

MANEJO E QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS AQUAPÔNICOS

Danilo César Oliveira de Cerqueira ¹

RESUMO

O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica sobre manejo e qualidade da água na aquaponia (união de aquicultura com hidroponia). Entre as perguntas que foram respondidas neste levantamento bibliográfico estão: Como diferenciar 'aquicultura com recirculação' de 'aquaponia'? Quais informações do ciclo químico do nitrogênio são úteis para o manejo na aquaponia? E como equilibrar os principais parâmetros de qualidade da água em sistemas aquapônicos? A busca foi realizada na Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA) da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e em bases de dados digitais de universidades federais, incluiu relatórios técnicos, artigos de periódicos especializados e monografias. Nesta revisão foram reunidas as principais informações técnicas sobre os parâmetros de qualidade da água na aquaponia: 1- O pH 7,0 é o ideal porque atende as necessidades dos peixes, das plantas e das bactérias nitrificantes; 2- O oxigênio dissolvido deve ser maior ou igual a 4 ppm; 3- A condutividade elétrica deve ficar entre 20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para atender a maioria dos peixes e plantas; 4- Quanto à Amônia tem-se estabelecido que amônia livre com concentrações acima de 0,7 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ podem ser letais aos peixes e que concentrações de amônia não ionizada acima de 1,6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ são prejudiciais à fisiologia da maioria dos animais aquáticos.

Palavras-chave: Aquaponia, Recirculação de água, Tilápias.

INTRODUÇÃO

Tem existido uma crescente busca, nos últimos anos, por sistemas de produção de alimento que sejam sustentáveis, uma opção viável que preenche essa exigência para pequenos espaços produtivos é a aquaponia (MERCANTE et al., 2011).

Aquaponia é a união de aquicultura com hidroponia (Fig.1), trata-se de uma atividade que possibilita a produção de plantas sem solo com os nutrientes provenientes de restos de ração e de dejetos de peixes em um sistema de recirculação de água. Neste tipo de sistema a água que retorna para o ambiente de criação de peixes volta mais limpa e com concentrações controladas de amônia e nitrito, após as filtragens e passagem pelos ambientes de produção vegetal (HUNDLEY, 2013; CARNEIRO et al., 2015a).

¹ Agrônomo, Professor Dr. do Curso Técnico em Agroecologia - IFAL – Campus Murici - AL, danilo.cerqueira@ifal.edu.br

Figura 1. Sistema básico de aquaponia



Fonte: AQP Brasil, 2017.

Um sistema aquapônico possibilita produzir peixes e hortaliças com alta densidade e produtividade em um único sistema, apresenta capacidade de produção em centros urbanos e em zonas áridas por ser um sistema compacto, tem baixo consumo de água e o aproveitamento integral de água e ração. No entanto, na aquaponia tem existido uma importante necessidade: aprimorar o conhecimento sobre a sanidade dos peixes e das plantas e aperfeiçoar o entendimento físico, químico e microbiológico para o tratamento e monitoramento da qualidade da água (BRAZ FILHO, 2000; SILVA, 2016).

A aquaponia é citada como uma das práticas capazes de trazer sustentabilidade ambiental à aquicultura. Por outro lado, não é a única prática alistada, por meio de regulamentações e políticas eficientes, a irrigação e a hidroponia também podem aproveitar efluentes da aquicultura (HUNDLEY, 2013).

O sucesso da aquicultura depende basicamente da qualidade da água de abastecimento, da qualidade e da quantidade dos alimentos fornecidos, do tempo de residência do efluente dentro dos sistemas de criação, das espécies criadas, da densidade de estocagem e da biomassa dos organismos (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008). Para a aquaponia, além desses fatores, deve se levar em conta a porção vegetal cultivada dentro do sistema (RACKOY, 2007).

Diante do exposto, o presente trabalho de revisão de literatura tem como objetivos: reunir informações técnicas sobre o manejo em sistemas aquapônicos e apontar os parâmetros ideais de qualidade da água na aquaponia.

METODOLOGIA

Esta revisão de literatura é um levantamento bibliográfico sobre o manejo da água e os parâmetros de qualidade da água para a aquaponia. A coleta de dados foi realizada no período entre 04 e 26 de agosto de 2020 em sua maioria na Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA) da Embrapa (Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária) e em bases de dados digitais de universidades federais.

Este trabalho traz repostas para perguntas como: Como diferenciar ‘aquicultura com recirculação’ de ‘aquaponia’? Quais informações do ciclo químico do nitrogênio são úteis para o manejo na aquaponia? E como equilibrar os principais parâmetros de qualidade da água em sistemas aquapônicos?

Foram citadas 28 referências das quais quase 50 % foram dos últimos 10 anos, sendo que as mais recentes foram publicadas em 2019 e 2017 e as mais antigas foram publicadas em 1998. Esta breve revisão bibliográfica traz dicas práticas de manejo para os seguintes parâmetros fundamentais na aquaponia: pH, temperatura, condutividade elétrica, amônia, oxigênio dissolvido e nutrientes na água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Sistemas de aquicultura com recirculação de água versus aquaponia

Os sistemas de aquicultura com recirculação diferenciam-se da aquaponia pela ausência da parcela vegetal e utiliza-se de outros métodos para transformar, retirar e utilizar os nutrientes diluídos na água (RACKOY,2006).

A aquicultura em sistemas de recirculação apresenta-se como uma crescente realidade no Brasil e no mundo. Geralmente, esse sistema de produção de peixe utiliza filtros biológicos para remoção dos resíduos potencialmente tóxicos da água (TYSON et al., 2008).

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/m^3), enquanto cultivos tradicionais no Brasil utilizam muitas vezes densidades de um quilo de peixe por metro cúbico de água (1 kg/m^3) (LOSORDO, 1998). Em sistemas super intensivos de aquicultura é possível produzir em 250 m^2 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 (BRAZ FILHO, 2000).

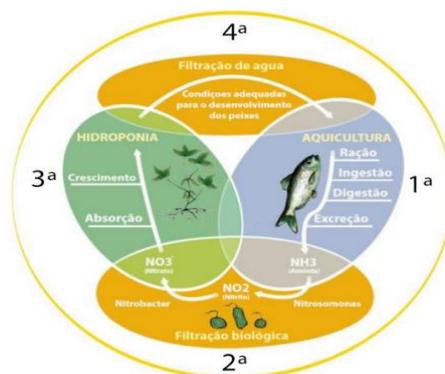
Os desenhos de um sistema de aquaponia podem variar muito, porém são necessários a realização de três processos complementares: o cultivo dos peixes no viveiro (onde há a entrada de nutrientes na forma de ração), a nitrificação das diferentes formas de apresentação do nitrogênio em filtros biológicos ou mesas de hidroponia, e, a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema. Na 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).

A aquaponia tem sido predominantemente difundida por todo o mundo através de produtores em escala domiciliar, sendo por muitos referida como “*Back Yard Aquaponics*”, termo em inglês para “Aquaponia de Quintal” (HUNDLEY, 2013).

2. Ciclo do nitrogênio e a aquaponia

Na nitrificação, o nitrogênio amoniacal é oxidado para nitrito e, na sequência, para nitrato em duas etapas. Esse processo é realizado por bactérias quimioautotróficas (Fig.2), que utilizam carbono inorgânico para biossíntese de carbono orgânico e obtêm energia para o crescimento a partir da oxidação do N-amoniacal ou nitrito (SINHA & ANNACHHATRE, 2007). Esse processo natural deve ser estimulado na aquaponia por meio da construção de biofiltros que possibilitam a extração direta do íon amônio por plantas aquáticas ou de biofiltros que possibilitam o crescimento de colônias das bactérias nitrificantes que transformam amônio e nitrito em nitrato, que é menos tóxico e pode facilmente ser aproveitado pelas plantas (hortaliças) nas camas de cultivo ou canaletas (NFT) (CARNEIRO et al., 2016).

Figura 2. Interação entre componentes os componentes biológicos em aquaponia



Fonte: Canastra, 2017.

Na desnitrificação as bactérias quimioheterotróficas utilizam nitrito e/ou nitrato como receptores finais de elétrons na cadeia respiratória, na ausência de oxigênio molecular, transformando-os em nitrogênio molecular (N₂), com formação de produtos intermediários (VAN LOOSDRECHT & JETTEN, 1998). Este processo é influenciado por fatores como: concentração e tipo da fonte de carbono, temperatura, pH, concentração de oxigênio dissolvido e de substâncias tóxicas.

3. Bactérias da nitrificação devem ter suas colônias estimuladas na aquaponia

Na primeira etapa da nitrificação, ocorre a oxidação do nitrogênio amoniacal para nitrito via hidroxilamina (NH₂OH) - nitrificação, e predominam bactérias do gênero *Nitrosomonas* spp. e *Nitrosospira* spp., enquanto, no passo seguinte, sucede-se a oxidação do nitrito a nitrato - nitratação, geralmente atribuída às bactérias do gênero *Nitrobacter* spp. e *Nitrospira* spp. (PHILIPS et al., 2002; TOKUYAMA et al., 2004).

Essas bactérias nitrificantes têm ocorrência natural e são predominantemente aeróbicas com pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0, tendo sua atividade reduzida à medida que o pH se distancia da neutralidade (VAN LOOSDRECHT & JETTEN, 1998).

Em geral, as bactérias da nitrificação ou bactérias nitrificadoras estão presentes no filtro biológico e em ambientes de cultivo de plantas em cascalho. Para a multiplicação dessas bactérias, devem ser usados nos biofiltros, substratos com uma alta relação superfície-volume, os mais usados são: argila expandida, pedra brita, seixo de rio, pedaços de tijolos e telhas, tampas de garrafas PET, entre outros (CARNEIRO et al., 2015a; SILVA, 2016; ANTONIOLLI, 2019).

4. Principais parâmetros da qualidade da água na aquaponia

Diversos fatores e suas interações determinam a qualidade da água na aquaponia, sendo os mais importantes: pH, temperatura, deficiência de oxigênio dissolvido, variação da carga e concentração de nitrogênio e a presença de substâncias tóxicas ou inibidoras, inclusive o próprio substrato e alguns intermediários do processo (GUJER, 2010). Assim, recomenda-se o monitoramento periódico da água, aferindo regularmente temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH (BRAZ FILHO, 2000).

4.1. Formas de controlar o pH da água

O pH exerce influência na disponibilidade de nutrientes (ferro, manganês, boro, zinco e cobre) para as plantas que decrescem drasticamente quando o pH é superior a

7,0. Além disso, outros nutrientes como fósforo, magnésio, cálcio e molibdênio decrescem em solubilidade em níveis de pH inferiores a 6,0. O pH ainda exerce determinante influência sobre o ciclo de nitrificação do nitrogênio (FERRI, 1979).

É necessário o controle do pH, uma vez que a elevação da alcalinidade, com consequente aumento das concentrações de amônia livre, podem inibir as bactérias nitrificantes, principalmente as bactérias oxidantes de nitrito (OLIVEIRA et al., 2013).

Normalmente em aquaponia, o pH tende a baixar em função dos ácidos produzidos pelas bactérias do sistema. Os níveis de pH podem ser elevados com a adição de bases no sistema, como carbonato de cálcio (calcário), óxido de cálcio (cal virgem), hidróxido de cálcio (cal hidratada) e hidróxido de potássio (CARNEIRO et al., 2015b; QUEIROZ et al., 2017; ANTONIOLLI, 2019). Carneiro et al. (2015b) recomendam o uso de 50 a 100 g de calcário a cada 60 dias em um sistema que possui um tanque com 800 L de água que garantem um pH em torno de 6,5 e 7,0.

Ainda se tratando de métodos para elevar os níveis do pH, Carneiro et al. (2016) sugerem o uso de pastilhas corretivas produzidas com a cal hidratada, gesso agrícola (sulfato de cálcio) e areia fina. Para produzir 100 unidades de 30 g da pastilha é utilizado 1 kg de cada substância dissolvidos em 2 L de água por 3 min ou até uma completa homogeneização da mistura; após isso a paste que se forma é colocada em formas de 50 ml como, por exemplo, copos descartáveis de café onde devem ficar por no máximo 2 min e logo após posto para secar à sombra. Em um volume de 200 L 1 pastilha eleva o pH de 5,0 para 7,0, vale ressalva que além de elevar o pH as pastilhas fornecem íons de Ca^{2+} e Mg^{2+} , diminuem a turbidez e elevam os níveis de dureza.

Em casos que haja a necessidade de reduzir os níveis do pH, Queiroz et al. (2017) recomendam o uso de ácido fosfórico, ácido nítrico, vinagre ou sulfato de alumínio.

4.2. Controle da temperatura da água

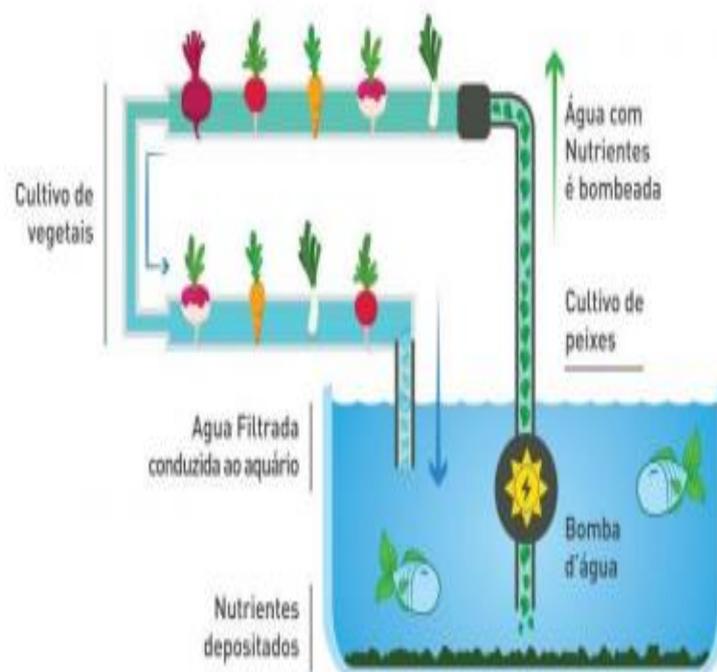
Na aquaponia a temperatura da água é um fator de grande importância que interfere no desenvolvimento das espécies podendo ocasionar a morte dos peixes e plantas, além de interferir na concentração de oxigênio e na eficiência do biofiltro (BRAZ FILHO, 2000). A temperatura média ideal que satisfaz tanto a maioria das espécies de peixes quanto a maioria das espécies de hortaliças usadas na aquaponia é de 26 °C (QUEIROZ et al., 2017).

Deve-se ter atenção especial com a temperatura, seu monitoramento precisa ocorrer diariamente, principalmente em regiões que possuem variações bruscas de

temperatura, pois temperaturas muito baixas podem tornar as espécies susceptíveis a doenças, e, podem provocar prolongamento no tempo de desenvolvimento. Todavia, temperaturas altas potencializam o efeito de substâncias tóxicas e diminuem a concentração dos gases, principalmente de O₂ (QUEIROZ et al., 2017).

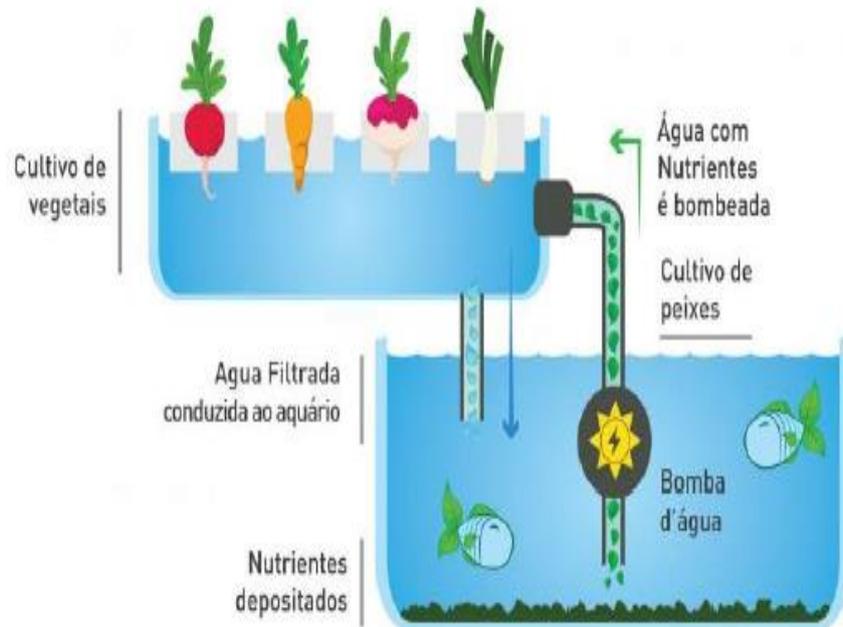
O controle da temperatura é primordial para a sobrevivência dos peixes e para que as bactérias continuem nitrificando o sistema. A temperatura da água é influenciada tanto pelo clima como pelo tipo do ambiente de cultivo dos vegetais (ANTONIOLLI, 2019), como exemplo, temos o NFT - *Nutrient Film Technique* - (ambiente de cultivo em canaletas) (Fig.3) com maior variação da temperatura da água, DFT - *Deep Film Technique ou Floating* - (ambiente de cultivo flutuante) (Fig.4) e *Grow Bed* (cama de cultivo) (Fig.5) com uma menor taxa de variação de temperatura da água (QUEIROZ et al., 2017).

Figura 3. NFT - *Nutrient Film Technique* (ambiente de cultivo em canaletas)



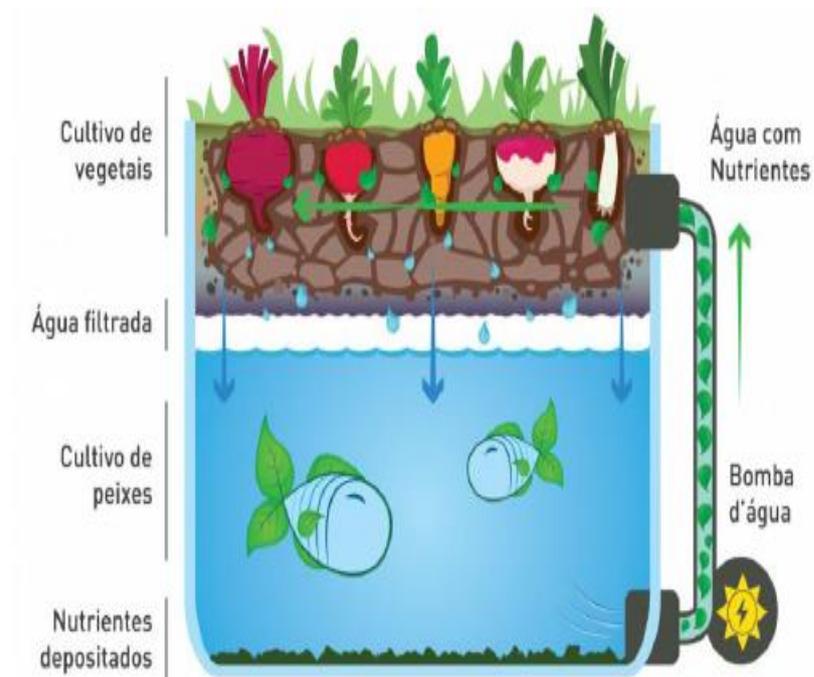
Fonte: AQP Brasil, 2017.

Figura 4. DFT - *Deep Film Technique* ou *Floating* - (ambiente de cultivo flutuante)



Fonte: AQP Brasil, 2017.

Figura 5. *Grow Bed* (cama de cultivo)



Fonte: AQP Brasil, 2017.

Para o controle da temperatura, o produtor pode se atentar ao uso e não uso de alguns elementos como a escolha do local a ser implantado o sistema que deve possuir no mínimo 5 h diárias de incidência solar; o uso de estufas que além de auxiliar no controle da temperatura podem ajudar no controle de intemperes; a utilização de cores claras ou escuras em todo o local de armazenagem/passagem da água (tanque dos peixes, filtros e área de cultivo de plantas) sendo que, as cores claras devem ser usadas em regiões quentes e cores escuras em regiões de clima frio e a utilização de aquecedores (CASTELLANI et al., 2009; SILVA, 2016)

4.3. Condutividade Elétrica da água (CE)

A salinidade é outro fator de extrema importância na qualidade da água e que em condições não adequadas causa danos na produtividade dos vegetais, esse fator pode ser medido com teste de condutividade elétrica (CE) que mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica e está diretamente ligada à concentração de íons. A taxa de CE está relacionada com a decomposição de matéria orgânica e serve como parâmetro para quantidade de nutrientes disponíveis ou mesmo indício de problemas com poluição da água. A CE ideal varia de acordo com a espécie a ser cultivada e com o clima. Em geral, para a produção de peixes a CE varia em torno de $20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, já na produção de hortaliças ela não pode ultrapassar os $70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (MERCANTE et al., 2011; ANTONIOLLI, 2019).

A condutividade elétrica está inteiramente ligada na absorção de água e nutrientes afetando no acúmulo de matéria seca e na produtividade podendo deixar a planta suscetível a distúrbios fisiológicos. Concentrações elevadas de sais podem acarretar a diminuição do potencial osmótico da solução, acúmulo de íons tóxicos, diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido e diminuição de absorção de macro e micronutrientes por parte das plantas (GODIM ET AL., 2010; LENZ ET AL., 2017).

4.4. Amônia na aquaponia

A concentração de amônia livre (NH_3), ou seja, a amônia tóxica, é função da concentração de nitrogênio amoniacal (Amônia Total) (Tab.1), do pH e da temperatura, por isso é fundamental manter a operação do sistema de forma que o nível de amônia livre seja mantido baixo (DONG-JIN KIM et al., 2005). Amônia livre com concentrações entre $0,7$ e 240 mg L^{-1} podem ser letais aos peixes. Concentrações de amônia não ionizadas

acima de $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ afetam consideravelmente a saúde dos peixes (MARTINEZ et al., 2006).

Tabela 1. Percentagem total de amônia total em função da temperatura e do pH da água

pH	Temperatura da água (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95
7.4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36
7.8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72
8.2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,72	10,00	11,41	13,22
8.6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68
9.0	22,87	25,57	28,47	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02

Fonte: Canastra, 2017.

A concentração de amônia tóxica elevada decresce devido ao menor pH do meio, que desloca o equilíbrio $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ no sentido de formação de NH_3 (OLIVEIRA et al., 2013).

É função do filtro biológico controlar os níveis de amônia com a atuação das bactérias nitrificadoras pelo processo de nitrificação transformando amônia em nitrato (QUEIROZ et al., (2017). Caso haja um aumento dos níveis de amônia no sistema provavelmente houve algum problema no filtro biológico. Além disso, a temperatura e o pH também interferem na toxicidade da amônia para o sistema (FERRARI, 1979)

4.6. Formas de aumentar o oxigênio dissolvido para os peixes, plantas e bactérias nitrificantes

Na aquaponia, 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. Quanto mais alto os níveis de oxigênio dissolvidos na água, maior a probabilidade de microrganismos benéficos se fixarem às raízes das plantas, no entanto, sob baixos níveis de oxigênio dissolvidos há uma maior probabilidade de microrganismos maléficos se fixarem às raízes. (RAKOCY, 2007)

De acordo com Carneiro et al., (2015a) todas as espécies cultivadas incluindo as bactérias do filtro biológico necessitam de oxigênio dissolvido que não pode estar com

concentrações inferiores à 3 mg L^{-1} . A forma de garantir o oxigênio dissolvido é por um sistema de aeração que pode ser constituído por supressores ou compressores de ar e mangueira (LOURENÇO et al., 1999). Confira na Tab.2 a relação da potência do motor com o volume de ar. Ademais, a temperatura da água deve estar em condições ideais, pois a temperatura também infere na concentração do oxigênio dissolvido (BRAZ FILHO, 2000).

Tabela 2. Capacidade de bombeamento de ar de acordo com a potência do motor

Potência (CV)	Volume de Ar (m^3/h)
0,5	84
0,75	120
2,00	192
4,00	252
7,50	492

Fonte: Braz Filho, 2000.

4.7. Equilíbrio nutricional na água

Plantas cultivadas necessitam, em geral, de oxigênio, hidrogênio e carbono disponíveis na água e na atmosfera. Outros minerais são considerados essenciais: potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre (macronutrientes); e cloro, ferro, manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio (micronutrientes) (FERRI, 1979) (Tab.3).

Tabela 3. Relação dos 13 nutrientes minerais necessários para as plantas superiores, agrupados em Macronutrientes e Micronutrientes, com suas respectivas formas químicas.

Macronutrientes		Micronutrientes	
Elemento	Forma encontrada na solução do solo	Elemento	Forma encontrada na solução do solo
Nitrogênio (N)	NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+	Cobre (Cu)	Cu^{+2}
Fósforo (P)	H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$	Ferro (Fe)	Fe^{+2}
Potássio (K)	K^+	Manganês (Mn)	Mn^{+2}
Cálcio (Ca)	Ca^{+2}	Zinco (Zn)	Zn^{+2}
Magnésio (Mg)	Mg^{+2}	Cloro (Cl)	Cl^-
Enxofre (S)	SO_4^{-2}	Boro (B)	H_3BO_3
		Molibdênio (Mo)	MoO_4^{-2}

Fonte: Menezes, 2018.

O desequilíbrio de alguns nutrientes pode afetar a absorção de outros, 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 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 a concentração mínima de 2 mg/L ou ainda por adubação foliar suplementar (CARNEIRO 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na aquaponia o controle dos parâmetros de qualidade da água é de extrema importância para a eficiência produtiva e taxa de sobrevivência das espécies produzidas (peixes e vegetais).

Para se ter um bom resultado de produção deve-se estabelecer um programa de análises regulares (semanais e em alguns casos diárias) dos seguintes itens fundamentais para a qualidade da água: pH, temperatura, condutividade elétrica, amônia, oxigênio dissolvido e equilíbrio nutricional. Para tal, o produtor deve possuir um kit prático de análise de água além de conhecimento de química, física e microbiologia.

Na maioria dos casos o pH 7,0 é o ideal para atender as necessidades dos peixes, porção vegetal e bactérias nitrificantes. O oxigênio dissolvido não pode baixar de 4 ppm. A CE deve ficar entre 20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para atender a maioria dos peixes e plantas. Amônia livre com concentrações acima de 0,7 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ podem ser letais aos peixes e concentrações de amônia não ionizada acima de 1,6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ são prejudiciais à fisiologia da maioria dos animais aquáticos.

REFERÊNCIAS

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

AQP BRASIL. Aquaponia, aquacultura e meio ambiente. 2017. Disponível em: aqpbrasil.com. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

BRAZ FILHO, M. D. S. P. Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água. Centro Universitário Nove de Julho. São Paulo, p. 41. 2000.

CANASTRA, Inês Isabel de Oliveira. Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático. Porto, Portugal. 2017. Disponível em: <<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/110688/2/250465.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N. ; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015a. 23p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 189).

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para produção de peixes e hortaliças. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015b. 12 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 68).

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Sistema Familiar de Aquaponia em canaletas. Aracaju: Embrapa Tabuleiros costeiros, 2016. 15 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 81).

CASTELLANI, D.; CAMARGO, A. F. M.; ABIMORAD, E. G. Aquaponia: aproveitamento do efluente de berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos. Bioikos, Campinas, p. 67-75, 2009.

DONG-JIN KIM, LEE D., JÜRIG KELLER, J. Effect of temperature and free ammonia on nitrification and nitrite accumulation in landfill leachate and analysis of its nitrifying bacterial community by FISH. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 459-468, 2005.

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

GUJER, W. Nitrification and me – A subjective review. **Water Research**, v.44, n.1, p.1-19, 2010.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas - relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n.1, p.163-173, 2008.

HUNDLEY, G.C. Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013. 52p.

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

LOSORDO, T.; LOSORDO, T.; RACKOY, J. Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations. **S. Region Aquaculture Center Publication**, n.451, 1998. 6p.

LOURENÇO, J. N. P.; MALTA, J. C. O.; SOUSA, F. N. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. Manaus - AM, 1999, p.1-4.

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

MENEZES, M. J. T. A importância dos nutrientes minerais para a planta forrageira. 2018. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/a-importancia-dos-nutrientes-minerais-para-a-planta-forrageira-47207/>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

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

OLIVEIRA, A. C. G.; BLAICH, C. I.; LOPES, D. D.; SANTANA, S. V.; PRATES, K. NMP de bactérias nitrificantes e desnitrificantes e sua relação com os parâmetros físico-químicos em lodo ativado para remoção biológica de nitrogênio de lixiviado de aterro sanitário. **Revista DAE**, v.192, p. 60-69, 2013.

PHILIPS, S.; HENDRIKUS, J.; LAANBROCK & VERSTRAETE, W. Origin causes and effects of increased nitrite concentration in aquatic environments. **Reviews in Environmental Science and Bio-Technology**, v.1, p.115-141, 2002.

QUEIROZ, J. F. D. et al. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, p. 29, 2017.

RACKOY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v.454, p.1-16, 2006.

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

SILVA, C. E. V. D. Montagem e operação de um sistema de aquaponia: um estudo de agricultura urbana para produção de jundiá (*Rhamdia quelen*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 51. 2016.

SINHA B., ANNACHHATRE, E.A.P. Partial nitrification - operational parameters and microorganisms involved. **Rev Environ Sci Biotechnol**. v.6, p.285-313, 2007.

TOKUYAMA, T.; MINE, A.; KAMIYAMA, K. Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the rhizosphere in an



aquaponics plant. **Journal of bioscience and bioengineering**, v.98, n.4, p.309-312, 2004.

TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; DANIELLE, D. Treadwell reconciling pH for ammonia biofiltration and yielding a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **Hortscience**, v.43, n.3, p.719-724, 2008.

VAN LOOSDRECHT, M.C.M.; JETTEN, M.S.M. Microbiological conversions in nitrogen removal. **Water Science and Technology**, v.38, n. 1, p.1-7, 1998.