

TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA O USO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES

SUSTAINABLE TECHNIQUES FOR USING WATER IN FISH PRODUCTION

João Marcos Monteiro Batista^{1*}, Veruska Dilyanne Silva Gomes², Johnny Martins de Brito³, Antônio Hosmylton Carvalho Ferreira⁴, Jorge Luiz Santos de Almeida⁵, Júlio César Lopes Brasileiro⁶

1 - Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás

2 - Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba:

3 - Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá:

4 - Doutor em Zootecnia pela Universidade federal do Piauí:

5 - Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba:

6 - Mestrando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás:

RESUMO:

O principal intuito das inúmeras técnicas de criação de peixes, cada vez mais sofisticadas e economicamente sustentáveis, é criar peixes em um menor volume de água possível, com reutilização dos efluentes, sem comprometer o bem-estar animal e minimizando o impacto ambiental da atividade. Juntamente com essa modernização vem os estudos que tem como objetivo principal trazer novas técnicas sustentáveis na utilização de água pela aquicultura, portanto, aumentando a produtividade e eficiência alimentar das diferentes espécies de organismos aquáticos. Esses tipos de sistemas de criação de peixes e organismos aquáticos vem ganhando espaço, dentre as técnicas de criação, isso devido ser uma forma de cultivo que depende de pequena área para implante, como é o caso do sistema de recirculação (RAS), o aquaponico e o bioflocos (BFT), ambos são métodos de criação que visam uma alta taxa de lotação em um reduzido volume de água em comparação aos sistemas convencionais de criação de peixes. Com base neste contexto podemos concluir que a utilização de técnicas inovadoras de criar peixes pode contribuir para reduzir os impactos ambientais, melhorar a eficiência alimentar e o desempenho produtivo dos peixes, além de contribuir com o bem estar dos animais.

Palavras-chave: impactos ambientais, piscicultura, sistemas de criação, sustentabilidade

ABSTRACT:

The main purpose of the countless techniques of fish farming, each time more sophisticated and economically sustainable, is to create fish in the least amount of water possible, with reuse of effluents, without compromising animal welfare and minimizing the environmental impact of the activity. Along with this modernization comes studies that have as main objective to bring new sustainable techniques in the use of water by aquaculture, therefore, increasing the productivity and feed efficiency of the different species of aquatic organisms. These types of fish breeding systems and aquatic organisms have been gaining space, among the breeding techniques, this is due to a form of cultivation that depends on a small area for implantation, as is the case of the recirculation system (RAS), the aquaponic and bioflocs (BFT), both are breeding methods that aim for a high stocking rate in a reduced volume of water compared to conventional fish farming systems. Based on this context, we can conclude that the use of innovative techniques of raising fish can contribute to reduce environmental impacts, improve food efficiency and productive performance of fish, in addition to contributing to the welfare of animals.

Keywords: Intensification, fish farming, fish confinement, environmental impact

1. INTRODUÇÃO

A água é imprescindível à aquicultura e à civilização humana. Apesar de ser considerada um recurso natural renovável, sua utilização de forma inadequada e demanda crescente podem contribuir para a diminuição da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos (THIAGO e GIANESELLA, 2003).

Ao longo dos anos a piscicultura vem se modernizando no intuito de agregar valores de maneira econômica e sustentável, com início do cultivo comercial na década de 70, e após esses anos vem galgando melhorias relacionadas ao desenvolvimento da piscicultura, com um crescimento anual superior a 10% no ano de 2019, apresentando superior aos índices das grandes atividades rurais convencionais (PEIXE BR, 2019).

De forma geral, a piscicultura é a ciência que estuda as metodologias de criação de peixes de produção, como também realiza o monitoramento das qualidades de bem-estar, nos meios de produção. Portanto, fazer o controle e o monitoramento das condições ambientais e sanitária é imprescindível, para que consigam ter um máximo desempenho com um ótimo consumo e conversão alimentar, e assim, se chegue ao êxito produtivo, para isso, é necessário o uso de ferramentas, substâncias específicas e inovações nos sistemas de cultivo, juntamente com acompanhamento periódico do desenvolvimento da proveniente espécie, que está recebendo estímulo via tecnologia do sistema de produtivo (HUNDLEY et al., 2013).

O principal intuito das inúmeras técnicas de criação de peixes sofisticadas e economicamente sustentável, é buscar uma criação de peixes em um menor volume de água possível, com reutilização dos efluentes, sem comprometer o bem estar dos animais e o meio ambiente correlacionando esses fatores com os custos de produção, e correlacionar ao custo de produção. E ao mesmo tempo dar aos animais uma alimentação de qualidade que atenda as exigências nutricionais, levando em consideração o nicho ecológico dos peixes em questão (DRESHER et al., 2000).

Portanto, esses avanços nos sistemas de criação compreendem desde o modo de criação extensivo, semi-intensivo, intensivo até o super-intensivo, dentro de cada sistema de criação está anexadas as técnicas sustentáveis com a utilização de água na produção piscícola, que vem acontecendo nos últimos os anos, e que ainda estão em seu ápice de desenvolvimento tecnológico. Com isso, entra a pauta de estudos com a utilização de técnicas de criação como por exemplo o sistema de recirculação em aquaponia e bioflocos, que são métodos de criação que visam uma alta densidade de estocagem em um reduzido volume de água em comparação ao sistema convencionais de criação de peixes.

Nesse âmbito, a presente revisão foi elaborada com o objetivo de abordar novas técnicas sustentáveis na utilização de água, por sistemas de produção em aquicultura, que promovem aumento da produtividade e diminuem os impactos ambientais da atividade.

2. SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO OU (RECIRCULATION AQUACULTURE SYSTEMS, “RAS”)

Atualmente vários princípios de cultivos de organismos aquáticos necessitam totalmente ou parcialmente do sistema de recirculação, pois são fundamentais para o desenvolvimento sustentável da aquicultura. Onde, a qualidade da água é mantida ao longo do período de produção, devido esse tipo de sistema constar com filtros biológicos, filtros mecânicos, que atuam na redução de material orgânica proveniente do meio de produção, e controle do efeito tóxico causado pela redução da elevada quantidade de amônia presente na água, isso é comprovado através de observações físico-químicas como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade entre outros (OWATARI, et al., 2016).

Gomes et al. (2018) ao avaliarem os índices de desenvolvimento para juvenis de *Betta splendens*, onde os mesmos foram alimentados com dietas contendo aditivos enzimáticos. Ambos em um sistema de recirculação fechado de água, composto por bomba d'água, filtro mecânico e biológico, demostram que com a utilização desse sistema obtiveram a manutenção das condições físico-químicas de qualidade de água dentro do ideal, em ambas as unidades em experimentação.

Esse tipo de criação de peixes e organismos aquáticos vem ganhando espaço, dentre as técnicas de criação de organismos aquáticos, isso devido ser uma forma de cultivo que depende de pequena área para implante, como também no sistema RAS, o uso de água e o seu descarte de efluentes são minimizados, gerando redução de custos para o produtor e conseqüentemente o mesmo consegue obter uma gestão produtiva com maior sustentabilidade (figura 1). Uma das vantagens deste método de criação é que reduz os problemas ambientais como por exemplo, os relacionados ao aquecimento global, causado pelo consumo de energia e pela a superfície da área que é necessária para desenvolvimento da atividade, gerando portanto, indicadores de emissão de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, NO₂), como também inibe ou controla os indicadores de eutrofização e acidificação em relação a quantidade de composto nitrogenados e fosforados lançados nos ecossistemas (MARTINS et al., 2010).

Nesse âmbito, o sistema de recirculação apresenta uma maior biossegurança, ao evitar a contaminação ambiental através da eliminação de efluente total ou parcial. Além disso,

reduz os riscos de contaminação biológica e evita a disseminação de patógenos no meio de produção, além de contribuir também no aspecto de prevenção e nas fugas de espécies exóticas para outros ecossistemas. Com isso, estudos se tornam frequente, uma vez que a atividade é um método sustentável e ecologicamente correto e extremamente necessário nos tempos atuais. Devido à redução no volume de água utilizado, otimização de espaço para criação e além de tudo, permite o controle das variáveis ambientais (HELDDBO, 2015).

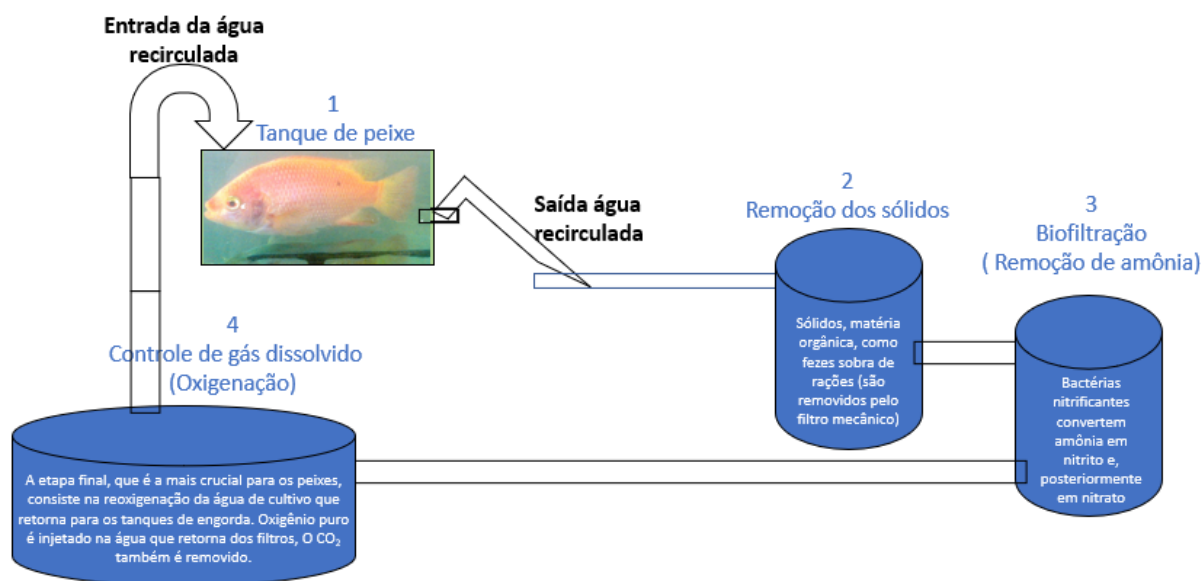


Figura 1 - Esquema de um sistema de recirculação “RAS”, na produção de peixes.

Os sistemas RAS é considerado uma inovação tecnológica na piscicultura, pois utiliza 99% menos água que os sistemas convencionais de cultivo. Tendo uma economia de água muito grande, onde as perdas só vão ser por evaporação, pois a água pode ser reutilizada no abastecimento das caixas d'água, após passarem por um o filtro biológico e mecânico. Além da implantação deste sistema ser ecologicamente sustentável, permite implantar unidade produtiva com o menor custo aos pequenos piscicultores (NAZAR et al., 2013).

SOUZA et al. (2014) realizaram pesquisa com alevinos de pacamã sobre avaliação de exigência de proteína bruta, em sistema de recirculação, encontraram um bom desempenho dos animais criados com esse sistema produtivo, especificamente para essa fase.

O cultivo de peixes neste tipo de sistema proporciona algumas vantagens como facilidade de manejo, aumento significativo do volume de produção, menor emprego da mão de obra, devido à enorme facilidade no manejo dos peixes e mais importante redução dos impactos ambientais, sendo um dos gargalos hoje no meio de produção piscícola. Entretanto com esse método é possível promover o controle da temperatura da água como também a

quantidade de oxigênio dissolvido e controle da sanidade dos peixes. Segundo JORDAN et al. (2011), cultivando tilápias vermelha e trutas em caixas com controle de temperatura da água, mantidas em 28 ± 1 °C e 15 ± 1 °C, respectivamente, utilizaram uma bomba de calor de duplo efeito térmico para o proveniente aquecimento e resfriamento da água. Demonstraram eficácia e confiabilidade e consequentemente melhor desempenhos dos peixes. Devido a essas vantagens o RAS tem crescido no Brasil e principalmente na região Nordeste que é uma região com baixa disponibilidade de água, onde a maior parte das produções depende de poços tubulares para um abastecimento e circulação de água nos viveiros.

Ramos et al. (2018) realizou duas pesquisas em um sistema de recirculação de água "RAS", onde foi possível observar no primeiro experimento que os melhores resultados de sobrevivências, larvas aptas ao assentamento e rendimento, foram nas densidades de estocagens de 50 e 100 larvas por mL⁻¹. Já no segundo experimento os melhores desempenho foi nas densidades de 50 e 75 larvas por mL⁻¹. Portanto, com esse estudo é possível evidenciar uma densidade de estocagens ideal de biomassa de peixes vivo por mL⁻¹ de água em um sistema de recirculação, (figura 2).

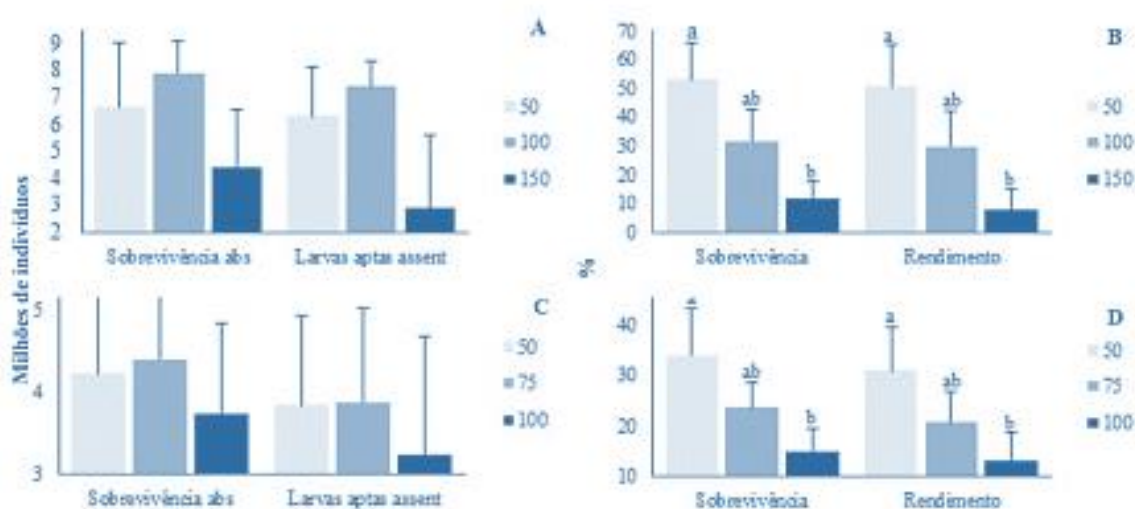


Figura 2 - Sobrevivência absoluta (Sobrevivência abs), larvas aptas ao assentamento (Larvas aptas assent), sobrevivência larval (%) e rendimento larval (%), em diferentes densidades de estocagens larvais. (A) Sobrevivência absoluta e larvas aptas ao assentamento nas densidades de estocagens iniciais de 50, 100 e 150 larvas mL⁻¹; (B) Porcentagem de sobrevivência e rendimento nas densidades de estocagens iniciais de 50, 100 e 150 larvas mL⁻¹; (C) Sobrevivência absoluta e larvas aptas ao assentamento nas densidades de estocagens iniciais de 50, 75 e 100 larvas mL⁻¹; (D) Porcentagem de sobrevivência e rendimento nas densidades de estocagens iniciais de 50, 75 e 100 larvas mL⁻¹. Médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). Dados indicam média $\pm$ desvio padrão. (Adaptado de Ramos et al., 2018).

Assim, o cultivo de peixes em RAS vem surgindo como uma alternativa promissora no meio piscícola, em regiões que apresentam baixa disponibilidade a altos volumes de água. É um método que apresenta um sistema de recirculação e reutilização da água com fluxo contínuo ininterruptamente. Nessa vertente de criação está surgindo uma técnica de criação que integra a aquicultura e a hidroponia, apresentando no mercado como aquaponia, onde é possível ser uma ótima alternativa futura para os sistemas integrados e com baixo volume de água.

2.1. Aquaponia na produção de peixes

A palavra aquaponia refere-se à dois sistemas distintos de produção, que fazem integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, com o cultivo de vegetais hidropônicos, portanto, deriva da palavra aquicultura que significa produção de organismos aquáticos combinada com a palavra hidroponia que significa produção de plantas sem solo. Essa metodologia de produção é considerada uma verdadeira simbiose entre os peixes e as hortaliças, e é considerada ecologicamente correta, em que a água proveniente do sistema de produção dos peixes alimenta a hidroponia, assim os subprodutos presentes na água são quebrados pelas bactérias nitrificantes em nitrito e posteriormente no nitrato que é a forma de nitrogênio mais absorvível pelas plantas, e é utilizada como nutrientes pelas mesmas (SILVA, 2017).

Na aquaponia apresenta alguns princípios biológicos importantes, como por exemplo, a preconização da reutilização total da água, com o intuito de prevenir o desperdício de água e assim diminuir ou até mesmo eliminando a liberação do efluente no meio ambiente. Nesse tipo de sistema uma vez abastecido e em perfeito funcionamento, pode ficar por tempo indeterminado sem a necessidade que haja troca da água, onde vai haver apenas o acréscimo da água perdida na evaporação e pela plantação. Ainda por cima podemos observar que o volume de água necessário para aquaponia é muito baixo, em comparação com um sistema tradicional de agricultura e piscicultura. E o mais curioso, é que a técnica de criação em aquaponia apresenta com maior eficiência na geração dos efluentes e na utilização da água do que o próprio sistema de hidroponia, devido não necessitar da renovação constante das soluções hidropônicas de nutrientes (CARNEIRO et al., 2015).

Portanto, pode afirmar que o baixo custo com adubos é verídico, isso por que os peixes se alimentam de rações e consequentemente produzem excretas, onde as mesmas

serve de fonte de nutriente para as plantas. Além disso, quando pensamos no comprometimento da saúde dos peixes a uma restrição no uso de agrotóxico no controle de pragas dos vegetais. Como também nula as chances de ocorrência de fugas de espécies exótica para a natureza, que poderia levar a esticção das espécies nativas, através da proliferação (DE OLIVEIRA, 2016).

Como qualquer outra técnica de criação de organismos aquáticos, o sistema aquaponico apresenta alguns gargalos, que necessita de uma atenção especial para o bom desempenho e máxima produtividade do sistema, entre ele um dos pontos críticos é o pH, pois o mesmo corpo de água tem que atender três organismos muitos distintos que é peixes, plantas e bactérias, onde cada um requer uma faixa de pH não muito homogenia (CARNEIRO, MARIA, NUNES & FUJIMOTO, 2015). Com isso, é importante o equilíbrio de um sistema aquaponico e uma continua observação dos valores do pH, para que consiga um bom funcionamento do filtro biológico. Para isso, recomenda um pH ideal em uma aquaponia de 6,5 a 7,0 para perfeito atendimento de todos os componentes biológicos presentes (CARNEIRO et al., 2015). Com isso, um pH acima de 7,0 nesse tipo de sistema poderá causar precipitação de ferro e manganês, se apresentar abaixo de 4,5 pode causar lesões radiculares (WADA, 2019) e consequentemente as plantas irão apresentar provenientes deficiências na absorção dos nutrientes (SOMERVILLE et al., 2014).

Li et al. (2019) ao avaliarem o desempenho do sistema aquapônico em um teste piloto de 130 dias, com utilização de biofilme para controle de qualidade da água, onde foi possível observar a eficiências do sistema na remoção do nitrogênio total de amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total, fósforo total dissolvido e carbono orgânico total, portanto esse poluentes diários foram mantidos em níveis baixos dentro do sistema por longo prazo, com a utilização do biofilme, sendo que as plantas aquáticas contribuíram para proporciona as condições de qualidade da água.

Outro estudo foi realizado por Su et al. (2020) nessa mesma linha de pesquisa, utilizaram um sistema aquaponico com circulação de água contendo excreção de amônia proveniente de bagres africanos, cultivados em tanques para conversão bacteriana em nitrato, que atuou como uma substância nutritiva para cultivar alface em tanques hidropônicos, usando carvão vegetal com composição térmica de microondas. Evidenciaram um adequado transportador biológico para o crescimento de baterias nitrificantes, onde aturam no tratamento da qualidade da água através da remoção de 67% de amônia, como também na redução dos sólidos totais suspensos em 68 %, e com isso, resultou em uma baixa concentração de 0,42 mg/L de amônia remanescente. Além de

aumentar o pH para 7,8, como também aumentou a absorção de nitrogênio pelas plantas (110 mg de nitrogênio por planta), resultando em maior crescimento na alface (0,0562% / dia), e mantendo uma taxa de 100% de sobrevivência dos bagres. Nesse estudo foi possível observar uma conversão de (29,7 mg / L) de amônia em nitrato, portanto, reduzindo os fatores tóxicos no sistema.

Na figura 3 é possível observar a eficiência de remoção de amônia, em um sistema aquapônico, com a utilização de diferentes níveis de carvão pirólise na filtragem e redução do excesso de amônia presente no sistema. A eficiência de remoção do tratamento A, B e C, foi respectivamente registrada em 27,78; 43,65 e 66,66 %, / semana. Como podemos observar à medida que aumentou a quantidade de carvão melhorou significativamente a remoção de amônia.

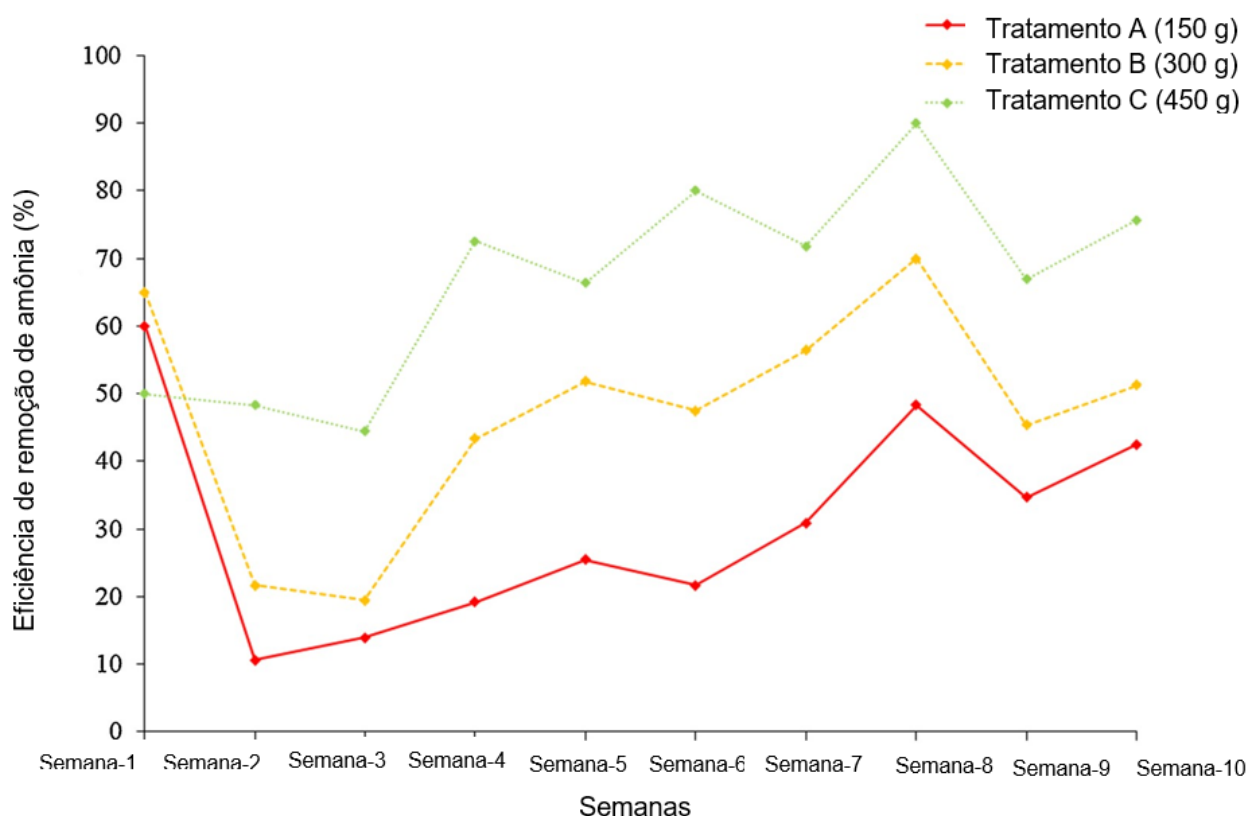


Figura. 3. Variação da eficiência de remoção de amônia em todos os tratamentos durante o período experimental. Adaptado de Su et al. (2020).

Uma explicação para essa melhoria na remoção é devido ao aumento área para aderência das bactérias (SU et al., 2020). Segundo Li et al. (2019) o carvão pirólise de microondas fornece uma maior disponibilidade de poros com área de superfície que

proporciona o melhor crescimento das bactérias nitrificantes. Portanto a quantidade de carvão em sistema aquaponico pode apresentar diferentes efeito no seu uso, isso devido a sua proporção em kg/L de água.

Na produção aquapônica apresenta subdivisões no sistema quanto aos substratos, podendo ser substrato semi-seco, que vem do inglês “gravel bed”, calhas hidropônicas com a técnica do fluxo laminar de nutrientes, que vem do inglês NFT – “nutriente film technique” e por último bandejas flutuantes que é derivado do inglês “floating raft” (LENNARD e LEONARD, 2006). Além de tudo, existe uma possibilidade da integração do sistema aquapônico com o sistema de bioflocos, onde essa associação tem como fator principal a ecoeficiência do cultivo, potencializando a utilização dos insumos inseridos, objetivando redução de custo, sem afetar a produtividade das culturas de forma rentável (PINHO, 2015).

Portanto, esse tipo de tecnologia apresenta no meio de produção de alimentos como uma alternativa promissora, principalmente em regiões com baixa disponibilidade de água ou até mesmo com água de má qualidade. Neste contexto, Tomaz et al. (2020) realizaram estudo em um sistema aquapônico, onde utilizaram as diferentes cultivares de cúrcuma, tomate e quiabo, sendo que essas plantas receberam água proveniente dos tanques de peixes, em que essa água tinha origem de poço, de riacho e de abastecimento público, em diferentes estações do ano. No proveniente trabalho foi observado um melhor desempenho no ganho de peso e altura das plantas, em ambas a estações do ano e nas diferentes águas. Ah sim, fica evidente que utilização dessa tecnologia, que proporciona ganhos produtivos para ambos os meios biológicos encontrado no sistema de produção de alimentos sustentáveis.

2.2. Tecnologia de bioflocos (BFT)

A tecnologia de produção de peixes em sistemas de “*biofloc technology*” (BFT), se apresenta na piscicultura como uma alternativa intensiva de produção economicamente viável e ecologicamente sustentável, com reduzidos impactos ambientais. O biofloco é um método de criação que se baseia no crescimento de microrganismos no meio de cultivo, com o objetivo de utilização como fonte de nutrientes que é constantemente reciclado e reutilizado, sem um mínimo de geração de efluentes (EMERENCIANO et al., 2013). Portanto, o princípio de constituição de um BFT é que apresente uma variedade de microrganismos juntamente com restos de ração, fezes e matéria orgânica que são mantidas em suspensão na coluna d`água com uma continua aeração (RAY et al., 2010).

Uma das principais vantagens tecnológicas deste sistema de produção é reciclagem de nutriente através da relação balanceada de carbono/nitrogênio C:N, com o intuito de estimular o crescimento bacteriano heterotrófico, que converte amônia em biomassa microbiana, onde, apresenta a finalidade de manutenção da qualidade da água e ótima absorção dos compostos nitrogenados pela microbiota, circunstancialmente haverá uma complementação nutricional dos peixes cultivados, e assim, vai reduzir as taxas de conversão alimentar como também vai aumentar as taxas de crescimento (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; EMERENCIANO et al., 2011; AVNIMELECH, 2015).

Quando pensamos em aumento de densidade de estocagem é imprescindível a observação e controle na produção e amônia no sistema, visto que níveis tóxicos de amônia (NH_3) pode levar a morte dos peixes. Segundo Karasu Benli (2005) o nível agudo de amônia para os peixes é quando se encontra em uma concentração de $7,40 \pm 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ em pH 8,0 consequentemente quando é observado esse nível em sistema pode causar a morte de até 50% dos animais dentro de 48 horas, se não controlado. Outro fator importante é os volumes de alcalinidade no sistema de bioflocos que é necessário que se encontre superior a $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, isso para que não prejudique o processo de nitrificação e sequestro de amônia pelas bactérias heterotróficas (AVNIMELECH et al., 2015). Dessa forma, o consumo da alcalinidade vai proporcionar a transformação de 1 g de N-amoniaco em 3,57 e 7,07 g $\cdot \text{L}^{-1}$ de CaCO_3 na água, e assim tornando o monitoramento da alcalinidade essencialmente importante para manter a qualidade da água do sistema.

Portanto, Lovera et al. (2017) trabalharam com diferentes relações de carbono/nitrogênio de 10, 15 e 20, e uma densidade de 750 alevinos de tilápias m^{-3} , em sistema de bioflocos, e evidenciaram que a relação de C/N 10 nos tanques, foi a que apresentou diferença significativa a ($P \leq 0,05$), para as variáveis de desempenho dos alevinos, como por exemplo melhorou conversão, sobrevivência, taxa de crescimento específico, proteico entre outras, em comparação as diferentes relação de C/N e tratamento controle.

Devido a esses fatores supracitado no parágrafo anterior, se torna possível uma utilização de altas densidades de estocagens e consequentemente elevada produtividade, com capacidade produtiva normal de (10 a $40 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$) de peixes, ou seja em outras palavras o sistema de biofoco consegue intensificar a produtividade sem necessidade de aumentar significativamente o uso dos recursos naturais, como a água e a terra, além de apresentar um suporte social econômica, onde isso é pré-requisito básico para produção sustentável (AVNIMELECH, 2005; AVNIMELECH, 2012; CRAB, 2012).

Vários estudos estão sendo realizado nessa vertente de utilização do BFT no aumento de estocagem em comparação aos outros sistemas convencionais. Como por

exemplo Rakocy et al. (2004) ao cultivar tilápias em duas densidades de 20 e 25 peixes.m⁻³, em tanques circulares de 200 m³, e com uma constante aeração, observaram um aumento produtivo de 28 vezes maior que o obtido em viveiro não aerados. Além disso, em outra investigação realizada por Widanarni et al. (2012) em que utilizaram as seguintes densidades de (25, 50 e 100 peixes.m⁻³), foi encontrado melhores índices de sobrevivência com o cultivo das tilápias vermelhas nas diferentes densidades de estocagens nos sistemas de bioflocos em relação ao tratamento controle que foi sem adição de carbono.

Lima et al. (2015) ao realizar estudo com diferentes densidades de estocagens de tilápias do Nilo, com 15, 30 e 45 peixes.m⁻³, em sistema de bioflocos. Encontraram melhor resultado zootécnico para densidade de 45 peixes.m⁻³, conseguindo uma produtividade 16,6 kg.m⁻³. Além de manter uma sobrevivência superior a 90% em ambas as densidades. Portanto, os autores concluíram que a tecnologia de bioflocos pode ser utilizada na fase de engorda de tilápias com uma densidade de 45 peixes por metro cúbico de água.

Na tabela 1, estão demonstrados os valores de desempenho de duas linhagens de tilápias a GIFT e a vermelha, em um sistema de bioflocos, utilizando duas densidades de estocagem. Onde foi possível observar que a linhagem GIFT, apresentou melhores resultados de desempenho, para as variáveis de peso final e taxa de crescimento específico em ambas as densidades. No entanto, a utilização das diferentes densidades no sistema de bioflocos nesse estudo evidenciou que a estocagem de 800 peixes. m⁻³, foram os que constatou maior biomassa final e maior produtividade de kg/m², a (P<0,001) (BROL et al., 2017).

Tabela 1. Desempenho zootécnico de tilápias GIFT cultivadas em sistemas de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem (400 e 800 peixes.m⁻³) durante 42 dias.

Variável	Tilápia do Nilo		Tilápia vermelha		Linhagem	Densidade	L x D
	800/m ³	400/m ³	800/m ³	400/m ³			
Peso final (g)	19,53±0,63 ^a	19,22±0,45 ^a	15,89±0,53 ^b	17,63±0,55 ^b	***	NS	NS
Sobrevivência (%)	72,9±7,3	87,5±6,3	82,8±2,7	90,6±4,7	NS	NS	NS
Biomassa final (g/caixa)	228,92±24,76 ^a	123,52±8,43 ^b	209,37±1,33 ^a	127,54±7,09 ^b	NS	***	NS
Produtividade (kg/m ²)	1,76±0,19 ^a	0,95±0,06 ^b	1,61±0,01 ^a	0,98±0,05 ^b	NS	***	NS
Conversão alimentar aparente	1,21±0,13	1,29±0,05	1,12±0,03	1,14±0,05	NS	NS	NS
TCE (%/dia)	4,51±0,10 ^a	4,46±0,08 ^a	4,01±0,06 ^b	4,25±0,05 ^b	***	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (*p<0,05, **p<0,01 e ***p<0,001).

Fonte: Adaptado de Brol et al. (2017)

Nesse pensamento de maximização de massa por área surge estudo realizado por Souza et al. (2013) com a utilização tilápia-do-nilo avaliando a influência da farinha de

manga no crescimento e composição corporal dos peixes, utilizaram 12 caixas d'água de 500 L, com a utilização do sistema de recirculação de água com biofiltro, obtiveram resultados significativos ($p < 0,05$) no desempenho dos peixes cultivados neste sistema de produção.

Como podemos observar o BFT e tecnologia de produção em aquicultura focada na redução, ou até mesmo na eliminação, das renovações de água, como também no aumento da eficiência de utilização dos nutrientes, através da proliferação das bactérias heterotróficas, que agem convertendo amônia em biomassa microbiana, servindo, portanto, de alimentação para os peixes. Com todo o exposto, é possível concluir, que a aplicação da tecnologia de bioflocos no meio de produção piscícola é o futuro da aquicultura sustentável.

3. Conclusão

A utilização de técnicas inovadoras de criar peixes como RAS, aquaponia e bioflocos podem contribuir para reduzir os impactos ambientais, melhorar a eficiência alimentar, maximizar o desempenho produtivo dos peixes e lucratividade da criação, além de contribuir com o bem estar dos animais.

4. REFERÊNCIAS

APPELBAUM, S.; VOLVICH, L. Use of tilapia for improving water quality in intensive, integrated, circulatory fish culture system. In: V tilapia aquaculture- international symposium on tilapia aquaculture; Rio de Janeiro; Brasil. Rio de Janeiro (RJ): Proceedings, p. 299-302, 2000.

ABIMORAD, E.G.; CASTELLANI, D.; GONÇALVES, G.S. et al. Substituição parcial do farelo de soja pela farinha de carne e ossos em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.49, n.11, p.836-843, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100002>

ALMEIDA, E. O.; SANTOS, R.B.; COELHO FILHO, P.A. et al. Policultivo do curimatã pacu com o camarão canela. **Biologia Instituto Pesca**, V.41 n.2 p-271 – 278, 2015. https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/41_2_271-278

AVNIMELECH, Y. Biofloc technology - a practical guide book. 3rd ed. **The World Aquaculture Society**. Baton Rouge. Louisiana, EU. 258 pp, 2015. www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113266301

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; NEU, D. H. et al. Sistema orgânico de produção de pescado de água doce. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. v.13, n.2, p.578-590, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000200025>

BROL, J.; Pinho, S. M.; Sgnaulin, T.; Pereira, K. D. R.; Thomas, M. C.; de Mello, G. L.; Miranda-Baeza, A.; & Emerenciano, M. G. C. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 229-235, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i254.2326>

CANDIDO, A. S.; MELO JÚNIOR, A. P.; COSTA, O. R. et al. Efeito de diferentes densidades na conversão alimentar da tilápia *Oreochromis niloticus* com o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de policultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.3, p. 279-284, 2005. www.redalyc.org/pdf/1953/195317500005.pdf

DRESHER, A. W.; JACOBI, P.; & AMEND, J. Segurança Alimentar Urbana: Agricultura urbana, uma resposta à crise. **Rev. Agricultura Urbana**, 1:1-6, 2000.

FEIDEN, A.; SIGNOR, A. A.; DIEMER, O. et al. Desempenho de juvenis de jundiás (*Rhamdia voulezi*) submetidos à alimentação com ração orgânica certificada e comercial. **Revista Acadêmica Ciências Agarrarias Ambiental**. v. 8, n. 4, p. 381-387, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v8i4.10958>

GOMES, V. D. S.; AMÂNCIO, A. L. L.; FILHO, J. J.; CAVALCANTI, C. R.; BATISTA, J. M. M.; SILVA, J.HV. ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO EM JUVENIS *Betta splendens* ALIMENTADOS COM ADITIVOS ENZIMÁTICOS. **Visão Acadêmica, Curitiba**, v.19, n.4, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v19i1.61302>

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; & SEIXAS FILHO, J. T. (2013). Aproveitamento

do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerição (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Rev. Bras. Agropec. Sust.**, 3(1). <https://doi.org/10.21206/rbas.v3i1.188>

JORDAN, R.A.; CORTEZ, L. A. B.; BALDASSIN J. R. R. et al. Sistema intensivo de criação de peixe com recirculação de água e controle de temperatura via bomba de calor de duplo efeito térmico. **Bioengenharia**. v.5 n.1, p.12-22, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2011v5n1p12-22>

JATOBÁ, A.; MOURIÑO, J. L. P. Efeito do *Lactobacillus plantarum* no trato intestinal de alevinos de *Oreochromis niloticus*. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, n.1, p-45-53, 2015. <https://doi.org/10.1590/1089-68916i127789>

KARASU BENLI, A.C.; AND KÖKSAL, G. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae and fingerlings. **Turkish J Vet Anim Sci**, 29: 339-344, 2005. journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-05-29-2/vet-29-2-23-0306-44.pdf

KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 1. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285 p.

KUBITZA, F. 2014) Fernando Kubitza Conheça o Sistema de Recirculação em Aquicultura (Sistema RAS)<https://www.alltech.com/br/blog/conheca-o-sistema-de-recirculacao-em-aquicultura-sistema-ras>

LIMA, E. C. R. D.; Souza, R. L. D.; Wambach, X. F.; Silva, U. L.; & Correia, E. D. S. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 4, p. 948-957, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000400018>

LOVERA, K. P. Z.; Brito, L. O.; Arana, L. A. V.; GALVEZ, A. O.; & CÁRDENAS, J. M. V. Cultivo de alevinos de tilápia em sistema de bioflocos sob diferentes relações carbono/nitrogênio. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 3, p. 399–407-399–407, 2018. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n3p399>

LI, C.; ZHANG, B.; LUO, P.; SHI, H.; LI, L.; GAO, Y.; LEE, C. T.; ZHANG, Z.; & WU, W. M. Performance of a pilot-scale aquaponics system using hydroponics and immobilized biofilm treatment for water quality control. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 274-284, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.170>

MAEDA, H.; SILVA, P. C.; AGUIAR, M. D. S.; PADUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. D. C.; MACHADO, N. P.; RODRIGUES, V.; SILVA, R. H. D. Efeitos da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema raceway. *Ciência Animal Brasileira* 7(3): 265-272, 2006. <https://doi.org/10.5216/cab.v7i3.412>

MACIEL, E. C. S.; FEITOSA, K. C. O.; CORRÊA NETO, C. R. et al. Desempenho produtivo e parâmetros fisiológicos de juvenis de pacu criados em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.14, n.1, p.185-194, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402013000100022>

MOURA, R.S.T.; LOPES, Y.V.V.; HENRY-SILVA, G.G. Sedimentação de nutrientes e material particulado em reservatório sob influência de atividades de piscicultura no semiárido do rio grande do norte. **Departamento de Ciências Animais**.V.37, n.8, p.1283-1288, 2014. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140203>

PEREIRA, T.S.; FABREGAT, T.H.P.; FERNANDES, J.B.K. et al. Selênio orgânico na alimentação de matrizes de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 31, n. 4, p. 433-437, 2009. DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i4.6300

RIBEIRO, F.A.S.; JORGE, P.H.; FERNANDES, J.B.K. et al. Densidade de estocagem para produção de acará-bandeira em viveiros escavados em policultivo com camarão- da-Amazônia. **Revista Caatinga**. v.23, n.4, p.29-134, 2010. periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1764/4627

SILVA, P. C. Efeitos da densidade populacional e da renovação de água sobre o desempenho produtivo, parâmetros hidrológicos e lucratividade na produção da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema raceway. [Tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária; 2001.

SÁ, M.C.; LOPES, J.E.M.; MERCURY, J.M.R. et al. Estudo da viabilidade econômica e nutricional da adição de torta de babaçu na alimentação para deferentes espécies de tilápias. **Acta tecnológica**. V.9, n.1, p.13-20. 2014. <http://dx.doi.org/10.35818/acta.v9i1.169>

SCORVO FILHO, J.D.; MAINARDES-PINTO, C. S. R.; PAIVA, P. et al. Custo operacional de produção da criação de tilápias tailandesas em tanques-rede, de pequeno volume, instalados em viveiros povoados e não povoados. **Custos e @gronegocio**. v.4, n.2, p. 1808-2882, 2008. Microsoft Word - tilapias (custoseagronegocioonline.com.br)

SILVA, P.C.; KRONKA, S. N.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em raceway. *Acta Scient.* 24 (4): 935-941, 2002. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v24i0.2441>

SILVA, R.F.; SILVA, J.L.A.; ARAÚJO, M.S.B. et al. Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. **Gaia Scientia**. v.7, n.1, p.58-63. 2013.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; & LOVATELLI, A. Christopher et al. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, n. 589, p. I, 2014. search.proquest.com/openview/6c3a0de6739c75c63321ef0a7d133463/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237320

SOUZA, B.E.; STRINGUETTA, L.L.; BORDIGNON, A.C. et al. Policultivo do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) com a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações peletizada e farelada. **Semina: Ciências Agrárias**. v.30, n.1, p.225-232, 2009. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n1p225>

SU, M. H.; AZWAR, E.; YA, Y.; SONNE, C.; YEK, P. N. Y.; LIEW, R. K.; CHENG, C. K.; SHOW, P. L.; & LAM, S. S. Simultaneous removal of toxic ammonia and lettuce cultivation in aquaponic system using microwave pyrolysis biochar. **Journal of Hazardous Materials**, n. 396, 122610, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122610>

WADA, T., 2019. Theory and technology to control the nutrient solution of hydroponics. In:

Plant Factory Using Artificial Light. Elsevier, pp. 5e14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813973-8.00001-4>.

THIAGO, G.G.; GIANESELLA, S.M.F. O uso da água pela aquicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.29, n 1, p 1 - 7, 2003. <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/Tiago>

TOMAZ, R. N. B.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P.; MAGALHÃES, C. E. C.; DINIZ, D. B.; FARIAS, I. B. M. Produção de biomassa vegetal hortícola através de um sistema de aquaponia associada ao cultivo de tilápia *Oreochromis niloticus* – variedade GIFT. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n.12, p. 93808-93828, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n12-009

Autor(a) para correspondência:

João Marcos Monteiro Batista

Email: joao_92trimonteiro@hotmail.com

Universidade Federal de Goiás.

Recebido: 24/03/2021 Aceite: 12/01/2021