Boletim Técnico

NOVAS TENDÊNCIAS EM AQUACULTURA: A ECONOMIA CIRCULAR E O USO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS COMO BIOFLOCOS, AQUAPONIA E AQUAMIMÉTICA

Elaborado por Sergio Zimmermann* e Eduardo Szynvelski** – Phibro Animal Health Corporation – Brasil.

O termo "sustentabilidade" vem cada vez mais sendo substituído por "economia circular". Com o aumento da demanda por águas limpas e alimentos saudáveis, a economia em um modelo linear já não é mais sustentável, uma vez que as sociedades modernas não conseguirão construir um futuro baseado num modelo com efluentes. Nas economias circulares, onde tudo deve ser reaproveitado, a produção de organismos aquáticos filtradores, como as tilápias e os camarões marinhos *vannamei* em sistemas de recirculação com zero efluente, acaba sendo fundamental, tanto pela sua plasticidade (adaptabilidade) quanto por sua natureza onívora e filtradora. Além disso, podem crescer de forma econômica nos efluentes agroindustriais e urbanos tratados, em resíduos de cultivos agrícolas com bioflocos, enriquecendo, com seus nutrientes orgânicos os sistemas de irrigação e aquaponia (com plantas hidropônicas), bem como em sistemas de policultivo ou aquamimética ("Aquamimicry"). A água é um recurso cada vez mais precioso, que deve ser tratado com respeito e metodologias avançadas de conservação, e as tilápias e camarões filtradores estão cada vez mais sendo protagonistas nestas novas economias agrícolas circulares e sustentáveis.

A **"Economia Circular"** pode ser definida como um sistema regenerativo sustentável inspirado na **permacultura econômica** (ou "economia verde"), que visa fechar os sistemas através da redução da entrada de materiais, energia, produção de resíduos, redução de "loops" ou fluxos econômicos e ecológicos de recursos. A análise dos fluxos físicos dos recursos vem da escola de pensamento da ecologia industrial em que os fluxos de materiais são de dois tipos: (1) nutrientes biológicos, projetados para serem reintroduzidos na biosfera sem incidentes e (2) nutrientes técnicos, que são projetados para circular com alta qualidade no sistema de produção, mas que não retornam à biosfera. Mais do que a produção e o consumo de bens e serviços, inclui uma mudança de combustíveis fósseis em energia renovável e a função da diversidade como característica da resiliência. A discussão do papel do dinheiro e das finanças fazem parte do debate e alguns dos seus pioneiros pregam a renovação de ferramentas de medição de desempenho econômico. A ideia geral é que o fluxo linear atual de materiais (recursos-produto-desperdício) precisa ser transformado em um fluxo circular (recurso-produto-recursos reciclados), onde a redução e reutilização dos elementos é a prioridade.

A aquicultura tradicional comercial está cada vez mais sendo considerada uma ameaça, não só para a saúde humana dos consumidores, mas ao bem-estar dos peixes e camarões em cultivo e ao meio ambiente circundante pelos efluentes, compostos especialmente por matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, descarregados diretamente na natureza. As doenças cada vez mais frequentes nos animais cultivados e a busca por maior controle, previsibilidade e repetitividade, bem como a crescente demanda por uma aquicultura mais limpa, mais sustentável e ambientalmente correta levam a uma série de mudanças estruturais na atividade. A reutilização de águas e seus resíduos como nutrientes para cultivos aquáticos através de sistemas de recirculação, apoiados por conhecimentos recentes dos tratamentos de águas, é uma das inovações mais importantes de aquicultura nas últimas décadas. Os sistemas de recirculação em aquicultura (RAS ou Recirculating Aquaculture Systems) baseiam-se no movimento da água em vários tanques,

lagoas ou piscinas de diferentes tamanhos, onde a água passa de um compartimento para outro, sendo total ou parcialmente reutilizada. A intensidade do cultivo determina o sistema a ser adotado. Pode-se simplesmente mover a água e adicionar biorremediadores em sistemas mais extensivos a semi-intensivos (Figura 1). A aplicação de geomembranas permite maior intensificação do cultivo pelas maiores densidades e uso de bioflocos (Figura 2). Os sistemas superintensivos requerem vários filtros (mecânicos, biológicos, escorrimento/desgaseificação), aeradores, desnitrificadores, ozonizadores, desinfecção UV, incorporadores de oxigênio etc. (Figura 3).

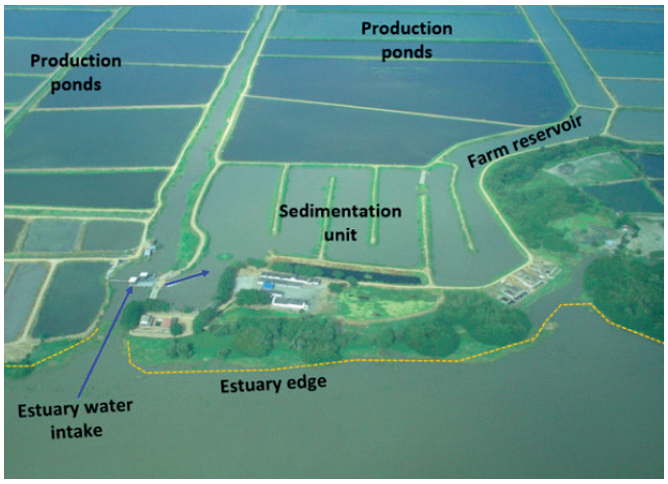

Figura 1: Fazenda de tilápias e camarões extensiva sendo transformada em semi-intensiva através de maior movimentação de água e adaptação de alguns viveiros tradicionais em recirculadores. Foto: F. Huerta (2017).

Figura 2: Sistema de recirculação com tanques intensivos, cobertos com geomembrana, convertidos em recirculador em formato Chicana para a concentração dos animais cultivados em tanques de concreto superintensivos num ambiente mais controlado. Fotos: Zimmermann (2017).

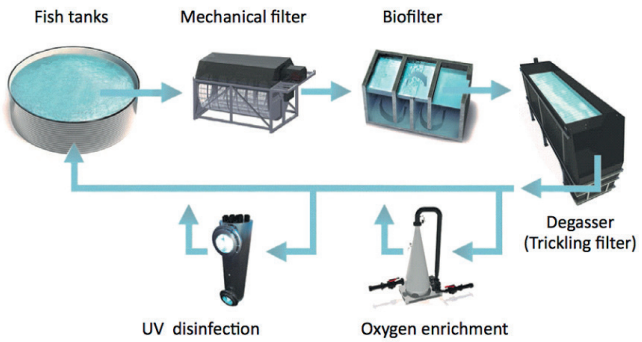

Figura 3: Principais partes do tratamento de águas em um sistema RAS. Foto: Bregnballe (2015).

As tecnologias de recirculação e reutilização de águas mais sustentáveis são empregadas em algumas tilapiculturas e carciniculturas tropicais, onde há uma série de sistemas comerciais 100% fechados (zero efluentes). Na produção do camarão *vannamei*, em função da biossegurança devido às muitas perdas por doenças, existe um enorme interesse nesses sistemas 100% fechados, sendo a tilápia um componente importantíssimo do sistema, uma vez que sua presença reduz significativamente a incidência das principais doenças do camarão marinho. No clima temperado, embora haja muito interesse e recursos disponíveis para recircular 100% das águas, as baixas temperaturas diminuem a eficiência dos microrganismos dos filtros, aumentando consideravelmente os custos dos biofiltros e das estruturas adicionais. Não existem sistemas de recirculação comerciais eficientes e totalmente fechados em climas frios.

A produção comercial de tilápias e camarões em sistemas de recirculação totalmente fechados pode ser considerada uma das maneiras mais respeitadoras de se preservar a água e manter o meio ambiente. Os nutrientes aquícolas podem ser reutilizados como fertilizantes em terras agrícolas mesmo quando os cultivos são marinhos (com elevados teores de sódio), pois o lodo pode ser facilmente dessalinizado e a água salobra retorna ao componente aquícola. Também é possível realizar a produção de biogás ou utilizar esses lodos nutritivos com outros organismos aquáticos (por exemplo, efluentes de camarões engordando tilápias e vice-versa) ou com plantas terrestres em sistemas hidropônicos (esta combinação de aquicultura e hidroponia é chamada de Aquaponia). Mais recentemente, a técnica de aqua-mimética (também conhecida em inglês como “aquamimicry”), um biofloco autotrófico (mixotrófico) que imita a composição natural

dos estuários, com altas concentrações de plâncton, está sendo muito empregada na Ásia. Nesta técnica, os nutrientes dos efluentes somados aos subprodutos de grãos (fermentados de farelo de arroz, farelo de trigo e torta de soja) propiciam a reprodução e floração de algas e zooplâncton (especialmente rotíferos e copépodos), eliminando parcial ou totalmente a entrada de rações artificiais nos cultivos aquáticos. Esta plasticidade e localização central da aquicultura em economias tipicamente circulares, seja purificando efluentes urbanos, agrícolas ou agroindústriais, ou mesmo gerando nutrientes para outras atividades de elevado valor, posicionam-na como um componente fundamental em qualquer sistema sustentável com zero efluentes. A Figura 4 resume, de forma esquemática, diversas dessas interações acima descritas.

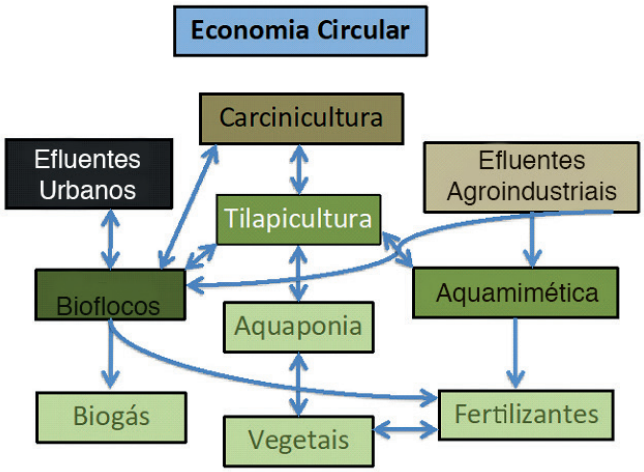

Figura 4: O papel central da aquicultura (carcinicultura, tilapicultura e aquaponia) dentro de uma economia circular, sem efluentes.

Ao redor do mundo, a economia circular baseada na aquicultura vem crescendo rapidamente de formas diferenciadas. Enquanto que na Ásia é cada vez mais utilizado o cultivo de tilápias em efluentes urbanos e agroindustriais (empregando-se muito a aquamimética), no Oriente Médio e na África é comum se cultivar tilápias e camarões junto aos sistemas de irrigação, onde os efluentes aquícolas fertilizam as plantas, sem desperdícios. Nas Américas, esta interação entre a aquicultura e os efluentes urbanos ou das atividades agroindustriais é mais discreta, porém bem mais tecnificada e sofisticada, predominando a aquaponia e bioflocos intensivos.

Nos últimos 20 anos a técnica de bioflocos foi globalmente incorporada nos sistemas de recirculação aquícolas, reduzindo consideravelmente os custos de produção e praticamente viabilizando sistemas de cultivo com efluentes zero. Há um grande número de sistemas de bioflocos, dependendo basicamente do grupo de micróbios predominantes no sistema. Os três tipos principais são: (1) heterotróficos (dominados por bactérias), (2) autotróficos ou mixotróficos (predominantemente bactérias e algas) e (3) foto-autotróficos (principalmente algas); essa dominância está estreitamente dependente da proporção dos macroelementos C:N:P (Carbono:Nitrogênio:Fósforo) adicionados na água de cultivo do sistema através dos efluentes, alimentos e/ou fertilizantes. A relação C:N mais utilizada está no intervalo de 12-20:1 (autotrófico), garantindo, desta forma, a presença e o crescimento de ambas as bactérias e de algas; quanto à relação N:P (são utilizados os valores de nitrato e de ortofosfato), o ideal é mantê-la em 12-16:1 para beneficiar o predomínio das nutritivas algas clorofíceas (ou algas verdes) em detrimento das cianofíceas ou cianobactérias que podem produzir toxinas.

Características	Heterotrófico	Autotrófico	Fotoautotrófico
Relação C:N	> 20:1	12-20:1	< 12:1
Predominância	Bactérias	Bactérias + Algas	Algas
Coloração	Café/Escuro	Marrom/Verde	Verde
Relação C:N:P	240:8:1	200:12:1	106:16:1

Figura 5: Principais tipos e características da aquicultura bioflocos.

Boletim Técnico

Novas tendências em aquacultura: a economia circular e o uso de tecnologias sustentáveis como bioflocos, aquaponia e aquamimética

Ao promover o crescimento de microalgas que mantêm a qualidade da água, existem riscos de flutuações de pH e oxigênio dissolvido no curto prazo. Contudo, com uma pequena adição de carbono (melaço e outras fontes) em combinação com fontes de alcalinidade e biorremediadores (a maioria é do gênero *Bacillus*), qualquer excesso de matéria orgânica acumulada nos fundos e potencialmente prejudicial acaba sendo transformado em biomassa comestível suspensa na coluna de água, reduzindo significativamente a necessidade de troca de água (maior biosseguridade), aeração e bombeamento. Eventualmente a quantidade de bioflocos poderá ser excessiva, demandando muita energia para mantê-la em suspensão. É neste momento que os sedimentos ou lodos podem ser reutilizados por outros sistemas agrícolas ou energéticos. Quando se atinge um equilíbrio entre os insumos adicionados e o crescimento dos organismos aquáticos, a concentração de bioflocos varia muito pouco. Da mesma forma, as flutuações do pH e do oxigênio dissolvido acabam sendo minimizadas.

Em aquaponia, os alimentos dos peixes fornecem a maioria dos nutrientes necessários para o crescimento das plantas, portanto, a ração deve ter macro e microelementos nas proporções corretas da hidroponia. Como o nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma de nitrato, a amônia secretada pelos peixes deve ser antes convertida em nitrito e nitrato pelas bactérias do biofiltro ou dos bioflocos. A recirculação hidropônica retorna ao sistema aquícola uma água limpa, pobre em nitrato e demais nutrientes. A aquaponia, portanto, pode reduzir ou anular as descargas de águas residuais aquícolas para o meio ambiente.

Os sistemas fechados de recirculação estão crescendo em uso no mundo inteiro e seu objetivo principal é o maior controle de parâmetros como temperatura, pH, oxigênio, alcalinidade, dureza, nitrogênio etc., proporcionando condições estáveis e ótimas para peixes, o que significa menos estresse e melhor crescimento. Essas condições estáveis resultam em padrões de crescimento mais controláveis e repetitivos, permitindo ao agricultor prever com precisão quando os peixes, camarões, plantas e outros subprodutos (gases ou fertilizantes) terão atingido um determinado estágio ou concentração. As economias circulares, sustentáveis por minimizar os desperdícios, proporcionam maior estabilidade na produção e nos controles do sistema, sendo possível desenvolver um plano de produção preciso e com o tempo exato em que os diversos produtos estarão prontos para venda. Isso favorece a gestão, fortalecendo a capacidade de comercializar o peixe de forma competitiva, ou seja, a recirculação torna o sistema produtivo mais lucrativo. O papel central das tilápias e dos camarões nessas economias circulares reitera essas espécies aquáticas como sendo as principais na futura alimentação da humanidade.

* Sergio Zimmermann (sergio@sergiozimmermann.com) é Engenheiro Agrônomo e Mestre em Zootecnia e Aquicultura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, e fornece suporte técnico em aquacultura por meio de sua empresa, a Zimmermann Aqua Solutions, Sunndalsøra, Noruega. http://www.linkedin.com/in/sergiozimmermann

** Eduardo Szynvelski (duduszyn@gmail.com) formando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, estagiário na Zimmermann Aqua Solutions, Sunndalsøra, Noruega.