

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS**  
**Curso de Zootecnia**

**PRODUÇÃO DE PEIXES E HORTALIÇAS EM SISTEMA**  
**AQUAPONICO COM VISTAS A SUSTENTABILIDADE**  
**AMBIENTAL**

Acadêmico: Marcos Daniel da Silva  
Orientadora: Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Padua

**GOIÂNIA – GO**

**2020**



**MARCOS DANIEL DA SILVA**



**PRODUÇÃO DE PEIXES E HORTALIÇAS EM SISTEMA  
AQUAPONICO COM VISTAS A SUSTENTABILIDADE  
AMBIENTAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia, junto ao Curso de Zootecnia da Escola de Ciências Agrárias e Biológicas, da Pontifícia Universidade Católica de

Orientadora: Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Padua

**GOIÂNIA – GO  
2020**



MARCOS DANIEL DA SILVA



**PRODUÇÃO DE PEIXES E HORTALIÇAS EM SISTEMA  
AQUAPONICO COM VISTAS A SUSTENTABILIDADE  
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à banca avaliadora em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ para conclusão da disciplina de TCC, no curso de Zootecnia, junto a Escola de Ciências Agrárias e Biológicas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo parte integrante para o título de Bacharel em Zootecnia.

Conceito final obtido pelo aluno: \_\_\_\_\_

---

Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Padua  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Roberto Malheiros  
PUC-GO

---

Prof. Dr. Breno de Faria Vasconcellos  
PUC-GO

**DEDICO**

Dedico esse trabalho a minha família que sempre me incentivou a batalhar para conseguir realizar meus objetivos, e ainda de forma especial ao meu filho que sempre me motiva a continuar a busca para ser uma pessoa melhor.

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a minha avó, Divina Ferreira da Silva, e a minha mãe, Sirlene da Penha Luiza da Silva, que me conduzem na formação acadêmica, profissional, moral e espiritual influenciando decisivamente todos os aspectos da vida,*

*Agradeço ao amigo Lucas Gondin, inspiração ética e moral, que tem os mesmos interesses de conhecimento na área de aquaponia e tudo que envolve a piscicultura*

*Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Delma machado, que com experiência, conhecimento e amizade por todo este trabalho me guia,*

*Agradeço aos demais integrantes da banca.*

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

*“Por fim, agradeço ao meu filho Thomas, que a cada dia me inspira a ser uma pessoa melhor.”*

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DETABELAS .....	ix
<b>1-INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Sustentabilidade do sistema de aquaponia .....	3
2.2 Caracterização do sistema de aquaponia .....	5
2.2.1 Sistemas aquapônicos de produção.....	9
2.3 Parâmetros básicos da aquaponia .....	16
2.4 Princípios ambientais.....	16
2.4.1 O pH da água .....	18
2.4.2 Temperatura da água .....	18
2.4.3 Oxigênio dissolvido .....	20
2.4.4 Perfil nitrogenado do sistema .....	19
2.4.5 Dureza da água .....	20
2.5 Principais espécies de peixes produzidos .....	21
2.6 Principais hortaliças produzidas.....	23
2.7 Pontos críticos de atenção .....	29
<b>3- CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>288</b>
<b>4- REFERÊNCIAS</b>	
<b>BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>299</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
<b>Figura 1-</b> Foto de sistema de aquaponia de escala doméstica “aquaponia de quintal” .....	5
<b>Figura 2-</b> Esquema básico de instalação de hidroponia no sistema NFT.....	6
<b>Figura 3-</b> Vista lateral em esquema de sistema de aquaponia comumente utilizado. ....	7
<b>Figura 4-</b> Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico.....	9
<b>Figura 5-</b> Detalhes das bancadas do sistema de aquaponia NFT, Fluxo Laminar de Nutrientes, DFT e semi seco juntos. ....	11
<b>Figura 6-</b> Detalhes das bancadas do sistema de aquaponiaDFT - Técnica de fluxo Profundo, os tanques de peixes “raceways”, e jangada de isopor com hortaliça.....	12
<b>Figura 7-</b> Sistema de aquaponia Media Bed Technique (MBT).....	13
<b>Figura 8-</b> Sistema em NFT por bombeamento, tanque, e canaletas em PVC com as plantas. ....	14
<b>Figura 9-</b> Vista geral dos módulos de aquaponia em DFT- Técnica de Fluxo Profundo.....	15
<b>Figura 10-</b> Esquema básico de uma aquaponia .....	16

## RESUMO

Nesta revisão de literatura estão discutidos aspectos da produção de peixes e hortaliças em sistema aquapônico, pois vem ao encontro da demanda atual de qualidade alimentar e sustentabilidade socioambiental. A aquaponia tem por princípio a produção de alimentos saudáveis com uma visão de respeito ao meio ambiente e atendimento às atuais demanda de um mercado consumidor mais consciente e exigente. Com isso é normal o surgimento do grande número de mercados com produtos ecológicos e orgânicos, sem o uso de produtos fitossanitários, que tragam uma melhor qualidade de vida às pessoas. A aquaponia é uma nova modalidade para trazer estes alimentos seguros para a mesa do consumidor, e esta cada dia mais sendo utilizada. Este método de cultivo tem uma grande interação entre os sistemas de produção de organismos aquáticos, plantas e bactérias. A aquaponia é uma forma de produzir alimentos que pode reduzir o consumo de água em até 90%, se comparada aos sistemas convencionais, e promover o reaproveitamento integral do efluente gerado no sistema. A infraestrutura para implantação do sistema demanda conhecimentos básicos fundamentais como série de filtros, aeração, bombas de elevação, hidráulica como tubulações, registros e caixas. Além disso, as exigências ambientais para todos os organismos vivos do sistema devem ser atendidas. Peixes como lambaris, tilápia, e pirapitinga, e hortaliças como alface, manjeriço, entre outras já possuem indicações técnicas. Conforme se constatou pela revisão de literatura que o sistema de produção por meio da aquaponia demonstra a viabilidade técnica e de sustentabilidade ambiental. As proporções da estrutura, dos peixes e, das plantas devem ser planejadas e acompanhar as recomendações. Estudos nesta área vêm sendo desenvolvido com finalidade de elevar a produtividade e atender à disseminação da tecnologia.

**Palavras-chave:** autossuficiência, segurança alimentar, aquaponia urbana, sustentabilidade.

## 1- INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação pública com a degradação do ambiente decorrentes na produção de alimento de forma massiva, voltada somente à elevação do ganho em produtividade, está cada vez maior. Com a degradação dos solos, poluição das águas e do ar e, até mesmo problemas decorrentes dos resíduos de produtos tóxicos nos alimentos. Isto desperta a atenção para que a produção seja de forma ecologicamente amigável. Destaca-se, entretanto, que a produção alimentícia de grande escala é necessária devido à demanda para atender à crescente população mundial.

Desta forma, uma das grandes preocupações do mercado consumidor e dos produtores é aumentar a produtividade com baixo custo e sem riscos ao meio ambiente. A tendência é aprimorar a produção por meio de boas práticas de manejo atendendo ao desafio de produtividade à baixos custos ambientais econômicos e sociais. Assim, atender o mercado consumidor. Uma técnica que vem ao encontro de solucionar este desafio é a utilização de sistemas integrados como a produção de hortaliças e peixes em cativeiro com a intenção de minimizar os impactos ambientais (ALFARO, 2020).

Neste caso o método de produzir organismos aquáticos utilizando a recirculação de água, integrando o cultivo de hortaliças vem promover a eficiência no tratamento dos efluentes, reduzindo os riscos em elevação dos nutrientes, além do risco de introdução de espécies exóticas em rios e lagos e erosão com o carregamento e sedimento para cursos d' águas naturais. No nosso país ainda são poucos os estudos sobre aquaponia, porem em alguns países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Israel pesquisas têm sido realizadas e com resultados satisfatórios (CORSO 2010)

A modalidade de produção no sistema de aquaponia é uma realidade que vem crescendo no meio urbano mundial, as “chamadas” aquaponia de quintal. Nestes países, a maioria dos produtos produzidos em aquaponia vem das produções de pequena escala, mas ocorre também produções em larga escala. Na Alemanha umas das maiores propriedades que adotam sistema aquapônico no mundo, destaca-se como uma das maiores estruturas já

construídas com a capacidade de produzir anualmente 35 toneladas de verduras e legumes e 25 toneladas de peixes (CARNEIRO et al., 2015).

A hidroponia e a aquaponia objetivam a redução do impacto ambiental e também a superação ambiental, contornando algumas deficiências que prejudicam o sistema produtivo, como, a escassez de água, utilização de terras que não permitem o cultivo convencional de plantas e utilização de nutrientes que seriam eliminados para o ambiente. Com isso, a aquaponia se tornou promissora e lucrativa devido a utilização de benefícios dos dois cultivos (MATSON, 2008).

A aquaponia se espelha em dois sistemas: o sistema de produção de peixes em sistema de recirculação de água e o sistema hidropônico, unificando sua produção, beneficiando ambas às partes. Ela se assemelha com os processos de simbiose ocorridos na natureza, onde os peixes produzem dejetos nitrogenados, e outros nutrientes que atendem as exigências dos vegetais. Por outro lado, os vegetais utilizam estes compostos para sua própria produção de biomassa, retirando estes compostos da água, tornando a água limpa para o ambiente novamente (HUNDLEY, et. al. 2013).

Os produtos oriundos da aquaponia apresentam algumas vantagens para os consumidores. A restrição da utilização de defensivos agrícolas para controle de pragas nos vegetais é necessária devido ao comprometimento da saúde dos peixes, sendo assim, os produtos oriundos de sistemas aquaponicos tem apelo humanitário, zelando pela saúde dos consumidores. Portanto, faz-se necessário o estudo do sistema de produção de alimentos por meio da aquaponia, por fornecer aos consumidores produtos com maior nível de segurança alimentar e, por apresentar preservação dos recursos hídricos devido ao baixo consumo de água para a produção dos vegetais e menores riscos ambientais por contaminação de solos.

Muitos desafios e ajustes neste sistema de produção devem ser estudados, como o atendimento das exigências nutricionais e ambientais aos vegetais e aos peixes simultaneamente. Determinar as espécies que melhor se desenvolvem e aproveitam esta “simbiose”. Entre outros aperfeiçoamentos como dimensionamento, estruturas e materiais adequados, equipamentos, relação de custos de produção, como exemplos de determinantes para o estabelecimento desta uma nova tecnologia.

Neste contexto o objetivo do presente trabalho é fazer um levantamento e estudo de material bibliográfico para verificação da eficácia, vantagens e tecnologias do sistema de produção das hortaliças e de peixes por meio da aquaponia, considerado sustentável ambiental, social e economicamente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sustentabilidade do sistema de aquaponia

Um dos maiores problemas da aquicultura comum e na produção animal em geral, é o destino, ou emprego dos dejetos dos animais. Nos meios aquáticos os restos de ração e as fezes acabam tornando a água dos viveiros e tanques eutrofisadas e até mesmo tóxicas ao ambiente com a elevação de compostos nitrogenados, fosfatados (ALBUQUERQUE, 2019).

Na aquaponia, tanto a porção animal quanto a vegetal cresce de forma integrada e sinérgica, o que permite ser auto sustentável. Dessa forma, pode dispensar ou reduzir o uso de fertilizantes industriais para as plantas alimentícias e defensivos agrícolas, ao mesmo tempo em que mantém a água limpa e oxigenada para o crescimento saudável dos peixes e crustáceos, isto quando bem equilibrado e controlado o sistema (DIVER, 2006).

A aquaponia também tem grande economia de água, que pode chegar a 90%. Como os vegetais constantemente a purificam, a necessidade de troca diminui drasticamente. em uma definição bastante ampla e difundida, desenvolvimento sustentável é “o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (HUNDLEY e NAVARRO 2013).

Assim, implica na utilização dos recursos naturais de maneira a preservá-los para a utilização futura, permitindo que as pessoas possam atingir desenvolvimento econômico, social e cultural hoje e sempre. O sistema de aquaponia é sustentável, pois, além de reaproveitar os nutrientes que seriam desperdiçados e lançados no ambiente, o consumo de água na produção dos peixes pode ser reduzido em até 90% a 95%, em relação aos outros sistemas convencionais (FREATO, 2002).

A aquaponia promove reaproveitamento integral do efluente, evitando, assim, a descarga de resíduos no meio ambiente, preconiza a não utilização de defensivos químicos e a redução na utilização de fertilizantes químicos,

aumentando a segurança alimentar dos produtos comercializados (RAKOCY et al., 2006).

Pesquisas realizadas pela EMBRAPA, na sede Tabuleiros Costeiros, em Aracaju/SE, obtiveram resultados muito animadores que indicam a possibilidade de crescimento dos vegetais de forma semelhante ou superior aos obtidos em cultivos hidropônicos convencionais. O mesmo foi observado com os peixes, sendo que o peso comercial é alcançado no mesmo período das outras formas de criação, como em viveiros escavados ou em tanques-rede (CARNEIRO, et. al., 2015).

Devido a produção em aquaponia pode ser implantada em pequenas áreas, em várias partes do mundo, essa técnica já está sendo utilizada por um número cada vez maior de pessoas que pretendem produzir seus próprios alimentos de forma saudável e sem agredir o meio ambiente.

Por ser passível de implantação em áreas urbanas, a aquaponia possibilita, também, a comercialização regionalizada de seus produtos sustentáveis. Portanto, como se pode notar pela Figura 1, o espaço das unidades de produção é reduzido, além da recirculação de água e otimização na absorção e reciclagem de resíduos. Com isso favorece a segurança alimentar, e permite uma redução no percurso traçado entre o produtor e o consumidor final. A utilização de transportes e combustível é minimizada, além da comercialização de um produto mais fresco.

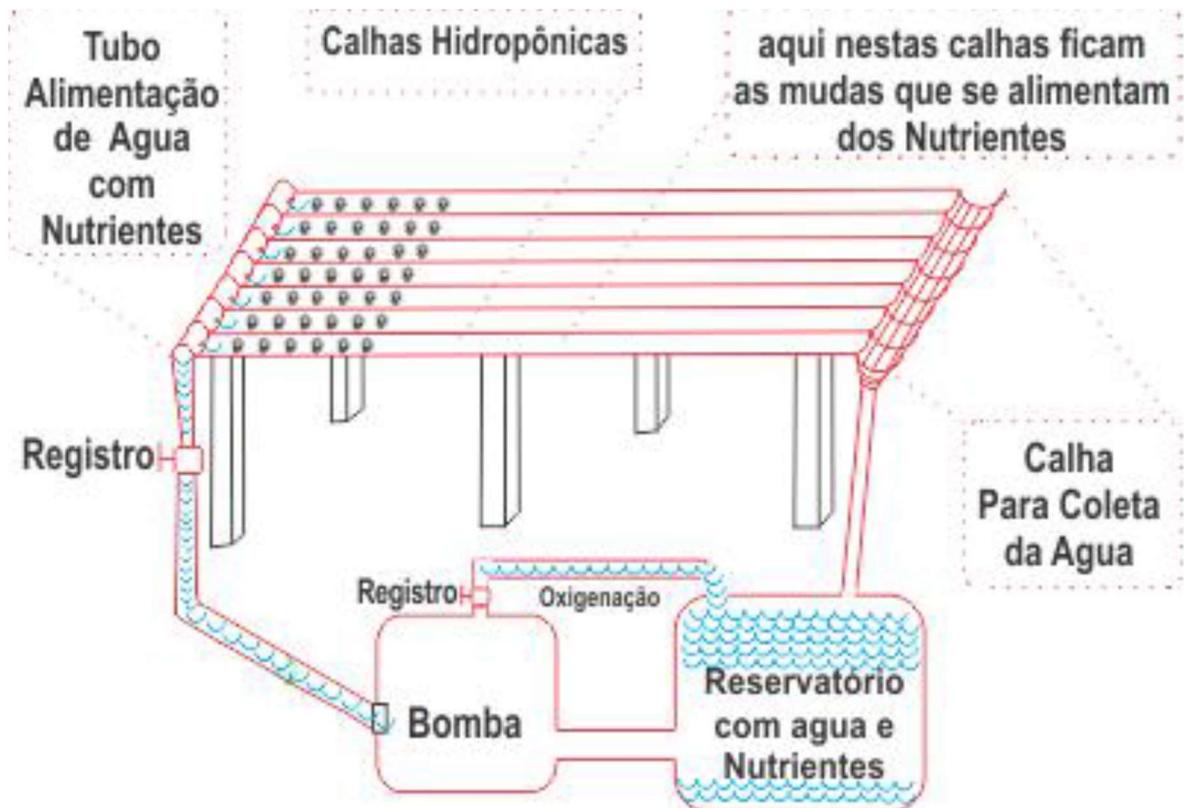


**Figura 1-** Foto de sistema de aquaponia de escala doméstica “aquaponia de quintal”  
**Fonte:** ECYCLE <https://www.ecycle.com.br/>

## 2.2 Caracterização do sistema de aquaponia

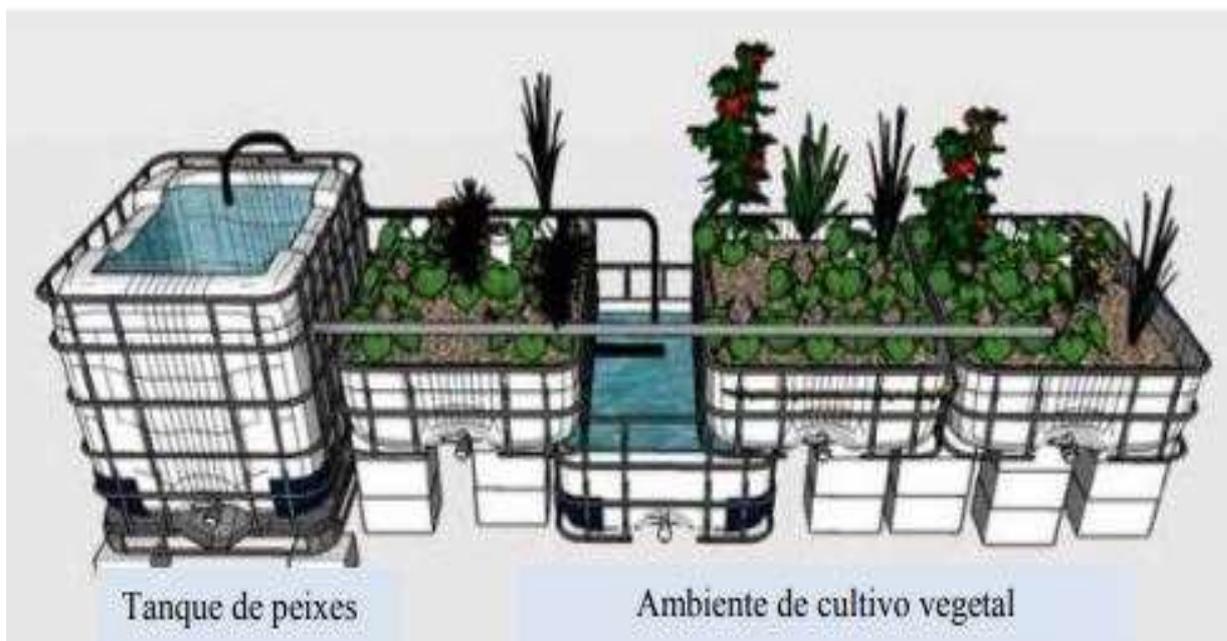
Aquaponia é definida como a integração da aquicultura com a hidroponia. Como o sistema tem por base a reciclagem da água (RAS – *Recirculation Aquaculture System*), ele promove a minimização da geração de efluentes ricos em nutrientes e evita, assim, a eutrofização dos corpos d’água receptores (QUEIROZ et al., 2017).

A diferença entre hidroponia e aquaponia é que na primeira se produz somente o vegetal, enquanto na aquaponia a produção dos vegetais é integrada com a de organismos aquáticos como peixes e camarões. Na hidroponia por não utilizar os organismos aquáticos há dependência de utilização de alguns defensivos agrícolas ou fertilizantes, o esquema de um sistema de hidroponia está apresentado na Figura 2.



**Figura 2-** Esquema básico de instalação de hidroponia no sistema NFT.  
**Fonte:** ABREU (2011)

Basicamente um sistema aquapônico, é composto por três elementos: sendo um tanque para a criação de peixes, um sistema de filtração mecânica e também biofiltração para filtrar a água e, outro ambiente de cultivo para plantar as mudas, como se pode observar na Figura 3. E a peça-chave desse sistema é o sistema de filtração para equilibrar os nutrientes, pois é neste local, que ocorre a conversão de amônia para nitritos, e posteriormente em nitratos (SOMERVILLE et. al., 2014).



**Figura 3-**Vista lateral em esquema de sistema de aquaponia comumente utilizado.  
**Fonte:** FAO (2016)

Esse processo biológico que converte os compostos nitrogenados mais importantes no sistema de aquaponia é o processo de nitrificação conforme simulado na Figura 4. N ele envolve o Nitrogênio (N), um elemento químico essencial de todas as formas vivas.

Na forma de gás, o nitrogênio ( $N_2$ ) é o elemento mais abundante na atmosfera da Terra na verdade, (78 084 %). No entanto, o  $N_2$  atmosférico, não é assimilado direto pelas plantas. No sistema aquapônico, a presença das bactérias nitrificantes presentes no sistema de filtragem biológica são responsáveis no processo natural da nitrificação, a partir de resíduos gerados por organismos aquáticos (SOMERVILLE et. al., 2014).

De acordo com CARNEIRO et. al., (2015), estas bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomonas*; *Nitrobacter* convertem a amônia ( $NH_3$ ) em nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrito em nitrato ( $NO_3^-$ ), e transforma substâncias tóxicas que são produzidas pelos peixes em nutrientes para as plantas. A amônia ( $NH_3$ ), em solução aquosa, tem o papel de base, ou seja, recebe um íon  $H^+$  tornando-se um íon amônio ( $NH_4^+$ ).

As plantas e as a bactérias tem um papel importante na filtragem biológica da água, as bactérias transformam a amônia em compostos nitrogenados absorvíveis pelas plantas. Assim, garantir condição adequada

para o desenvolvimento ideal dos peixes, pois a remoção da amônia da água reduz o risco de intoxicação pelos peixes (WILSON et al., 2005).

O aparecimento de algumas bactérias nitrificantes no filtro biológico ocorre naturalmente, mas também pode ser estimulado por introdução de água onde exista a presença destes microrganismos. Normalmente, o crescimento e a formação destas colônias que são suficientemente capazes de estabilizar o ciclo da nitrificação ocorrem de 20 a 40 dias depois de introduzir os peixes. Após este período já pode iniciar a introdução das plantas (BRAZ FILHO, 2000).

As bactérias com papel de nitrificar são aeróbias, e gram-negativas, autotróficas. Estão presentes normalmente nos solos, nos esgotos ou nos ambientes aquáticos, mas é difícil serem isoladas dentro de laboratório. Isto se deve por terem crescimento lento, no solo e em outros ambientes estão em pequeno número. Assim, os microbiologistas utilizam algumas técnicas de enriquecimento que aumentam o número de microrganismos (SOMERVILLE et al. 2014).

A mistura complexa de bactérias que nitrificam conhecidas como *rizobactérias*. Os fungos e os microplâncton que estão presentes na água de recirculação beneficiam as plantas por causa destas interações positivas. A maior resistência contra possíveis patógenos que possam afetar as plantas ocorre na raiz (SAVIDOV, 2005).



**Figura 4**-Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico.

Fonte: GUITOC (2017)

### 2.2.1 Sistemas aquapônicos de produção

No geral, os sistemas de aquaponia são constituídos basicamente pelos tanques para criação de peixes, filtros para tratamento da água e pelas bancadas de hidroponia. Em todos os sistemas de aquaponia, os tanques de criação de peixes são interligados a um módulo de filtragem. Normalmente, esse módulo é constituído por um decantador/clarificador para remoção de sólidos, um filtro biológico para reciclagem de nutrientes e um tanque provido com forte aeração para eliminação de gases – a aeração forte agita a água do tanque e contribui para a eliminação dos gases com concomitante oxigenação da água (FREATO, 2002).

Os sistemas de filtragem ainda contêm um tanque “sump” para coleta da água das bancadas de hidroponia. Interligado ao “sump” é conectado um

tanque para adição de hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e/ou hidróxido de potássio KOH para controle do pH. Uma bomba elétrica é instalada no interior do “sump” para retornar à água para os tanques de criação de peixes (RAKOCY, 2009; BERNSTEIN, 2011).

O reservatório “sump” também pode estar localizado imediatamente após o filtro, com bomba de água submersa que diretamente eleva a água para as bancadas de hidroponia. E, em seguida a água desce por gravidade para os tanques de criação de peixes. Isso ocorre, principalmente, em sistemas construídos em terrenos planos e que utilizam o cultivo hidropônico em canaletas ou em cama com substrato, e que podem estar mais altos que os tanques de piscicultura (FRANCIS et al., 2015).

Os sistemas de aquaponia comerciais mais comuns em uso no Brasil são: NFT-*Nutrient Film Technique* traduzido para Fluxo Laminar de Nutrientes, cujos tanques para criação de peixes são interligados a um sistema de hidroponia convencional com fluxo laminar de água em canaletas de PVC (Figura 5); e o sistema DFT –*Deep Film Technique ou Floating*, traduzido para Técnica de Fluxo Profundo, cujos os tanques para criação de peixes são interligados a tanques retangulares “raceways” providos de placas de isopor para suporte das hortaliças (Figura 5 e 6). Considerando a aquaponia doméstica, o sistema mais usado é o substrato semi-seco também presente na Figura 5 (FURLANI, 2008).



**Figura 5.** Detalhes das bancadas do sistema de aquaponia NFT, Fluxo Laminar de Nutrientes, DFT e semi seco juntos.

**Fonte:** ACESSO, 13/10/2020 disponível em <<http://www.aquaponiabrasil.com/2016/11/11/o-que-e-aquaponia/>>



**Figura 6-** Detalhes das bancadas do sistema de aquaponia DFT - Técnica de fluxo Profundo, os tanques de peixes “raceways”, e jangada de isopor com hortaliça.  
**Fonte:** ALFARO (2020)

Existem ainda outros modelos de cultivos, por exemplo, o sistema de substrato semi-seco ou *Media Bed Technique* (MBT), o qual é muito utilizado em módulos domésticos por ser mais compacto como na (Figura 7). Entretanto, esse sistema não é muito indicado para aquaponia em escala comercial, devido ao difícil manejo para limpeza e manutenção das camas de cultivo que são preenchidas com os meios filtrantes (FRANCIS et al., 2015).



**Figura 7.** Sistema de aquaponia *Media Bed Technique* (MBT) ou substrato semisseco.  
**Fonte:** ALFARO (2013)

Embora o sistema de NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) ainda seja o mais tradicionalmente usado no Brasil, o DFT (Técnica de Fluxo Profundo ou de placa de isopor) talvez seja o mais viável principalmente para regiões de clima mais quente, com grande oscilação térmica, como por exemplo, no estado de São Paulo. No sistema DFT há uma menor variação de temperatura e demais parâmetros de qualidade de água, estando o oxigênio dissolvido associado à velocidade do fluxo da água no sistema, e afeta positivamente o processo oxidativo do nitrito (WONKIEW et al., 2017).

DELAIDE et al., (2017) observaram que no sistema NFT a água proveniente dos módulos de filtragem é bombeada para tanques mais elevados e, em geral, segue por gravidade para as canaletas de PVC, formando uma fina lâmina d'água que irriga as raízes das hortaliças. As bancadas de hidroponia podem ser construídas com pilares de concreto e armação de alumínio para suporte das calhas de PVC.

Normalmente, as canaletas possuem 6 metros de comprimento, 10 cm de largura e 7 cm de espessura e para colocar as mudas de hortaliças utiliza abertura de 5 cm de diâmetro a cada 30 cm (FURLANI, 2008), podendo variar de acordo com a espécie, fase e manejo utilizado – 20 a 25 cm para alface e 15 cm para rúcula. Na Figura 8 podemos notar como fica o sistema montado com as medidas descritas acima.



**Figura 8-** Sistema em NFT por bombeamento, tanque, e canaletas em PVC com as plantas.  
**Fonte:** QUEIROZ (2017)

No sistema DFT a água proveniente dos módulos de filtragem segue por gravidade para os canteiros hidropônicos, também chamados de “raceways”, os quais são providos de placas de EPS (isopor) ou de XPS (poliestireno extrusado) para suporte das hortaliças. Frequentemente, a técnica de DFT é empregada com a utilização de uma lâmina profunda de água, por volta de 25 a 40 cm (Figura 9), onde as plantas são acondicionadas em mesas planas ou “raceways” onde a água circula por meio de bombeamento e/ou gravidade (AMINI, 2013).



**Figura 9-** Vista geral dos módulos de aquaponia em DFT- Técnica de Fluxo Profundo  
**Fonte:** QUEIROZ (2017)

Para a construção dos “raceways” podem ser utilizados tanques retangulares construídos com placas de compensado naval de 25 mm de espessura e recobertos com uma lona de plástico, ou outro tipo de estrutura (Figuras 10).

O mais indicado para sistema “raceways” de grande escala é com uso de pedras de aeração com espaçamento de 1,0 metros entre elas. Pode-se utilizar também uma mangueira porosa central disposta longitudinalmente em todo o canteiro hidropônico para garantir o fornecimento de uma quantidade adequada de oxigênio para as plantas (6,0 a 8,0mg/L/min). A taxa de renovação de água para “raceways” via recirculação, a princípio deve ser mantida entre 1 a 4 horas para renovação de 100% do volume total dos canteiros hidropônicos em grande escala (RAKOCY, 2009; SOMERVILLE et al., 2014).

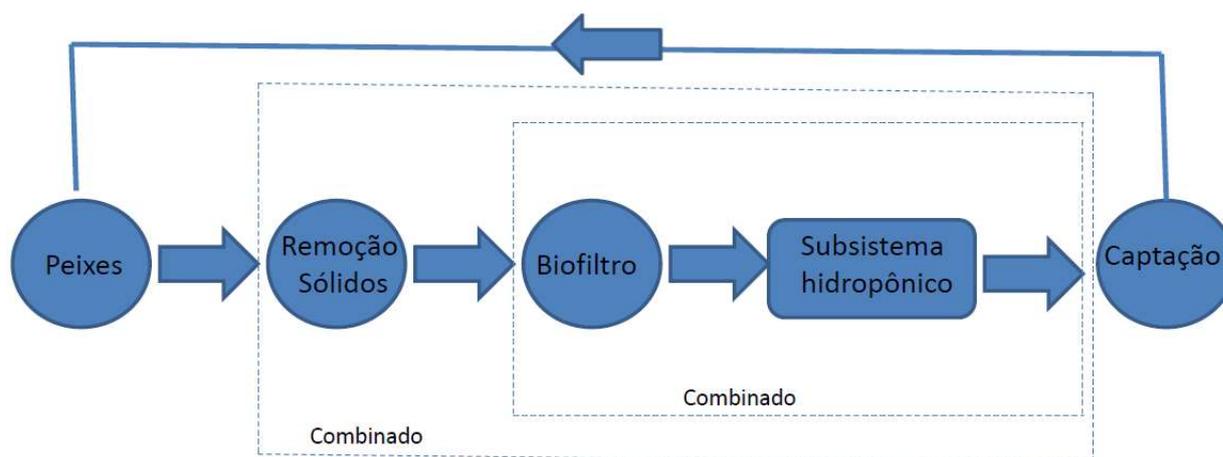
### 2.3 Parâmetros básicos da aquaponia

Para o funcionamento ideal do sistema de aquaponia o produtor deve respeitar alguns parâmetros que o sistema exige como a recirculação de água que deve ser renovada 100% a cada hora ou em até 4 horas se for sistema raceway. O Volume do tanque de peixes por canteiros é indicado a proporção de 1:1 a 1:2 com arraçõamento de 15 a 30 g de ração/m<sup>2</sup> de canteiros. Já para plantas o mais indicado é uma taxa de 25 plantas/m<sup>2</sup> por canteiro, e o ciclo de produção das espécies variam bastante, como, por exemplo, no caso dos lambaris o ciclo de produção de 90 dias e da tilápia certa de 160 dias. Nas hortaliças a média do ciclo de produção é de 5 semanas (SALLES, 2018)

De acordo com SALLES (2018) os tanques também precisam respeitar alguns parâmetros, como a relação diâmetro/profundidade com medidas de 1:3 até 1:10 e velocidade da água em torno de 15 – 30 cm/s na periferia do tanque e no Sistema Cornell: 5 a 20% pelo dreno central, o restante pela parte superior do tanque.

### 2.4 Princípios ambientais

Na aquaponia o peixe “alimenta” a planta, enquanto a planta “limpa” água para o peixe, em um processo “simbiótico” intermediado por bactérias úteis. Em geral, nos sistemas de aquaponia, os níveis de nutrientes recomendados para suprir as exigências das plantas são inferiores com relação aos níveis utilizados na hidroponia. Isto porque, os tanques de cultivo de peixes estão constantemente produzindo efluentes. Assim, significa que os efluentes dos tanques de cultivo de peixes podem fornecer níveis adequados de macro e micronutrientes para as plantas. Os parâmetros da qualidade da água devem ser mantidos os mais próximos do ideal exigidos de acordo com a espécie de peixe e planta escolhido pelo produtor. Pois problemas com a variação destes parâmetros são os principais causadores de prejuízos ao produtor.



**Figura 10** - Esquema básico de uma aquaponia

Fonte: TIMMONS e EBELING, 2013

#### 2.4.1 O pH da água

Este parâmetro tem extrema importância no sistema de produção aquapônico, monitorado através do quite pHmetro ou através de sonda. O indicado para as plantas é este parâmetro esteja em torno de 6-6,5, isso vai permitir a assimilação dos nutrientes. Se o pH estiver fora desta faixa, as plantas podem ter dificuldades para absorver os nutrientes. Já bactérias nitrificantes podem ter alguns problemas com pH inferior a 6, causando baixa conversão de amônia ( $\text{NH}_3$ ), afetando a instabilidade do sistema. No caso dos peixes, estes, para o sistema de aquaponia tem tolerância em torno de pH de 6-8,5 (SOMERVILLE et al., 2014).

Este parâmetro tem grande importância, pois pode afetar diretamente a atividade das bactérias nitrificantes prejudicando todo o ciclo de conversão da amônia em nitrato. O sugerido é que este intervalo seja de 6-8,5 para ocorrer bom crescimento das bactérias pela boa capacidade de se adaptar em diferentes ambientes. Porém, em um sistema aquapônico, o indicado para intervalo do pH é um pouco restrito, se limitando em 6-7, porque nesta faixa o pH vai atender as exigências das plantas e dos peixes (TYSON et al., 2004).

De acordo com LOPES et al., (2001), o nível do pH entre 6,5 a 9,0 foi sugerido com foco na criação de peixes, mas dependendo da espécie utilizada na produção, a faixa ótima varia. pH com valores baixos reduz o crescimento

dos peixes e também afetam na reprodução. Vale ressaltar que depois da colonização no filtro biológico feito pelas bactérias e também estabelecer o equilíbrio no sistema de aquaponia, observa-se a tendência em reduzir os níveis de pH. Isso ocorre pelo processo de nitrificação gerando íons  $H^+$  que consomem a alcalinidade e abaixa o nível do pH.

É indicado fazer adições de hidróxido de potássio KOH, bicarbonato de potássio  $KHCO_3$ , calcário dolomítico  $CaMg (CO_3)_2$  e hidróxido de cálcio  $Ca(OH)_2$  no sistema aquapônico, não só como tamponante ou para ajustar o pH da água, mas pode também suplementar os nutrientes que são necessários para as plantas se desenvolver (CARNEIRO et al., 2015).

#### 2.4.2 Temperatura da água

Este parâmetro também tem muita importância, tanto para bactérias, como na aquaponia em geral. O indicado no crescimento para bactérias nitrificantes seria em torno de 17 a 34°C. Se esse nível for abaixo de 17 °C pode afetar na produtividade (convertera amônia em nitrato) devida a baixa taxa metabólica. Se for inferior a 10°C, pode reduzir a produtividade em 50% ou mais. Temperatura baixa pode causar grandes danos ao sistema de aquaponia, por isso, devemos evitar que isso aconteça principalmente no inverno (SOMERVILLE et al., 2014).

COX et al., (2009) também afirma que temperaturas abaixo de 15°C. diminui a atividade de Nitrosomonas e Nitro bacter. E também, se diminuir a baixo de 10°C afetam a eficiência de nitrificação a níveis inferiores a 65%.

O melhor intervalo da temperatura de um sistema aquapônico é entre 18-30°C. Lembrando que, temperaturas elevadas podem restringir na absorção de cálcio pelas plantas, e diminuindo os níveis de OD, da mesma forma que elevar níveis de amônia tóxica, para reduzir na influência negativa de temperatura nas regiões que ocorre oscilação, é indicado escolher peixes e plantas nativas, para garantir, uma maior adequação dos seres vivos (SOMERVILLE et al., 2014).

### 2.4.3 Oxigênio dissolvido

SOMERVILLE et al., (2014), fala que o oxigênio é essencial para os organismos da aquaponia. O valor de oxigênio dissolvido descreve a quantidade de oxigênio molecular dentro da água, e é expresso em miligramas de oxigênio por litro de solução. Lembrando que as bactérias que nitrificam, necessita de (OD) o tempo todo, para manter os níveis de produtividade altos. Essa nitrificação é uma reação oxidante, onde o oxigênio serve de reagente, pois sem oxigênio, esta reação não ocorre.

Este parâmetro é um dos mais importantes na nitrificação, pois as concentrações abaixo de 2 mg/L podem ser limitante total ou parcial nas atividades das bactérias nitrificantes. Os níveis considerados ótimos de oxigênio são em torno de 4-8 mg/L. Se esse valor for abaixo de 2 mg/L serão caracterizados preocupantes, podendo reduzir de forma significativa no processo de nitrificação (HIDAKA et al., 2002).

Baixa concentração de Oxigênio Dissolvido pode induzir o desenvolvimento de diferentes tipos de bactérias, que podem ser capazes de converter nitratos em nitrogênio molecular, por meio de uma rota metabólica anaeróbica conhecida como desnitrificação (SOMERVILLE et al., 2014).

CARNEIRO et al., (2015), ressalta que os peixes e as raízes das plantas exigem aeração e também pelas bactérias nitrificantes do filtro biológico. A quantidade de OD deve ser maior que 3 mg/L se for em clima tropical, o uso de compressores pode garantir estes valores, ou também pode se utilizar sopradores.

### 2.4.4 Perfil nitrogenado do sistema

Outro parâmetro importante é o nitrogênio, ele é requerido pelos seres vivos do sistema de aquaponia e faz parte de todas as proteínas. O Nitrogênio entra no sistema de aquaponia pela ração fornecida aos peixes ou crustáceos e liberado como resíduo sólido ou resíduo líquido (HIDAKA et al., 2002).

Os resíduos se encontram inicialmente como amônia (NH<sub>3</sub>) depois da nitrificação das bactérias encontra nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Todos eles são tóxicos para os peixes, a amônia e o nitrito podem ser 100 vezes mais perigosos que o nitrato. Por isso os níveis de amônia e nitrito devem ficar perto de zero, normalmente em torno de 0,25-1,0 mg/L, para isto acontecer, o filtro biológico precisa atuar em ótimas condições (SOMERVILLE et al., 2014).

SOMERVILLE et al., (2014), também, afirma que a intoxicação por amônia causa danos no sistema nervoso central, e podemos notar isso através da inflamação ou coloração escura das brânquias dos peixes. Isso pode causar malefícios no sistema imunológico dos peixes, e até mesmo a mortandade deles.

Parecido com amônia, o nitrito, oferece risco de causar a “doença de sangue marrom”, isto acontece com a inibição do transporte de oxigênio através da corrente sanguínea dos peixes, e podemos perceber quando os peixes começam ficar ofegantes e emergindo na superfície, isso ocorre até mesmo quando os níveis de oxigênio dissolvido na água são satisfatórios (HIDAKA et al., 2002).

A forma mais acessível de nitrogênio das plantas é o nitrato, sendo o principal objetivo em um filtro biológico. A tolerância dos peixes pode chegar a níveis de até 300 mg/L, sendo que algumas espécies conseguem tolerar aproximadamente 400 mg/L de nitrato na água. Níveis maiores que 250 mg/L de nitrato podem causar o crescimento elevado e acumular grandes quantidades de nitrato nas folhas das plantas. O recomendado é manter os níveis de nitrato próximos a 5-150 mg/L caso chegue em situações críticas, fazer a troca da água (SOMERVILLE et al., 2014).

#### 2.4.5 Dureza da água

De acordo com BRADY et al., (1986), existem dois tipos principais de dureza da água: um é a dureza total ou geral (DG) e outra é dureza por carbonato (DC). A primeira mensura a quantidade de íons positivos presentes na água e a segunda, representa a capacidade da água em neutralizar ácidos. A dureza geral é principalmente o número de íons cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio

(Mg<sup>2+</sup>) e, em menor grau, íons de ferro (Fe<sup>+</sup>) presentes na água. É medida em partes por milhão (equivalente a miligramas por litro). No sistema aquapônico, os íons (Ca<sup>2+</sup>) e (Mg<sup>2+</sup>) são nutrientes essenciais para as plantas e são absorvidos à medida que a água circula pelo sistema.

ALMEIDA (2010) diz que a dureza total influencia o crescimento dos fitoplanctons presentes na água e afirmam também que, o (Ca<sup>2+</sup>) tem grande importância em vários processos biológicos dos peixes. Exemplos como construção óssea e coagulação do sangue, a ingestão e regulada através da alimentação e da absorção branquial. Esta alcalinidade pode ser definida como a quantidade total de carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que estão no meio aquoso. A medição deste parâmetro é feita em miligramas de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) por litro. Normalmente, é considerado uma alcalinidade alta em torno de 121-180 mg/L.

Águas vindas de poços que tenham rochas calcárias ou também aquíferos, o esperado da dureza por carbonato seja próximo de 150-180 mg/L. E a alcalinidade tem um significativo impacto sobre o pH, pois ele tem função de tampão e evita oscilações não indesejadas no pH. Bicarbonatos e carbonatos se ligaram com os íons H<sup>+</sup> que são liberados por qualquer ácido que estejam livres ou presente na água (SOMERVILLE et al., 2014).

## 2.5. Principais espécies de peixes produzidos

Espécies de peixe ideais para o cultivo em aquaponia estão relacionadas ao cultivo das plantas, devido cada espécie de peixe apresentar demanda distinta em qualidade de água para expressar seu melhor desempenho produtivo e à resistência a maiores concentrações de N no sistema, assim como as plantas. A combinação entre espécie de peixe e de planta é a melhor escolha, buscando encaixar parâmetros, como faixa ideal de pH e temperatura parecidas, para beneficiar os dois cultivos, obtendo os melhores resultados (CALÓ, 2011).

A alta densidade de peixes nos viveiros, característica de muitos sistemas de aquaponia e de sistemas de recirculação de água, é limitador na

escolha da espécie a ser utilizada. A espécie de peixe deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e ao manejo frequente, que é uma característica da aquaponia.

Algumas das espécies utilizadas são o bagre-americano (*Ictalurus punctatus*), o achigã (*Micropterus salmoides*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a carpa comum (*Cyprinus carpio*), a perca gigante (*Latescalcarifer*), o bacalhau-do-rio-australiano (*Maccullochella peelii*) e a tilápia (*Oreochromis niloticus*) podendo algumas ser utilizadas inclusive em consórcio com crustáceos, como o lagostim australiano da garra vermelha (*Cherax quadricarinatus*) (MARTAN, 2008).

Consta na literatura um experimento com a utilização de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) em hidroponia no tratamento de efluentes oriundos de berçário de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) (CASTELLANI, CAMARGO e ABIMORAD, 2009).

A tilápia (*O. niloticus*), por ser um peixe resistente, bastante rústico, com boa conversão alimentar, por tolerar altas densidades de estocagem, ter pacote tecnológico de cultivo, de reprodução, de melhoramento e de nutrição avançados e difundidos por todo o mundo, além de ter um bom preço comercial, é o peixe mais utilizado na aquaponia e o mais estudado neste sistema (SOMERVILLE et al., 2014).

Vários pesquisadores obtiveram melhores resultados de crescimento da tilápia e melhor qualidade da, alface, em sistema aquapônico quando comparado à hidroponia, isto, pela maior absorção do nitrato, resultante da nitrificação bacteriana, em sistema integrado com uso de biofiltro (DEDIU et al., 2012; MOYA et al., 2014)

A técnica de bioflocos, junto à aquaponia, também tem sido alvo de estudos, como o realizado por AVNIMELECH (2009), no qual foi avaliado o cultivo da *Halófito sarcocornia ambiguae* do camarão *Litopena eusvan namei* em sistema de aquaponia com bioflocos microbianos.

O jundiá (*Leiarius marmoratus*) possui boas características zootécnicas, tais (como o bom rendimento de filé, tolerância ao manejo, fácil aceitação

aração e popularidade no mercado consumidor), ideais para o sistema de aquaponia. Embora devido aos altos custos para produção de peixes de couro, a escolhas pelos produtores em criar peixes de couro sejam poucas, o jundiá está amplamente distribuído na região Sul do Brasil, com boa tolerância a baixas temperaturas, resistência ao manejo e boa aceitação pelo consumidor (GOMES et al., 2013).

## 2.6. Principais hortaliças produzidas

Com o desenvolvimento de estudos, sabe-se que é possível produzir uma grande variedade de espécies vegetais em aquaponia sem prejudicar os peixes do sistema, espécies como. alface (*L. sativa*), manjericão (*Ocimum basilicum*), agrião (*Nasturtium officinale*), repolho e várias hortaliças. Uma vez que a maioria delas tolera altos teores de água em suas raízes e oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva sem apresentar graves sintomas de eficiência nutricional para a planta (CARNEIRO et al., 2015).

Para o crescimento ideal as plantas necessitam de 16 nutrientes essenciais, e carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H) são disponibilizados pela água (H<sub>2</sub>O) e pelo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Os macros nutrientes—N, potássio (K), cálcio (Ca),magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre(S) —e os micronutrientes —cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu) —precisam estar balanceados em proporções ótimas, pois altos níveis de um nutriente pode influenciar na biodisponibilidade de outros (GERBER, 1985;RAKOCY, 2006).

No estudo realizado por HUNDLEY et al. (2013),cujo objetivo foi avaliar o crescimento do manjericão (*Origanum basilicum*) e da manjerona (*Origanum majorana*) utilizando efluente do cultivo de tilápia em sistema de aquaponia, notou um crescimento mais acelerado da manjerona em relação a estudo hidropônico.

Deve-se observar também a salinidade da água captada para utilizar no sistema de aquaponia, para utilizar determinadas hortaliças caso a água seja mais salina, existem algumas espécies mais tolerantes. O critério de salinidade se - refere em avaliar os riscos de concentração salinas a partir do uso da água, como possível consequência o efeito osmótico, que dificulta a captação de água pela planta e a absorção seletiva dos nutrientes, e também diminui a produtividade dos cultivos (ALMEIDA, 2010).

## 2.7 Pontos críticos de atenção

### Origem da água

Os municípios devido a preocupação com a corrosão ácida dos tubos domésticos, a água que sai da maioria das torneiras domésticas contém cloro, facilmente removível, para isso basta encher o tanque, ligar a bomba e deixar a água circular pelo sistema por um a dois dias. O cloro vai deixando a água naturalmente, contudo se se adicionar oxigenação o processo é mais rápido. Durante este processo o pH vai oscilar, por isso neste ponto não se deve fazer nada em relação ao mesmo, só após a água estar livre do cloro. Uma outra forma de retirar o cloro da água é comprar um filtro de decoloração e instalá-lo em linha na torneira de abastecimento. Com este filtro colocado na torneira de abastecimento não há problema em encher diretamente os tanques, pois o cloro é removido pelo filtro (Alatorre-Jácome et al., 2011).

### Filtragem da água

Uma das primeiras providências antes do início de qualquer ciclo produtivo é avaliar os filtros dos sistemas. Em todos os sistemas de aquaponia, os tanques de criação de peixes são interligados a um módulo de filtragem. Normalmente, esse módulo é constituído por um decantador/clarificador para remoção de sólidos, um filtro biológico para reciclagem de nutrientes e um tanque provido com forte aeração para eliminação de gases sendo adaptáveis de acordo com cada sistema (KUBITZA, 1999).

Os sistemas de filtragem mais comuns ainda contem um tanque “sump” para coleta da água das bancadas de hidroponia. Interligado ao “sump” é conectado um tanque para adição de hidróxido de cálcio  $\text{Ca (OH)}_2$  e/ou hidróxido de potássio KOH para controle do pH. Uma bomba elétrica é instalada no interior do “sump” para retornar a água para os tanques de criação de peixes (RAKOCY, 2009; BERNSTEIN, 2011).

## Conversão Alimentar

A qualidade de ração usada, o manejo da alimentação, a qualidade da água e a saúde dos peixes têm grande influência sobre a conversão alimentar. A Taxa de Conversão Alimentar (TCA) é um índice de desempenho que mede a eficiência de aproveitamento da ração pelos peixes. Para calcular o índice, divide a quantidade total de ração fornecida pelo ganho de peso total dos peixes em um determinado período da criação (KUBITZA, 2003).

Taxa de conversão alimentar = Quantidade total de ração fornecida (kg)/Ganho de peso total dos peixes (kg)

### 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme se constatou pela revisão de literatura o sistema de produção de peixes e hortaliças por meio da aquaponia é viável tecnicamente, ambiental e financeiramente. As condições ambientais de simbiose que o sistema aquapônico estimula entre as plantas e peixes é sinérgico podendo induzir o melhor desenvolvimento dos organismos. A recirculação da água reduz o consumo além de ocupar pouco espaço. Isto favorece a produção sustentável, além de fornecer ao mercado consumidor produtos de boa qualidade e fácil acesso.

As proporções entre a estrutura, peixes e plantas devem ser planejadas e acompanhar as recomendações técnicas. Alguns trabalhos obtiveram bons resultados com alta densidade de peixes por proporcionar melhor desenvolvimento das plantas e peixes.

A recirculação da água o emprego combinado de filtros e biofiltros promovem a maior viabilidade e eficiência do sistema aquapônico quando comparados a outros sistemas de produção como a hidroponia, observando o consumo de água e espaço.

O desenvolvimento seguro da aquaponia exige a observação de pontos estratégicos como a adequada maturação do biofiltro para eficiente ação das bactérias nitrificantes, para isto deve-se atender a qualidade da água simultaneamente para os microrganismos, peixes e plantas. A dinâmica dos nutrientes dissolvidos na água para atendimento e suplementação para as plantas é fornecida pelos peixes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. P. M. Sistema Aquapônico. Dossiê Técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico CDT/UnB, 2011. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY4NA==>  
Acesso em: 06/10/2020

ALBUQUERQUE, Leandro Freitas Galvão. Aquaponia: uma tecnologia sustentável para o semi-árido/ Denilson da Silva Sascimento, Francisco Vagner Paiva Bezerra, Emanuel Soares dos Santos, AntonioGlaydson Lima Moreira, Morada Nova; IFCE, 2019. 11p.:-(Serie Tecnologia para o campo, n. 1).

Alatorre-Jácome, O., García-Trejo, F., Rico-García, E. & Soto-Zarazúa, G. M. (2011). Aquaculture Water Quality for Small-Scale Producers. In Aquaculture and the Environment - A Shared Destiny, B. Sladonja (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/29141. Available from: <https://www.intechopen.com/books/aquaculture-and-theenvironment-a-shared-destiny/aquaculture-water-quality-for-small-scaleproducers>.

ALFARO, C. Guia prático: aquaponia em sua casa. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.files.wordpress.com/2015/09/guia-prc3a1tico-aquaponia-aquaponia-em-sua-casa-por-clc3a1udio-alfaro1.pdf>. Acesso em 22 de setembro de 2020.

ALMEIDA, O. A. Qualidade da água na irrigação. Cruz das Almas - BA: Ed. EMBRAPA, 2010.

ALVES, L. D. S., TAKAHASHI, L. S., BARBOSA, L. J. C., MIASAKI, C. T., LOPES, P. R. M., RIBEIRO, C. C., & SOUZA, C. T. (2015). Estudos sobre o cultivo de hortaliças e peixes em sistemas aquapônicos na região da Alta

Paulista. In: Congresso de Extensão Universitária da UNESP (pp. 1-5). Bauru: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

AMINI, A. DIY Aquaponics: the definitive how to guide - grow your own premium food wherever and whenever you want. Farm Tower Co., 212 pp. 2013.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, p. 182, (2009).

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

BRAZ FILHO, M.S.P. Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água. Monografia (Pós Graduação em Qualidade nas Empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo. 2000. p.

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

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Documentos 189. 2015. 25 p.

CARNEIRO, P.C.F. et al. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. Macapá, 2015. 683–706p. v 2.

CARVALHO, M.B. Larvicultura de beijupirá. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, 2005. v. 15, n. 92, 45-53p.

CASTELLANI, D., CAMARGO, A. F. M. & ABIMORAD, E. G. (2009). Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do camarão-da-

amazônia (*Macrobrachiumamazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) hidropônicos. *Bioikos*, 23(2):67-75.

CORSO, M.N. Uso de sistemas com recirculação em aquicultura. Porto alegre. 2010. 36 p.

COX, M.J.F. (2009) Desarrollo de una estrategia de operación para promover el proceso de nitrificación: desnitrificación simultánea en un reactor secuencial de biopelícula. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, Temuco.

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

DELAIDE, B., DELHAYE, G., DERMIENCE, M., GOTT, J., SOYEURT, H., JIJAKLI, M.H. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system. *Aquacultural Engineering*, v. 78, part B, p. 130-139, 2017. (<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.002>)

DIVER, S. Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture. National Sustainable Agriculture Information Service, Washington, EUA. 2006. p. 1-27.

FERNANDO. ANDRÉ A. SALLES Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios Instituto de Zootecnia - Ribeirão Preto disponível em: <http://cobapla.com.br/wp-content/uploads/2018/07/AQUAPONIAcompressed.pdf> acesso: 12 nov 2020

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

FRANCIS-FLOYD, R.; WATSON, C.; PETTY, D.; POWDER, D. B. Ammonia in aquatic systems. University of Florida/ Fisheries and Aquatic Sciences Department. Document FA16, 5 pp., 2015. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA03100.pdf>

FURLANI, P. R. Pythium em sistemas hidropônicos danos e perspectivas para o controle: principais sistemas hidropônicos em operação no Brasil. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 34, (Supl.), p. S146-147, 2008.

HIDAKA, T.; YAMADA, H.; KAWAMURA, M.; TSUNO, H. Effect of dissolved oxygen conditions on nitrogen removal in continuously fed intermittent-aeration process with two tanks. *Water Science and Technology*, v. 45, n. 12, p. 181-188. 2002.

<https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodepeixes/artigos/o-sistema-de-aquaponia-e-sustentavel-certo-ou-errado>

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. 57p.

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

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

JORDAN, R. A.; GEISENHOF, L. O.; OLIVEIRA, F. C. de; SANTOS, R. C.; MARTINS, E. A. S. Yield of lettuce grown in aquaponic system using different substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.22, n.1, p.27-31, Campina Grande, PB. 2018.

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

MATSON, J. Fisingando peixes e plantas. Scientific American Brasil, [S.l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em: 19 . Acesso em: 29 de fevereiro de 2016

MOYA. E.A.E.; SAHAGÚN, C.A.A.; CARILLO, J.M.M.; ALPUCHE, P.J.A.; ÁLVAREZGONZÁLEZ, C.A.; MARTÍNEZ-YÁÑEZ, R. 2014 Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. Aquaculture Research, 47(6): 1716-1726.

QUEIROZ, J. F. guia de Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia / Julio Ferraz Queiroz, Thiago ArchangeloFreato, Alfredo José Barreto Luiz, Márcia Mayumi Ishikawa, Rosa ToyokoShriraishiFriguetto. Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2017.

RAKOCY J. E. Acuiponía: la integración del cultivo de peces con el cultivo de hortalizas en sistemas hidropónicos. Cap. 19, p. 791-847. In: Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Piedrahita, R. H. (Eds.). Acuicultura en sistemas de recirculación. Cayuga Aqua Ventures, 959 pp., 2009.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER. M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. Aquaculture Center Publications, n. 454, p. 1-7, 2006.

RAKOCY, J.E.; LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, SRAC publication. 2006. 454p.

SALLES, SAVIDOV, N., Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities in Alberta. Phase II. Final Report - Project

#2004-67905621; Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., Marcucci, A. 2012. Aquaponics vs Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop. *Acta Hort.* 927:887-893. 2005.

SILFVERGRIP, A.M.C. A Systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Tese de Doutorado - Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum Natural History, Stockholm, Sweden. 1996.

SOARES, T.M. 2007 Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro, Piracicaba, Brasil. 267f. (Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Disponível em: .Acesso em: 08 out. 2020.

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

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

WONKIEW, S., POPP, B.N., KIM, H.J., KHANAL, S.K. Fate of nitrogen in floating-raft aquaponic systems using natural abundance nitrogen isotopic compositions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 125, p. 24-32, 2017 (<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.08.006>)

ZELAYA, O.; BOYD et al. Effects of Water Recirculation on Water Quality and Bottom Soil in Aquaculture Ponds. In: EIGHTEENTH ANNUAL TECHNICAL REPORT, POND DYNAMICS/AQUACULTURE CRSP. Oregon, 2001. v. 1, p. 711

KUBITZA, F. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Ed. Acqua Supre. Jundiaí, SP. 2ª ed. 2003, 126 p.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE DESENVOLVIMENTO  
INSTITUCIONAL  
Av. Universitária, 1069 | Setor Universitário  
Caixa Postal 86 | CEP 74605-010  
Goiânia | Goiás | Brasil  
Fone: (62) 3946.3081 ou 3089 | Fax: (62) 3946.3080  
www.pucgoias.edu.br | prodn@pucgoias.edu.br

### RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

#### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Marcos Daniel da Silva  
do Curso de Zootecnia, matrícula 20151.0027.0043-3,  
telefone: (62) 981838153 e-mail mdsilva26@gmail.com, na  
qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos  
do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o  
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado

gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões  
do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado  
(Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG,  
MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a  
título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de dezembro de 2020.

Assinatura do(s) autor(es): Marcos Daniel da Silva

Nome completo do autor: Marcos Daniel da Silva

Assinatura do professor-orientador: \_\_\_\_\_

Nome completo do professor-orientador: \_\_\_\_\_

  
Delma Machado Cantisani Padua  
Prof.a Titular - Departamento de Zootecnia – PUC GO