita a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. A literatura sugere proporções entre viveiro de peixes e a parte hidropônica que variam de 1:1 para até 1:4 no que tange ao volume de água do viveiro de peixes e da parte vegetal (DIVER, 2006). Outra forma de quantificar a proporção é baseada na quantidade de ração ofertada diariamente aos peixes, na proporção de 60 a 100 gramas de ração de peixe por dia para cada metro de canteiro de hidroponia (RACOCY, 2006). Há ainda uma terceira forma de dimensionar as proporções entre peixes e plantas que é a proporção de 1 kg de peixe para cada 7 kg de plantas (WILSON, 2005). Deduz-se, portanto, que a parte hidropônica ocupa uma área muito maior do que a área de viveiro de peixes, o que, somado ao fato que o ciclo das hortaliças (25 a 90 dias) é muito mais curto do que o ciclo do peixes (210 a 270 dias), ficando evidente a grande importância da parte vegetal em sistemas aquapônicos (RAKOCY, 2007).

2.5. Parâmetros de qualidade de água

Plantas cultivadas em aquaponia necessitam em geral de oxigênio, hidrogênio e carbono, disponíveis na água e na atmosfera; nitrogênio, disponível também na atmosfera mas de limitada absorção pelos vegetais superiores, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, e enxofre (macronutrientes); e cloro, ferro, manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio (micronutrientes; que em geral são ofertados na solução nutritiva da água (FERRI, 1979).

O pH exerce influência na disponibilidade de nutrientes para as plantas; nutrientes como ferro, manganês, boro, zinco e cobre decrescem drasticamente em disponibilidade em níveis de pH superiores a 7,0; nutrientes como fósforo, magnésio, cálcio e molibdênio decrescem em solubilidade em níveis de pH inferiores a 6. (FERRI, 1979). O pH ainda exerce determinante influência sobre o ciclo mais importante dentro de um sistema de aquaponia e um dos ciclos mais importantes na natureza, o ciclo de nitrificação do nitrogênio. As bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrossomonas* e *nitrobarcters*, de ocorrência natural e responsáveis pela nitrificação do amoníaco, são predominantemente aeróbicas e têm como pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0, tendo sua atividade reduzida a medida que o pH se distância da neutralidade. Assim, recomenda-se o acompanhamento periódico da água aferindo temperatura, condutividade elétrica e pH, fazendo possíveis adições de calcário (BRAZ, 2000).

Ademais, o desequilíbrio dos nutrientes pode ainda afetar a absorção dos outros nutrientes, como, por exemplo, o excesso de potássio afeta a absorção de magnésio e cálcio por algumas plantas. A falta de molibdênio em níveis suficientes pode afetar a absorção e incorporação do nitrogênio pelas plantas (FERRI, 1979). Outro exemplo de desequilíbrio é a possível insuficiência na oferta de ferro para as plantas em determinadas situações. Tal deficiência, relativamente comum em sistemas de aquaponia, gera a necessidade de suplementação por ferro até as concentração mínima de 2 mg/L ou ainda por adubação foliar suplementar. Em aquaponia um outro fator que pode influenciar no rendimento das plantas é a quantidade de oxigênio dissolvido na água, que é determinante na seleção das espécies de microrganismo que se fixarão nas raízes das plantas (RAKOCY, 2007). Via de regra, quanto mais altos os níveis de oxigênio dissolvidos na água mais benéficos ao sistema serão os

microrganismos que se fixarão às raízes das plantas, enquanto que sob baixos níveis de oxigênio dissolvidos há uma maior probabilidade de microrganismos maléficos se fixarem às raízes das plantas (RAKOCY, 2007).



Ilustração 4: Foto de viveiro de peixes em sistema de aquaponia

2.6. Nitrificação bacteriana

O nitrogênio orgânico presente nos restos de ração não ingeridos pelos peixes e nos dejetos sólidos dos peixes é decomposto em amônia por inúmeros microrganismos heterotróficos presentes na água, podendo acumular no sistema até atingir o ponto de toxicidade para os peixes e até mesmo para as plantas. Portanto, é necessário retirar ou transformar a amônia presente no sistema. Parte da remoção da amônia se dá diretamente pelas plantas, uma vez que plantas utilizadas em hidroponia ou mesmo as plantas utilizadas em filtros biológicos, como o agrião, o papiro (*Cyperus papyrus*), o lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e a taboa (*Typha domingensis*), têm variáveis, apesar de geralmente reduzidas, capacidades de absorção de amônia

em seu sistema radicular. A maior parte da amônia dissolvida na água necessita ser convertida em nitrato, forma de apresentação do nitrogênio de preferência da maioria das plantas de interesse em aquaponia (TOKUYAMA, 2004).

No processo de nitrificação as bactérias dos gêneros *nitrossomonas* e *nitrobarcters* oxidam a amônia inicialmente para nitrito, que pode ser tóxico, e, posteriormente, para nitrato. A taxa de nitrificação em ambientes aquáticos é potencializada em ambientes com pH próximo do neutro podendo ocorrer acúmulo de nitrito, relacionado diretamente à sensibilidade da bactéria do grupo nitrobacter aos sais de amônio em condições excessivamente alcalinas (BRAZ, 2010). São estas bactérias os seres vivos responsáveis por grande parte do processo de nitrificação biológica no meio ambiente (TOKUYAMA, 2004).

Bactérias nitrificantes precisam de ambiente amplamente aeróbico, pH perto da neutralidade, temperaturas entre 20 e 28° C, alcalinidade ótima mínima de 100 mg/L, superfície de fixação, conforme indicado na Ilustração 5, para realizar seu papel na nitrificação. Assim, ao projetar um sistema de aquaponia, é necessário incluir um ambiente com ampla superfície de fixação para as bactérias; seixo rolado, argila expandida, brita, telhas coloniais quebradas, entre outros, são alguns exemplos de substratos comumente utilizados (RAKOCY, 2006 e BRAZ, 2000).



Ilustração 5: Foto de raiz de planta de filtro biológico, onde colônias de bactérias tendem a se estabelecer.

2.7. Filtro biológico

O ambiente apropriado para a realização da nitrificação é o próprio filtro biológico do sistema. Este filtro pode ser do tipo "alagado" de maneira que esteja sempre cheio de água (Ilustração 6) ou de nível variável de maneira que o nível da água esteja periodicamente alternando entre cheio e vazio (Ilustração 7). Filtros alagados podem comprometer a nitrificação em áreas de baixa circulação de água e de baixas taxas de oxigênio dissolvido na água. As áreas de baixa circulação de água são causadas por deficiências no desenho do sistema, uma vez que a água buscará o caminho mais curto e eficiente entre a entrada e a saída do filtro, podendo gerar pouca renovação em pontos periféricos. As baixas taxas de oxigênio dissolvido podem promover o acúmulo de microrganismos maléficos às plantas em suas raízes, e tornar o ambiente desfavorável para a formação de colônias de bactérias *nitrossomonas* e *nitrobacters*, que são aeróbicas. Filtros mais eficientes possuem equipamentos hidráulicos (Ilustração 8) que permitem que o nível da água do tanque varie entre totalmente cheio e quase que totalmente vazio. Esta variação permite que as bactérias e as raízes das plantas respirem o oxigênio atmosférico enquanto o filtro estiver vazio; e permite que quando o filtro voltar a encher-se a água leve hidratação e nutrientes por toda extensão do filtro biológico. Além dos filtros biológicos, o próprio meio de suporte das plantas nas mesas e calhas de hidroponia servem para fixação de bactérias em ambiente onde a água é corrente e está em constante oxigenação devido a sua turbulência (BRAZ, 2000, RAKOCY, 2006 e BARBOSA, 2011).



Ilustração 6: Foto de filtro biológico alagado.



Ilustração 7: Foto de filtro biológico de nível variável, no detalhe interno do filtro, na posição direita da imagem o sifão regulador de nível.

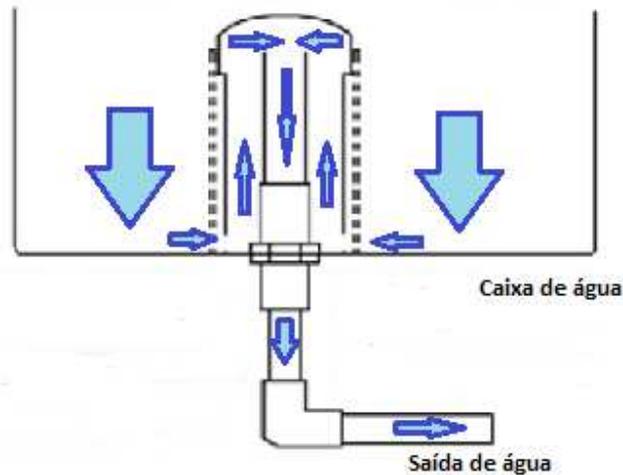


Ilustração 8: Esquema do equipamento hidráulico utilizado para alternar o nível da água no filtro de nível variável, com indicação de fluxo de água quando equipamento está ativado. (Ilustração de elaboração de Guilherme Crispim Hundley)

2.8. Separação de Sólidos

Para evitar o entupimento dos sistemas de produção em aquaponia são necessários sistemas suplementares de separação de sólidos. Busca-se no caso separar por exemplo os restos sólidos de ração, dejetos de peixes, colônias mortas de bactérias e algas filamentosas. O acúmulo de sólidos pode entupir o encanamento, filtros, saídas de água e bombas. Filtros de tela são pouco eficientes pois tendem a entupir com o estabelecimento de colônias de bactérias no próprio filtro telado. Outros tipos de separadores de sólidos que utilizam os princípios da centrifugação, decantação e clarificação mostram-se muito mais eficientes na separação dos sólidos e são utilizados com frequência por produtores em sistemas de aquaponia (Ilustração 9) (LOSORDO, 1998 e BRAZ, 2000).



Ilustração 9: Foto de tambor de decantação.

2.10 Vantagens e desvantagens da aquaponia

Afere-se que a aquaponia, dentro de suas limitações, é uma alternativa viável para a produção de alimentos saudáveis de maneira relativamente sustentável.

As principais vantagens da produção em aquaponia segundo Herbert (2008) e Braz (2000) são:

- Utilização de uma quantidade mínima de água;
- Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo;
- Aproveitamento integral dos insumos água e ração;
- Possibilidade de trabalhar como um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças;
- Obtenção de produtos de alta qualidade, livre de agrotóxicos e antibióticos;
- Diversificação na produção permite renda contínua ao produtor;
- Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos;

- Minimização dos riscos de introdução de espécies exógenas a aquíferos;
- Licenciamento para a produção facilitado.

As principais desvantagens da produção em aquaponia, ainda segundo os autores são:

- Dependência contínua em energia elétrica;
- Severas limitações quanto a utilização de agrotóxicos e antibióticos;
- Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia; hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras;
- Altos custos de investimento inicial;
- Pouca tecnologia difundida na área no Brasil.

3. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade da água em diferentes densidades de cultivo de tilápia em sistema de aquaponia.

3.1. Objetivos específicos:

Avaliar o desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*);

Avaliar o crescimento e peso da Manjerona *Origanum majorana*);

Avaliar o crescimento e peso do Manjericão (*Ocimum basilicum*);

Avaliar a qualidade de água em diferente densidade de peixe.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi realizado na propriedade Pine Tree Farm, localizada na região administrativa do Jardim Botânico, em Brasília, no Distrito Federal, Brasil. A Pine Tree Farm está a 1023 m (mil e vinte três metros) de altitude, a 15°52'31,36" Sul e 47°48'01,28" Oeste.



Ilustração 10: Imagem de satélite da Pine Tree Farm.²

² - Imagem retirada da *Internet - Site GoogleEarth.com*.

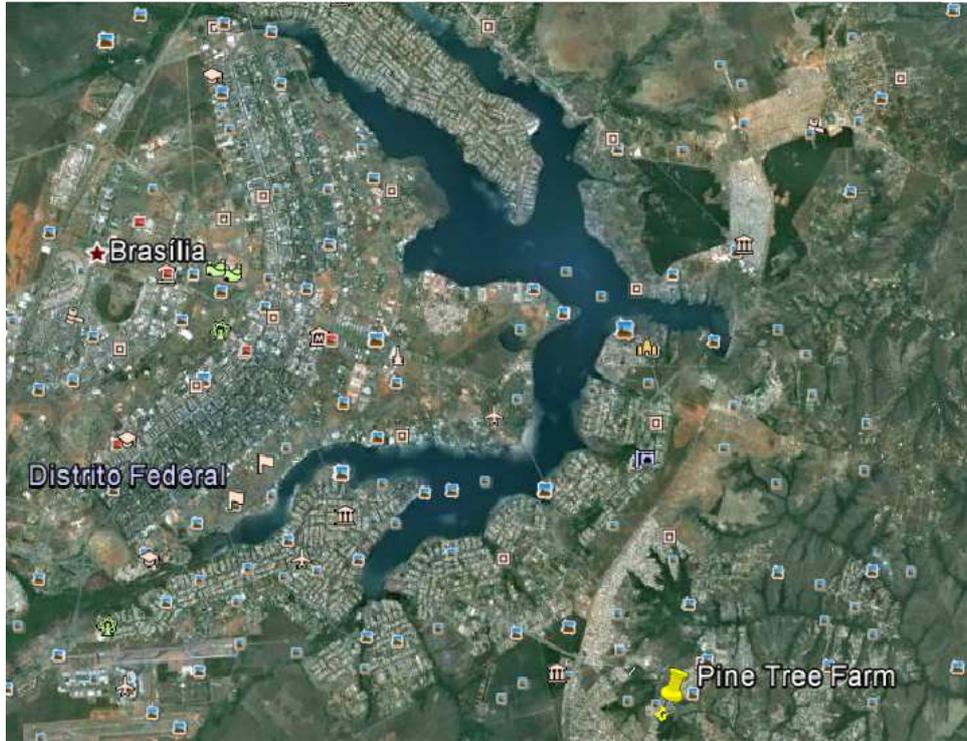


Ilustração 11: Imagem de satélite com localização Pine Tree Farm em relação a Brasília.³

4.2. Os sistemas de aquaponia

Os sistemas de aquaponia utilizados no experimento foram montados e adaptados para possuir componentes uniformes para cada um dos tratamentos. A ilustração 12 traz a identificação dos principais componentes.

³ - imagem retirada da *Internet - Site GoogleEarth.com*.

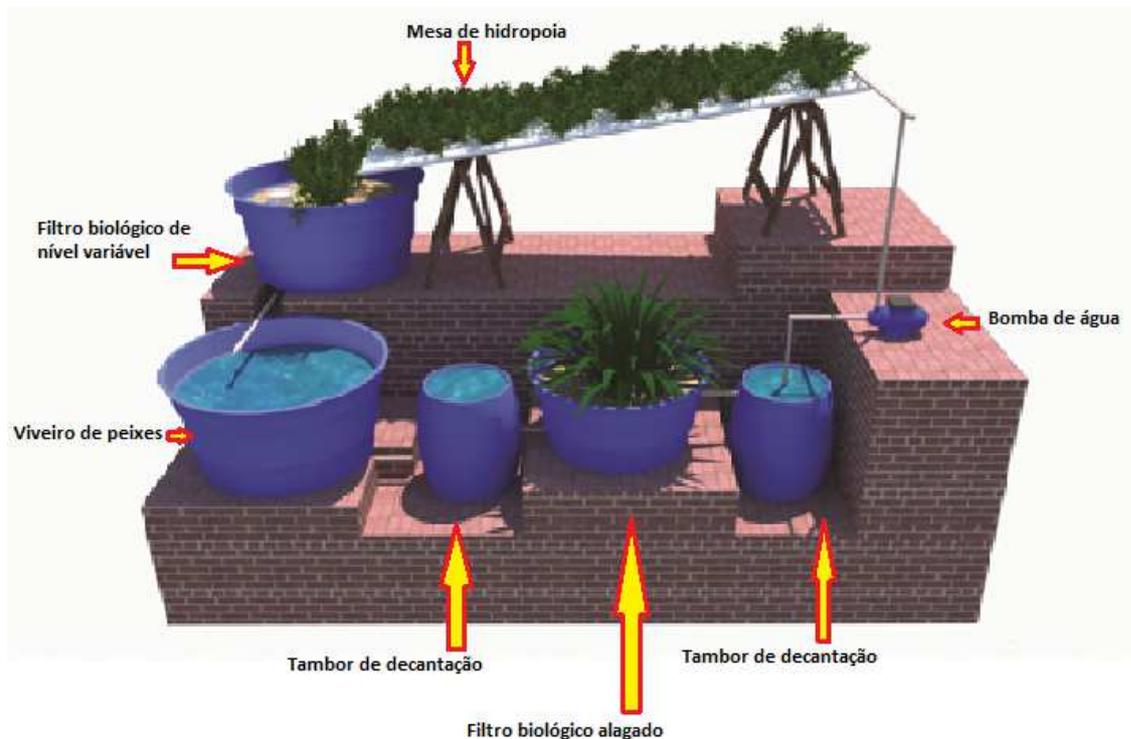


Ilustração 12: Esquema de sistema de aquaponia utilizado: vista lateral; (Ilustração elaborada por Luis Imenes)

O sistema de aquaponia utilizado no experimento foi composto de uma caixa de 3.000 L (três mil litros) utilizada como viveiro onde foram alocados os alevinos. A saída de água do viveiro foi localizada no fundo e no centro da caixa de água em uma saída de água com tubulação de 60 mm (sessenta milímetros) que passou em uma expansão para uma tubulação de 100 mm (cem milímetros), que seguiu para um tambor de capacidade de 240 L (duzentos e quarenta litros), que funcionou como decantador de sólidos (Ilustração 9).

A entrada de água do tambor de decantação foi localizada a 20 cm (vinte centímetros) do fundo do tambor e a saída de água a 70 cm (setenta centímetros) do fundo do tambor, em tubulação de 60 mm (sessenta milímetros). A diferença entre as alturas das tubulações de entrada e saída visa promover a decantação de sólidos no tambor com a queda de velocidade ocorrida dentro do tambor.

A tubulação de 60 mm (sessenta milímetros) seguiu para uma caixa de água de 500 L (quinhentos litros), utilizada como filtro biológico alagado (Ilustração 6), plantado com papiro e lírio do brejo. Do filtro alagado, por uma tubulação de 60 mm (sessenta milímetros) a água foi escoada para o tambor de bombeamento, onde foi posicionada uma bomba de água submersa com vazão máxima de 2.400 L/h (dois mil e quatrocentos litros por hora) na horizontal, com vazão real calculada em 1600 L/h (mil e seiscentos litros por hora) na altura de um metro e meio utilizada no experimento;

A saída vertical de água da bomba foi realizada através de uma tubulação de 32 mm (trinta e dois milímetros) de um metro e meio de altura, que ao seu final se divide em forma de "T" em dois canos horizontais de 25 mm (vinte e cinco milímetros) com doze furos por onde foi distribuída a água na parte hidropônica.

Os furos na tubulação de 25 mm (vinte e cinco milímetros) distribuíram a água em doze calhas de hidroponia (Ilustração 3) com 6 m (seis metros) de comprimento plantadas com cento e cinquenta mudas de manjerona (*Origanum majorana*) e 150 (cento e cinquenta) mudas de manjeriço, espaçadas entre si por 10 cm (dez centímetros) entre plantas na mesma calha e 15 cm (quinze centímetros) entre calhas.

A água de retorno das calhas seguiu diretamente para uma caixa de água de 2.000 L (dois mil litros), utilizada como filtro biológico de nível variável (Ilustração 7) com agrião plantado e com um sifão instalado para variação de nível e retirada da água, com saída de água em tubulação de 32 mm (trinta e dois milímetros) que retornou a água para o viveiro do peixes, fechando o círculo contínuo de água e nutrientes.

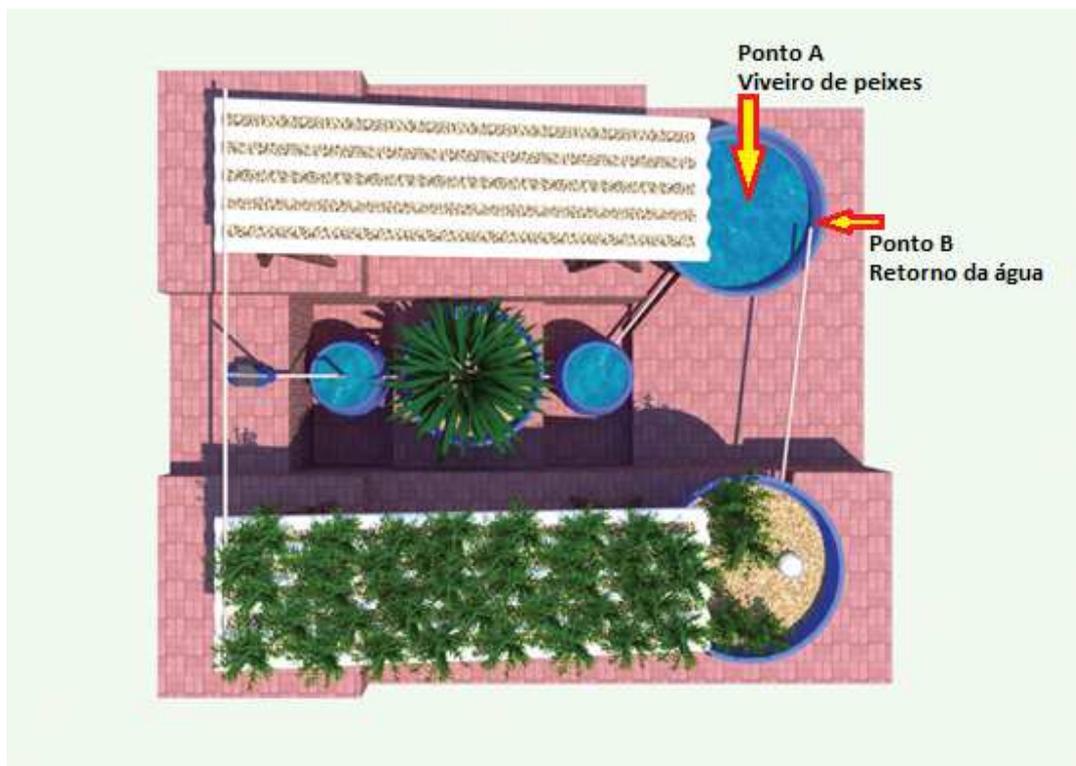


Ilustração 13: Esquema de sistema de aquaponia utilizado: planta; No detalhe indicações dos pontos de coleta de água. (Ilustração elaborada por Luis Imenes)

de água), Tratamento 3: 250 g/m³ (duzentos e cinquenta gramas de peixes por metro cúbico de água), Tratamento 4: 500 g/m³ (quinhentas gramas de peixes por metro cúbico de água). O peso médio dos alevinos doados pela Granja do Ipê para o experimento foi de 6,96 gramas (Ilustrações 4 e 15), com o desvio padrão de mais ou menos 1,19 gramas, com uma taxa de sobrevivência de 100%.



Ilustração 15: Foto de peixes em sistema de aquaponia.

Todos os peixes foram alimentados com ração isoproteica de 42% de proteína bruta, com 3400 Kcal/Kg (energia digestível em quilo calorías por quilo de ração), com extrato estéril mínimo de 9 %, com 3 % de cálcio, 1,5 % de fósforo, e 500 mg de vitamina C por Kg de ração, segundo informações do fabricante.

Os animais foram alimentados com 5% do peso vivo com biometrias ajustadoras realizadas a cada quinze dias.

As plantas de manjericão e manjerona (150 de cada espécie) foram plantadas nas calhas de hidroponia através de estacas uniformizadas em 12 cm, deixando 4 cm de parte aérea em cada estaca. O peso de cada estaca foi de 2 g. Foram plantadas ainda 100 estacas de agrião nos filtros biológicos de nível variável e foram podadas todas as plantas do filtro biológico alagado.



Ilustração 16: Foto de peixes e plantas medidos.

Ao fim de cada bloco toda a água de cada sistema foi trocada, todos os peixes foram retirados, todas as plantas dos filtros biológicos alagados foram podadas rente ao nível da água, todo o agrião foi colhido e posteriormente podado no filtro biológico de nível variável e todas as plantas de manjerição e manjerona foram retiradas.

A cada 15 dias uma amostra de peixes foi pesada para tabulação (Ilustração 16) e para ajustar o quantitativo de ração a ser ofertada. A cada 15 dias amostras das plantas foram medidas em relação a altura para tabulação. O monitoramento da temperatura da água e da temperatura da estufa foi diário. A cada 15 dias amostras de água foram coletadas e enviadas para o laboratório para análise.

Os parâmetros de qualidade: pH, os níveis de alcalinidade, amônia, nitrato, fósforo, magnésio, cálcio, sódio, ferro, zinco, flúor, cloro, potássio e enxofre, foram medidos no laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília. O primeiro ponto de coleta para aferição de qualidade de água no sistema de aquaponia foi feito no viveiro de peixes (Ponto A), e o

segundo no retorno da água do filtro biológico de nível variável (Ponto B), conforme Ilustração 13.

Ao final de cada bloco novas amostras de água foram recolhidas e as plantas e os peixes foram medidos e pesados.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa PAST, sendo as médias comparadas pela Anova Oneway teste t e teste de Duncan com 1 e 5 % de significância.

5. RESULTADOS

A temperatura da água e do ar, dentre outros fatores, afetam o desenvolvimento dos peixes e das plantas. Os dados referentes à temperatura foram coletados às 09h00min horas de todos os dias de cada bloco. As temperaturas médias observadas durante o experimento foram de $24 \pm 1,95$ °C para a temperatura do ar e $20,4 \pm 1,44$ °C para a temperatura da água.

Não foi observada diferença significativa na comparação entre o manjeriço e a manjerona em relação ao peso e a altura nos diferentes tratamentos (tabela 1).

Tabela 1. Comparação por tratamento dos valores médios e erro padrão da altura e peso das plantas manjerona e manjeriço.

Tratamento	1		2		3		4	
	Altura	Peso	Altura	Peso	Altura	Peso	Altura	Peso
Manjerona	11,94 ± 7,76	4,88 ± 1,10	32,59 ± 4,51	26,36 ± 7,16	35,37 ± 3,75	54,30 ± 10,01	49,55 ± 14,18	83,37 ± 9,48
X								
Manjeriço	11,95 ± 4,15	6,69 ± 1,89	36,91 ± 2,34	26,24 ± 3,59	44,53 ± 5,92	66,84 ± 22,03	52,23 ± 10,84	96,96 ± 26,87
t	-0,007	-2,281	-0,683	0,012	-2,743	-0,892	-0,319	-0,758
p	0,995	0,15	0,565	0,992	0,111	0,466	0,779	0,528

Foi observada diferença significativa entre altura do manjeriço do tratamento 4 e os tratamentos 1 e 3 em função da diferentes densidade de peixe (figura 1). Foi observada diferença significativa em relação à altura da manjerona no tratamentos 4 em relação ao tratamento 1.

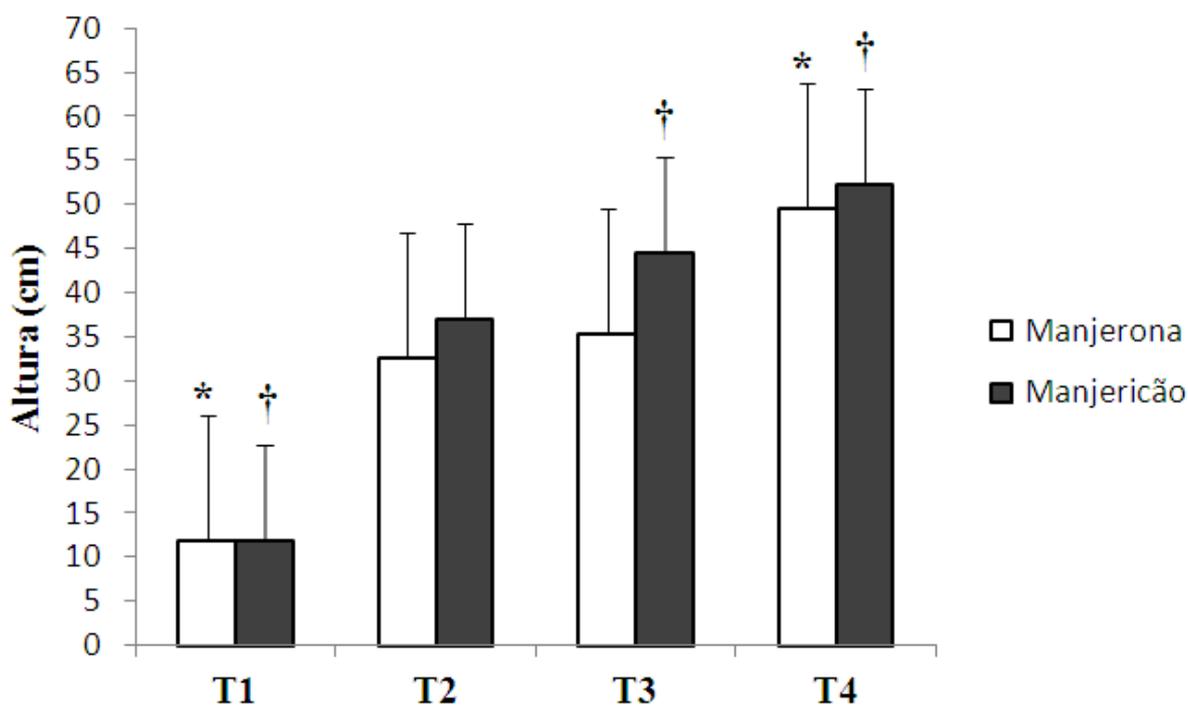


Figura 1. Valores médios e erro padrão da altura de manjerona e manjeriço em função das diferentes densidades de peixe. *($p>0,04$) 2 † ($p>0,03$). *Médias seguidas de símbolos iguais diferem a 5% de probabilidade pela Anova Oneway.

No tratamento 1 foi verificado presença de clorose na manjerona (Ilustração 15). A clorose é definida como um clareamento na tonalidade natural de verde da folha da planta. Segundo Ferri (1979) cada planta possui um intervalo de tonalidade de cores que indicam que a planta está saudável e algumas plantas, como o manjeriço e a manjerona, apresentam um clareamento desta tonalidade, a clorose.



Ilustração 17: Comparação entre planta bem nutrida e com clorose como sintoma de deficiência de nitrogênio em manjericão

Em relação ao peso do manjericão, foi observada diferença significativa no tratamento 4 em comparação ao tratamento 1 (figura 2). A manjericão durante o período experimental apresentou diferença estatisticamente diferente entre todos os tratamentos (figura 2).

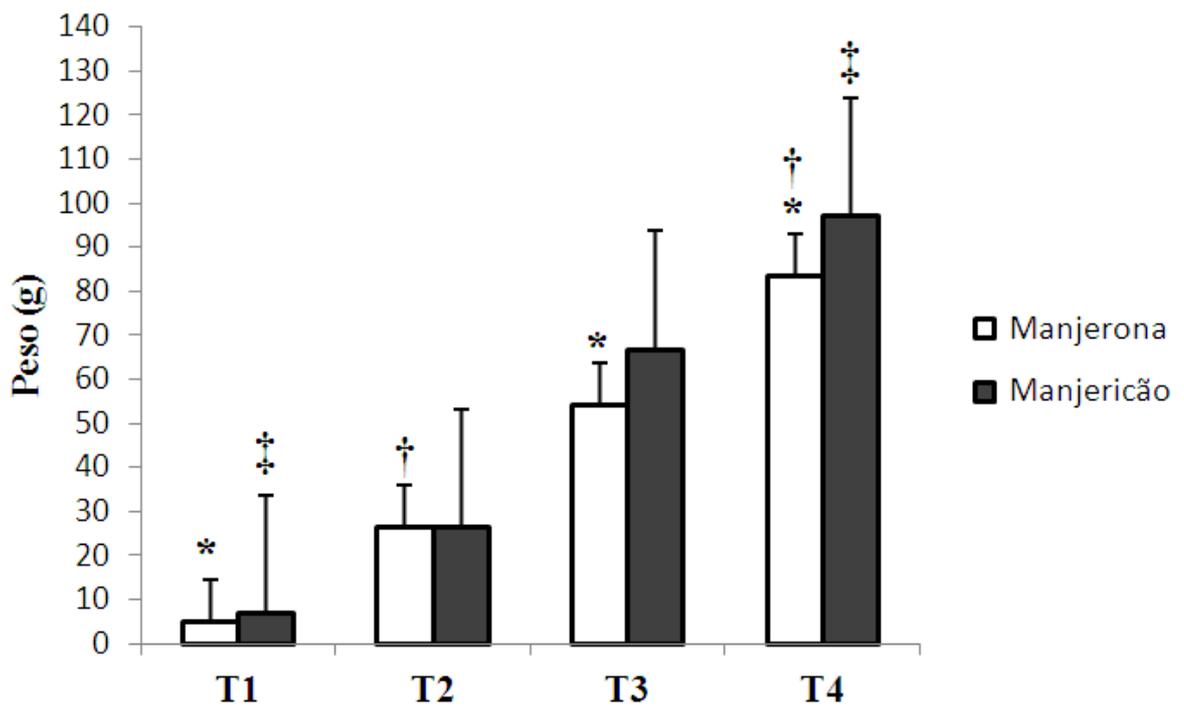


Figura 2. Valores médios e erro padrão do peso da manjerona e manjeriço em função das diferentes densidades de peixe. ‡ ($p > 0,02$), * ($p > 0,0006$), † ($p > 0,0038$). *Médias seguidas de símbolos iguais diferem a 5% de probabilidade pela Anova Oneway.

A figura 3 indica o desenvolvimento das plantas de manjerona em função do tempo em cada tratamento.

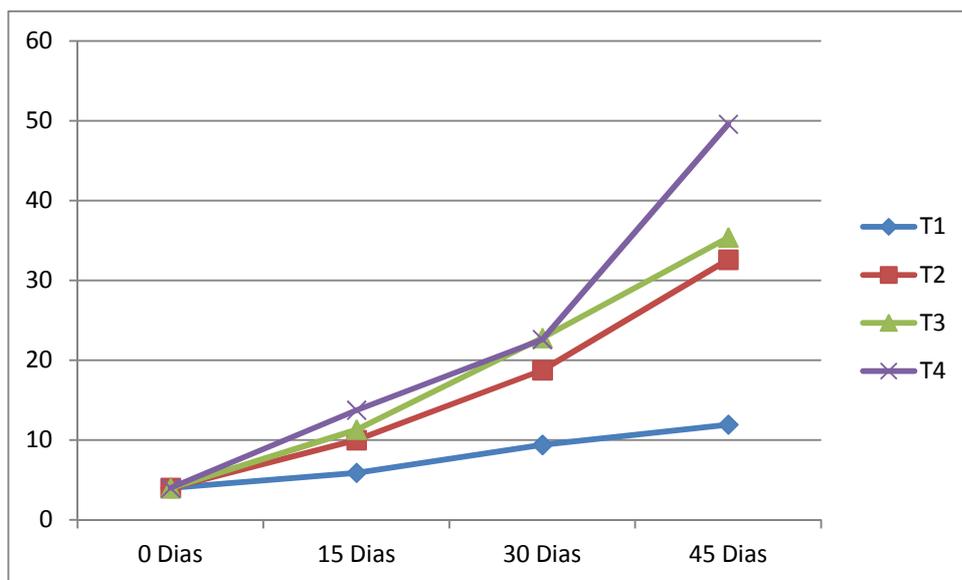


Figura 3: Gráfico indicando o crescimento da manjeriço em centímetros em função do tempo sob os quatro diferentes tratamentos

Nos tratamentos 1 e 2 foram observadas plantas de manjeriço com sinais de deficiência de nitrogênio, clorose generalizada, e plantas com deficiência de magnésio, clorose entre as nervuras.



Ilustração 18: Comparação entre planta bem nutrida e planta com clorose em plantas de manjeriço.



Ilustração 19: Detalhe de planta de manjerição com deficiência de magnésio, indicada por clorose entre nervuras.

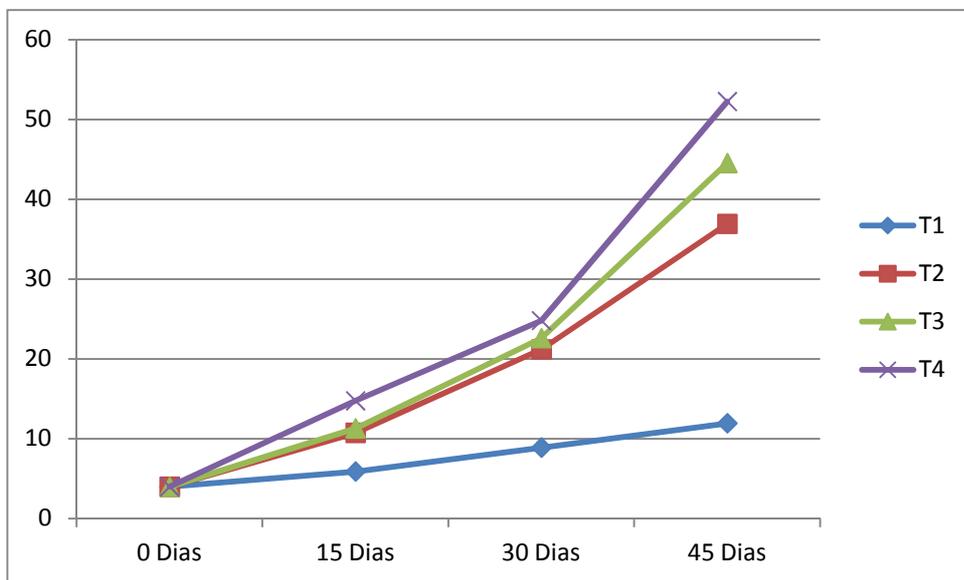


Figura 4: Gráfico indicando o crescimento da manjerição em centímetros em função do tempo sob os quatro diferentes tratamentos.

Não foi observada diferença estatisticamente significativa com relação aos parâmetros de pH e alcalinidade entre os diferentes tratamentos. Quanto a alguns minerais presentes na água, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos mais densos (3 e 4) e os tratamentos menos densos (1 e 2) conforme indicado nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Qualidade da água coletada em dois pontos dos sistemas de aquaponia em relação a quantidade de minerais, pH e condutividade elétrica. Condutividade elétrica em $\mu\text{S/cm}$, pH em $-\log_{10} [\text{H}^+]$, e concentração dos íons Ca, Mg, Na e K.

Tratamento	pH	C.E.	Ca	Mg	Na	K
Água do viveiro dos peixes						
1	6,80±0,15a	61,8±4,5b	7,1±0,96b	0,0±0,0c	5,5±0,63b	0,1±0,18b
2	6,06±0,20a	52,46±13,34b	7,71±3,16b	0,27±0,46b	2,88±0,35b	0,06±0,03b
3	6,50±0,23a	160,1±60,40a	22,0±9,24a	1,60±0,76a	6,6±0,76a	0,3±0,07a
4	5,60±1,38a	142,7±63,45a	15,1±7,03a	1,20±0,65a	9,8±0,65a	0,5±0,19a
Água de retorno das plantas						
1	6,90±0,40a	61,50±5,42b	7,70±0,929b	0,30±0,93a	5,50±0,66a	0,0±0,0b
2	6,20±0,25a	51,70±13,60b	7,30±2,70b	0,67±0,63a	2,85±0,35a	0,2±0,12b
3	6,70±0,05a	159,20±61,54a	21,5±9,66a	1,55±0,86a	6,91±2,06a	0,2±0,16b
4	5,80±0,05a	141,30±63,02a	16,30±8,36a	1,60±0,88a	9,80±6,63a	0,4±0,17a

*Médias seguidas de letras diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Tabela 3. Qualidade da água coletada em dois pontos dos sistemas de aquaponia em relação a quantidade de minerais e alcalinidade. Concentração dos íons NH_3 , Cl, NO_3 , SO_4 em ppm, e alcalinidade em mg/L de CaCO_3 .

Tratamento	NH_3	Cl	NO_3	PO_4	SO_4	Alcalinidade
Água do viveiro dos peixes						
1	0,10±0,11b	0,10±0,08b	1,30±0,34b	2,70±0,36b	0,30±0,37b	34,20±4,89a
2	0,15±0,10b	0,28±0,11b	11,61±5,72b	2,77±0,36b	0,82±0,74b	14,41±1,45a

3	0,40±0,11a	3,40±2,26a	35,90±29,02a	8,20±2,78a	6,20±4,09a	32,60±9,27a
4	1,30±1,05a	2,80±1,94a	27,50±35,06a	17,20±5,81a	6,80±4,76a	17,10±17,66a

Água de retorno das plantas

1	0,13±0,11a	0,63±0,96a	1,28±0,14a	2,45±0,58b	1,28±1,68a	33,49±6,25a
2	0,04±0,05a	0,27±0,07a	12,09±6,69a	3,23±0,45b	1,22±1,05a	14,40±1,88a
3	0,27±0,20a	3,29±2,43a	36,59±28,65a	8,08±3,37b	5,82±3,83a	34,34±9,11a
4	0,90±0,87a	2,80±1,93a	28,30±39,41a	16,60±5,40a	7,20±5,44a	17,70±18,12a

*Médias seguidas de letras diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Não foi observada diferença significativa para pH e alcalinidade. Nos parâmetros de condutividade elétrica e concentração dos diferentes íons foram observadas diferenças estatisticamente significativas dos tratamentos 3 e 4 em relação aos tratamentos 1 e 2.

Não foi observada diferença significativa quanto ao peso e ao comprimento final dos peixes entre os diferentes tratamentos (tabela 4 e figura 5). As densidades médias finais de peixes nos tratamentos 2, 3 e 4 foram 1,2 Kg/m³, 1,9 Kg/m³ e 4,5 Kg/m³ respectivamente.

Tabela 4. Números referentes ao peso final em gramas e o tamanho final de peixes em centímetros nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Peso Final (g)	Comprimento total (cm)
2	52,0± 18,0a	12,60± 2,47a
3	57,79± 20,5a	13,14± 2,43a
4	61,0± 24,6a	13,23± 2,83a

*Médias seguidas de letras diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Não foi observada diferença significativa quanto ao peso e ao comprimento final dos peixes entre os diferentes tratamentos (tabela 4 e figura 5). As densidades médias finais de peixes nos tratamentos 2, 3 e 4 foram 1,2 Kg/m³, 1,9 Kg/m³ e 4,5 Kg/m³ respectivamente.

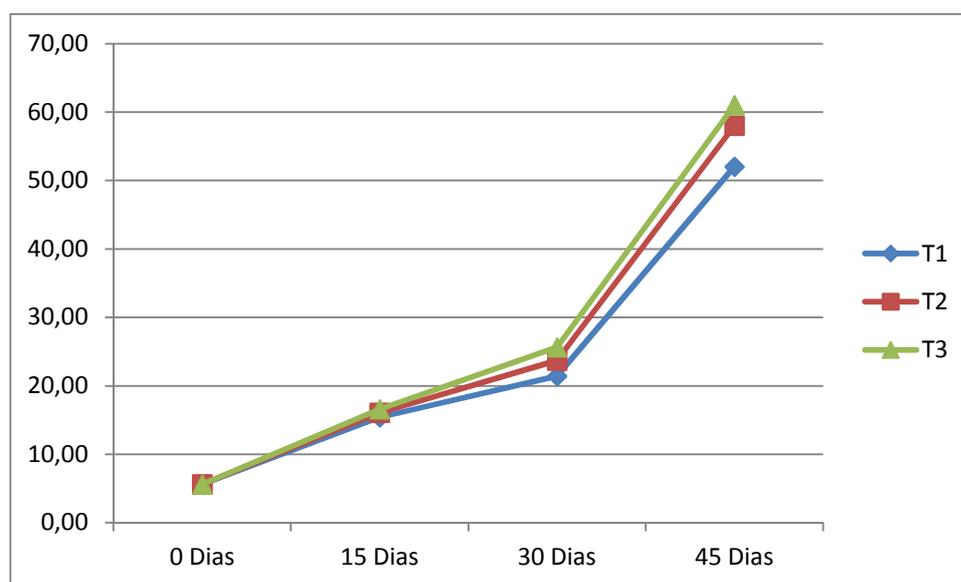


Figura 5. Gráfico indicando o ganho médio de peso dos peixes em gramas nos diferentes tratamentos em função do tempo.



Ilustração 20: Foto de peixes medidos e pesados durante experimento.

6. DISCUSSÃO

Não foi observada diferença significativa na comparação entre os pesos e as alturas da manjerona e manjericão em relação a cada tratamento conforme indicado na tabela 1, todavia percebe-se que ainda que não relevantes do ponto do vista estatístico do experimento, os resultados do manjericão foram sistematicamente superiores aos resultados de peso e comprimento da manjerona. Rakocy (2003) observou taxas similares de crescimento em seu estudo com manjericão em aquaponia.

Foi observada diferença significativa na altura do manjericão do tratamento 4 em relação aos tratamentos 1 e 3 em função das diferentes densidades de peixe. Essa diferença pode ser devido a quantidade de nutrientes presentes no viveiro de peixe, pois no tratamento 1 não houve a presença de peixes e os demais apresentam densidades crescentes de peixes. A

altura média do manjeriço foi 209% maior no Tratamento 2 em comparação ao Tratamento 1, enquanto que o peso variou em 292%. Observa-se que com uma adição de 67% e de 100% a mais de ração respectivamente entre os tratamentos houve uma variação relativamente uniforme de cerca de 20% na altura das plantas a cada tratamento. Resultados similares foram observados por Rakocy (2006) que indicou que a medida que mais nutrientes são adicionados ao sistema até a nutrição total das plantas, pode-se esperar um ganho no rendimento da planta com um crescimento. À medida que a planta se aproxima de seu estado de nutrição plena, adições de nutrientes têm um menor efeito, no caso do experimento uma adição de 100% de nutrientes entre os tratamentos 3 e 4 gerou um ganho de altura de 17% e de peso de 45%. A partir do ponto de nutrição plena as adições de nutrientes não mais ocasionam melhora de desempenho nas plantas, podendo inclusive gerar fitotoxidez (FERRI, 1979).

Foi observada diferença significativa para altura de manjerona nos tratamentos 4 em relação ao tratamento 1. A altura média da manjerona foi 915% maior no Tratamento 4 em comparação ao Tratamento 1. Provavelmente no tratamento 1 a quantidade de nutrientes disponíveis, por não ter a presença de peixe, não foi suficiente para promover correspondente ramificação das plantas, outra hipótese a este crescimento mais acelerado do tratamento 4 pode estar relacionado a uma maior concentração de nitrato na água a partir da nitrificação bacteriana. Observa-se que o aumento de nutrientes permite o alcance da altura de comercialização das plantas, cerca de 40 centímetros, no tratamento 4 mais rapidamente em comparação a outros tratamentos. Tal constatação corrobora com o previsto por Ferri (1979) que afirma que a insuficiência de nutrientes é um fator limitante no desenvolvimento das plantas. De acordo com o autor, a insuficiência de um nutriente pode levar a apresentação de deficiências nutricionais e/ou diminuição no crescimento das plantas, reguladas pela Lei dos Mínimos ou Lei de Liebig, que prevê o desenvolvimento de um vegetal é limitado pelo nutriente mais escasso dentro das necessidades da planta.

No tratamento 1, sem a presença de peixes, observou-se uma deficiência de nitrogênio caracterizada por clorose generalizada em toda a planta, tanto nas partes novas quanto nas velhas. Nas hortaliças, principalmente as folhosas, o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e no rendimento dos produtos colhidos. Assim, um adequado suprimento de nitrogênio está associado à alta atividade fotossintética e ao crescimento vegetativo vigoroso (CASTELLANE, 1994; FILGUEIRA, 2000). Segundo Cortez *et al*

(2000), doses de 100 e 75% de nitrato de cálcio foram capazes de promover os melhores resultados na produção de matéria fresca e seca de alface em hidroponia.

No presente estudo foi observada diferença significativa no peso do manjeriço no tratamento 4 em relação ao tratamento 1. Já em relação à planta manjerona foi observada diferença significativa do tratamento 4 em comparação com os tratamentos 1 e 3. Pode-se inferir que uma densidade maior de peixes, e uma conseqüente oferta maior de nutrientes, pode gerar um maior peso do manjeriço. Mais uma vez este resultado corrobora o que observou Rakocy (2003), indicando a deficiência de nutrientes como um fator limitante no crescimento vegetal.

Durante o experimento o manjeriço apresentou sinais de deficiência de nutrientes nos tratamentos 1 e 2. A deficiência de nutrientes foi identificada como deficiência de nitrogênio caracterizada por uma clorose generalizada em toda a planta, tanto nas partes novas quanto nas velhas, e deficiência de magnésio, caracterizada por clorose entre as nervuras das folhas da planta toda, especialmente concentrada na folhas das partes novas. Ferri (1979) destaca que um dos sintomas mais comuns com relação a deficiência de nitrogênio é a clorose generalizada por toda a planta.

Conforme o indicado na tabela 2 o pH médio variou de 5,6 para a água de viveiro do Tratamento 4 e 6,9 para a água do Tratamento 1. Os dados do presente experimento confirmam os estudos de Aquino (2006) e Tyson (2006) que indicam que a reação da quebra da matéria orgânica é inicialmente ácida. Esta constatação explicaria o fato de o sistema com a maior carga orgânica tem o menor pH, enquanto que o sistema com a menor carga orgânica têm o pH mais alto.

Os dados referentes a condutividade elétrica estão dentro do previsto por Tyson (2006), uma vez que os sistemas com maior concentração de íons e maior carga orgânica, tratamentos 3 e 4, possuem os maiores níveis de condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os dados relativos aos cátions de cálcio, magnésio, sódio e potássio e os íons de cloro fósforo e enxofre seguem todos o mesmo padrão previsto por Tyson (2007) e esperado com base nos dados referentes a condutividade elétrica: maior concentração nos tratamentos com maior densidade de peixes e menor concentração de íons nos tratamentos com menor concentração de peixes. Pantanella (2010) também observa uma relação positiva entre a concentração de íons e a condutividade elétrica, indicando ser este um parâmetro fundamental

para o controle da qualidade da água em aquaponia e em hidroponia. Em aquicultura os parâmetros sugeridos por Barbosa (2011) são entre 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Confirmando os estudos realizados por Barbosa (2011), as decrescentes concentrações de amônia e as crescentes concentrações de nitrato entre os pontos de coleta de água dentro do sistema de aquaponia foi comprovada a ocorrência do processo de nitrificação nos sistemas de aquaponia. Tokuyama (2004) sugere que o processo de nitrificação ocorre, predominantemente, nos filtros biológicos e nas mesas de hidroponia.

Apesar de não haver diferença significativa estatisticamente em relação ao peso final dos peixes entre os tratamentos, há uma tendência que sugere que o tratamento 4, com maior densidade de tilápias, pode ser também mais eficiente com relação ao desempenhos dos peixes. O aspecto ascendente dos parâmetros de desempenho produtivo dos peixes reflete à melhor qualidade da água a qual os peixes são expostos e a boa adaptação desta espécie de peixe a este sistema de cultivo intensivo (HUNDLEY et al., 2013).

Houve acompanhamento quinzenal do ganho de peso médio dos peixes no decorrer do experimento para os diferentes tratamentos. A aceleração do ganho de peso dos peixes na última quinzena de cada bloco do experimento indica um crescimento acelerado da tilápia a partir do ponto que atingem cerca de 20 gramas de peso.

7. CONCLUSÃO

As informações do presente estudo demonstram a viabilidade técnica da aquaponia e comprovam que a alta densidade de peixes proporcionou melhor desenvolvimento das plantas manjerona e manjericão, indicando assim que a densidade inicial de estocagem de 500 g/m³ é a mais eficiente das densidades testadas. As informações desse estudo poderão nortear novos experimentos vinculados a aquaponia, incentivando o desenvolvimento de metodologias ecoeficientes com capacidade na piscicultura e na olericultura de forma sustentável, além de fornecer ao mercado consumidor produtos de alta qualidade.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AQUINO, A. M. de, **Agroecologia, Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Embrapa, Brasília, DF, 2005.

BARBOSA, W. W. P. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjericão (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. 2011. 55p. Planejamento e Gestão Ambiental – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

BRAZ, M.. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água**. Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, SP. 2000.

CORTEZ, G.E.P.; et al., **Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes**. Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura, 2000, São Pedro. 2000.

BRAZ, M.; et al., **Agroindústria de processados**. São Roque, SP, 2010. DIVER, S. **Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture**. National Sustainable Agriculture Information Service, p. 1-27, Washington, EUA. 2006.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal 1**, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 1979.

HERBERT, S.; et al., **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 2008

GARCÍA-ULLOA, M. et al. **Evaluación de un sistema experimental de acuaponia**. Avances en investigación agropecuaria, n. 001. Colima, México. 2005.

HUNDLEY, G.M. C.; et al., **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Origanum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. 2013. (No prelo)

JONES, S. **Evolution of aquaponics**. Aquaponics J, v. 6, p. 14-17. Wisconsin, EUA. 2002.

JUNGE, R.; et al., **Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production**. ZHAW Zurich University of Applied Sciences, Institute for Natural Resource Sciences Gruental, Waedenswil, Switzerland. 2008.

KUBITZA, F. **Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água**, Panorama da Aquicultura, Laranjeiras, RJ, , p 14. 2011.

LENNARD, W. A. **Aquaponics research at RMIT university**, Melbourne Australia. Aquaponics Journal, v. 35, p. p18-24, 2004.

LOSORDO, T.M.; et al., **Recirculating aquaculture tank production systems: a review of component options**. S. Region Aquaculture Center Publication No. 453: 12 pgs. 1999.

LOSORDO, T.M.; et al., **Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations**. S. Region Aquaculture Center Publication No. 451: 6 pgs. 1998.

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

MARTAN, E. **Polyculture of Fishes in Aquaponics and Recirculating Aquaculture**. Aquaponics Journal, v. 48, p. 28-33. 2008.

MASSER, M. P.; et al., **Recirculating aquaculture tank production systems**. Management of recirculating systems. SRAC Publication 452, Virgin Islands, EUA. 1999.

MATEUS, J. **Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos.** RED hidroponía. Boletín 44, p7-10. 2009.

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

POERSH, L. H.; et al., **Bioflocos: Uma alternativa econômica viável para produtores de camarão em viveiro.** Panorama da Aquicultura, Laranjeiras, RJ, p 37. 2012.

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

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

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

SAVIDOV, N. A.; et al., **Fish and Plant Production in a Recirculating Aquaponic System: a New Approach to Sustainable Agriculture in Canada.** Montreal, Canada. 2007.

TOKUYAMA, T.; et al., **Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant.** Journal of bioscience and bioengineering, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004.

TYSON, R. V. **Reconciling pH for Ammonia Biofiltration in a Cucumber/Tilapia Aquaponics System Using a Perlite Medium.** University of Florida. 2007.

WILSON, G. **Australian barramundi farm goes aquaponic,** Aquaponics Journal, 37. Páginas 12–16. Sidney, Australia, 2005.



Obrigado!