



**IV SINGEP**

**Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**  
**International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability**

ISSN: 2317 - 8302

# **USO DE SRA (SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO PARA AQUICULTURA) NA PRODUÇÃO DE PEIXES PARA LABORATÓRIO**

**EDUARDO DE MEDEIROS FERRAZ**

Universidade Nove de Julho  
emferraz@pesca.sp.gov.br

**CARLA ANGELO PEREIRA CUSTÓDIO**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
CARLAANGELOCUSTODIO@HOTMAIL.COM

**EDINÉIA OLIVEIRA DE JESUS**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
neia1120@hotmail.com

Ao Instituto de Pesca-APTA e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento



## **USO DE SRA (SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO PARA AQUICULTURA) NA PRODUÇÃO DE PEIXES PARA LABORATÓRIO**

### **Resumo**

Em tempo de crise hídrica, a agroindústria é um dos setores que sofre grandes pressões para redução do uso de água. Assim o presente trabalho tem por objetivo desenvolver sistema recirculação para a aquicultura (SRA) com materiais disponíveis no mercado. Modelo foi montado em laboratório e permite recirculação de água, proporcionando economia deste recurso, através de filtragem e remoção de materiais particulados orgânicos e inorgânicos, possibilitando o controle sobre os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, pH, dureza, alcalinidade e CO<sub>2</sub>. As comparações resultantes dos custos de implantação deste sistema, em relação a outros produtos deste segmento mostram que é possível a construção de um modelo competitivo, associado a baixo custo de aquisição de materiais. Também foi verificado, a possibilidade de uma economia de energia do sistema, associada ao aproveitamento do calor gerado pelas bombas submersas utilizadas. Mesmo que de maneira preliminar, o presente estudo mostra ser bastante importante para o desenvolvimento de equipamentos e técnicas relacionadas a recirculação de água, possibilitando alternativa a diminuição do consumo deste recurso para a aquicultura.

**Palavras-chave:** sistema de recirculação em aquicultura; agroindústria; qualidade de água, aquicultura.

### **Abstract**

In times of water crisis, the agribusiness is one of the sectors that suffer great pressure to reduce the use of water. Thus the present work aims to develop recirculating aquaculture system (RAS) with materials available in the market. Model was mounted in the laboratory and allows recirculation of water, providing economy of this feature by filtering and removing organic particles and inorganic materials, enabling control of the following parameters: dissolved oxygen, ammonia, nitrite, nitrate, pH, hardness, alkalinity and CO<sub>2</sub>. The resulting comparisons implementation costs of this system, compared to other products of this segment show the construction of a competitive model can be associated with low acquisition materials. It was also analyzed, the possibility of saving energy system associated with the heat generated by the use of submersible pumps used. Even in a preliminary manner, the present study shows to be quite important for the development of equipment and techniques associated with recirculating water alternatively enabling reducing the consumption of this resource for aquaculture

**Keywords:** recirculating aquaculture system; agribusiness; water quality; aquaculture.



## 1 Introdução

A água doce é neste momento um recurso escasso no Estado de São Paulo, nesta crise atual imagina-se que novas taxas serão criadas e o seu custo será cada vez maior. Alternativa para as atuais e para as futuras gerações será o uso racional deste recurso, levando ao desenvolvimento de tecnologias em sintonia com esta nova realidade.

A recirculação de água em processos aquícolas é vista como alternativa na minimização ou forma de mitigar os efeitos da limitação de uso e do próprio custo da água. Atualmente este tipo de tecnologia vem ganhando espaço no mercado brasileiro, mas a restrição muitas vezes relaciona-se ao elevado custo de implantação e manutenção dos sistemas. O desenvolvimento deste tipo de tecnologia depende de um profundo entendimento sobre a remoção dos diferentes tipos de compostos orgânicos e inorgânicos acumulados na água durante o seu uso.

Diferentes tipos de escala podem ser empregados para este tipo de sistema, desde grandes unidades de produção aquícola, até a utilização de unidades de pequeno porte com fins de recriação e pesquisa. Desta maneira, o tamanho da unidade produtora é definido em função do tipo de uso a que se pretende, mais especificamente relacionado ao tamanho das espécies que serão criadas.

Na linha dos sistemas de pequeno porte, alguns modelos comerciais foram desenvolvidos para a produção de organismos (peixes) para uso em laboratório. Estes sistemas prometem um total controle sobre diversos parâmetros da qualidade da água e consequente manutenção dos organismos no cultivo. O grande problema são custos envolvidos na aquisição deste tipo de equipamento, o que remete a possibilidade de desenvolvimento de uma tecnologia alternativa.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver sistema de recirculação para a aquicultura (SRA) para manutenção de animais em laboratório, baseado na utilização de materiais disponíveis no mercado. Seja para o desenvolvimento de um biotério para a manutenção de organismos de pequeno porte, mas também com a possibilidade de desenvolver trabalhos sobre a comercialização de espécies ornamentais.

## 2 Referencial Teórico

A água doce é neste momento um recurso escasso no Estado de São Paulo, nesta crise atual imagina-se que novas taxas poderão ser criadas e os custos repassados a população em geral. SCARPINELLA e MAUAD (2009) relatam que esta cobrança já acontece no Estado de São Paulo desde 2005, data do decreto nº12. 183. Tendo em vista que as atividades agropecuárias, industriais e domésticas usam expressivo volume de água, causando impacto para meio ambiente, é imperativo uma discussão ampla entre os diferentes setores da sociedade sobre o seu uso, pois sua falta traz grande preocupação, as pequenas comunidades e aos grandes centros urbanos, e podem limitar o seu acesso às futuras gerações.

Alternativa para as atuais e para as futuras gerações será o uso racional deste recurso, levando ao desenvolvimento de tecnologias em sintonia com esta nova realidade. Não será diferente, ao que se observa já algum tempo nas atividades relacionadas à aquicultura. A produção aquícola tradicional em viveiros requer grandes volumes de água, cerca de um milhão de litros por hectare para encher um viveiro e volume equivalente para compensar a evaporação e infiltração durante o ano (LOSORDO et al., 1998). Os autores relatam que a aquicultura tradicional em viveiros em muitas áreas dos Estados Unidos, não é mais possível por causa do limitado suprimento de água ou pela falta de terras adequadas para a construção.



ASANO et al. (2003) sobre Oahu (a mais populosa das ilhas havaianas), indicavam que em pouco tempo todos os recursos de água doce nesta região estariam totalmente utilizados e que a aquicultura de peixes ornamentais só seria permitida em sistemas responsáveis pela economia de água.

Sistemas de recirculação para a aquicultura (SRA) funcionam como alternativa ao método tradicional de viveiros, visto que, recirculam a água, o SRA reduz a fração da água necessária para produção de peixes. A chave para o sucesso deste tipo de empreendimento é o uso de componentes para tratamento de água a baixo custo (LOSORDO et al., 1998). Cada componente tem de ser concebido para trabalhar em conjunto com outros componentes do sistema, manter boa qualidade da água é de primordial importância para a produção, evitando assim, redução do crescimento, aumento de estresse e incidência de doenças nos peixes (LOSORDO et al., 1999). No entanto a concepção deste tipo de sistema não é simples, existem muitos projetos de SRA que não alcançam seus objetivos, sejam por falhas de concepção, dimensionamento ou equipamentos com baixa eficiência (SUMMERFELT et al., 2004). TIMMONS et al. (2009) destacam vantagens em relação ao uso de SRA, estas incluem a conservação do calor da água, economia de escala, resultando em maiores produções por unidade de área e de trabalho, eles são ambientalmente sustentáveis, já que usam 90 a 99% menos água que sistemas convencionais, menos de 1% da área e ainda tratam os dejetos antes de retornarem ao meio ambiente. Além das vantagens mencionadas para tecnologia do SRA, este sistema ainda pode ser montado (instalado) próximo aos mercados e pode ser multiplicado rapidamente.

Por outro lado, os SRA requerem mais dinheiro que a maioria dos sistemas de cultivos tradicionais. O sucesso, contudo, depende de controle rigoroso para aumento da rentabilidade por unidade de volume de cultivo (TIMMONS et al., 2009).

Em relação à criação de peixes ornamentais em SRA, é uma prática bastante comum atualmente, na maioria das vezes, associada a um único grande aquário para manutenção de peixes marinhos e também de água doce. Nos últimos anos, a indústria da aquarofilia, tem desenvolvido diversos equipamentos para este fim e na maioria dos casos, baseados nos modelos utilizados em pisciculturas de grande porte. A produção de peixes ornamentais é um importante setor da aquicultura. Exportações de peixes ornamentais em todo o mundo movimentam cerca 278 milhões US\$ por ano, e o comércio de produtos e insumos correspondem por volta de um bilhão US\$ por ano (FAO, 2005). HALACHMI (2006) lembra que até pouco tempo, a grande maioria dos peixes ornamentais eram capturados na natureza, principalmente no Rio Amazonas (norte do Brasil) e sudeste da Ásia. De fato, ainda hoje existem tentativas para minimizar as perdas ambientais ocasionadas por este tipo de coleta no Brasil (BALDISSEROTTO et al., 2014). Porém em resposta à pressão de ambientalistas e pela própria evolução das técnicas, acredita-se ser cada vez maior o número de espécies de peixes ornamentais criadas em SRA (HALACHMI, 2006). As vantagens são as facilidades em testar novos produtos e controlar de uma maneira efetiva, os custos e a eficiência do sistema, além minimizar problemas decorrentes de organismos patogênicos (FADHIL, 2011; CALLAN et al., 2012; MARTINEZ-CARDENAS et al., 2013).

A necessidade de desenvolvimento de técnicas e equipamentos cada vez mais sofisticados para criação de organismos ornamentais, em pequenos espaços, levou algumas empresas a desenvolver SRA para uso em laboratório de uma forma mais comercial, a partir do próprio sistema adotado por muitas lojas de aquarofilia. Neste formato, os equipamentos ou sistemas de produção intensiva através do SRA, produzem animais em laboratório, de maneira similar a um biotério. Isto permite um controle bastante preciso em relação a diversos parâmetros de qualidade de água, mas principalmente pautado, na manutenção de unidades estéreis. Exemplo deste protocolo de uso de SRA comercial é descrito por AVDESH et al.



(2012) sobre os cuidados com a manutenção em laboratório de peixe-zebra *Danio rerio*, visto o interesse crescente para trabalhos em genética, farmacológica e pesquisa comportamental. Assim, entede-se hoje como uma tecnologia com diferentes tipos de vantagem comercial e de grande interesse para o atual momento de procura por alternativas de diminuição do uso de água na aquicultura.

### 3 Metodologia

Este trabalho esta sendo desenvolvido no Laboratório de Referência em Limnologia do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Hídricos do Instituto de Pesca da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios.

O sistema de recirculação adotado foi desenvolvido usando os mesmos conceitos de modelos comerciais de recirculação. A confecção de cada etapa foi realizada a partir da aquisição de materiais no comércio da cidade de São Paulo. A estante de sustentação foi desenhada em acordo ao tamanho dos potes comprados para serem os aquários. Barras de ferro com espessura (2 cm X 2 cm) foram compradas já cortas nos tamanhos adequados e soldadas por um funcionário do Instituto de Pesca. Móvel maciço em formato de estante foi montado para sustentação de 40 aquários (figura 1). Potes de policarbonato e de plástico foram adquiridos em três formatos: quadrado, retangular e circular. Na parte de ligações hidráulicas foram utilizados materiais distintos como conexões de PVC de diferentes tipos e diâmetros em acordo as necessidades do modelo. A entrada e saída de água dos aquários foram ajustadas pelo uso de anéis de borracha e também por borracha de silicone. O controle de entrada e saída de água do sistema foi desenhado para atravessar o “Sump”, este é um dos componentes principais do sistema, e é responsável pela filtração da água. O “Sump” (figura 2) utilizado é um aquário de vidro de aproximadamente 300 litros, dividido em três compartimentos. No primeiro compartimento é iniciada a filtração mecânica através de filtro tipo “bag” (150 µm), responsável pela eliminação de parte dos sólidos suspensos na água. No segundo compartimento, temos três unidades de filtragem em sequência: filtro mecânico (1) para material particulado (tecido tipo manta acrílica) que retira da água matérias suspensas que não foram retirados na filtragem anterior (bag). Abaixo deste tecido, temos o componente de filtragem química (2) realizada com carvão ativado que está sobreposto em placas teladas. Neste mesmo compartimento, encontram-se os componentes para filtração biológica (3) realizada pela associação de dois tipos de mídia para fixação de bactérias desnitrificantes (sera siporax e também bio-ball). A água atravessa estes três sistemas de filtragem e passa para o terceiro compartimento do “sump”, onde passa por processo de ozonização e oxigenação. Um compressor de ar injeta ar comprimido na água forçando a incorporação de oxigênio, outra ponta do compressor de ar conecta-se a um aparelho de ozonização que incorpora ozônio na água para ação bactericida e também para oxidação de matéria orgânica. O aparelho de ozônio é desligado, através de um controlador associado de potencial de óxido redução, que indica o momento em que este pode trazer prejuízo à sanidade dos peixes no sistema. A água deste terceiro compartimento do “sump” retorna para o sistema por bombeamento realizado por duas bombas de água submersa (diferentes potências), controladas por timers programados para acionamento e desligamento alternados das bombas. A água bombeada passa por uma nova filtragem em sistema de filtro de cartucho, para retirada de partículas menores que 50 e 30 µm. Antes de chegar de volta aos aquários, a água passa por lâmpada de ultravioleta (UV) de 15 watts de potência de ação bactericida. Esta lâmpada foi montada e protegida entre tubos de PVC no laboratório. Torneiras plásticas tipo jardim são responsáveis pela reentrada individual de água filtrada para cada aquário do sistema.



Nos aquários, a água é trocada pela superfície, sendo necessário à entrada com pressão para a suspensão de partículas do fundo das unidades (aquários). A água que sai das unidades e coletada por tubos de PVC com diferentes diâmetros e retorna ao “sump” direto no primeiro compartimento do sistema (figura 3).

Para controle de temperatura, aquecedor tipo resistência de 1000 Watts foi associado a um termostato no primeiro compartimento do “sump”, neste compartimento encontra-se o sensor do controlador da temperatura do termostato. No terceiro compartimento do “sump” são monitorados parâmetros de qualidade da água do sistema. Aliquotas de água são avaliadas por exames realizados no laboratório de limnologia para determinação de oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, pH, dureza, alcalinidade e CO<sub>2</sub>.

Durante todo o processo de concepção do sistema de recirculação, muitas dificuldades surgiram por se tratar de uma adaptação para uso específico em laboratório. Essas dificuldades vão desde a procura por materiais adequados e a sua disponibilidade no mercado brasileiro. Terminado todo o processo de montagem da parte física, foi feita a ligação do sistema onde o mesmo apresentou perfeitas condições de funcionamento, em relação à circulação de água.



Figura 1 Vista frontal da estante e aquários posicionados; Figura 2 vista frontal do “SUMP” e seus compartimentos e Figura 3 visão lateral do sistema com torneiras de entrada, termostato e timer de controle das bombas de água (figuras em sequencia 1,2 e 3).

#### 4 Resultados Obtidos e Análise

Conceitualmente, nos dias atuais, verifica-se com urgência a procura por formas de mitigar problemas observados pela falta de água em muitos Estados do Brasil. Neste contexto, um dos setores da agroindústria bastante afetado é sem dúvidas a aquicultura. Por depender de água limpa em abundância, verificaram-se em diferentes regiões do Brasil, grandes prejuízos ocasionados pela falta de água em reservatórios e rios de diversas bacias hidrográficas, com a mortalidade de muitos peixes, seja em condição de cultivo (tanques-rede) ou mesmo de animais do ambiente natural. LOSORDO et al., (1998) comentam que a produtividade anual de um viveiro de criação necessita de cerca 378 litros de água por quilo de produção de peixe.



Desta maneira, em um futuro não muito distante, entedemos que algumas atividades como a aquicultura serão bastante dependentes de sistemas alternativos que dependam de menores volumes de água (TIMMONS et al., 2009). Vejam-se as preocupações levantadas por SCARPINELLA e MAUAD (2009) em relação ao custo do uso da água em diferentes bacias no Estado de São Paulo, qual será a melhor política pública adotada nas diferentes cidades do Estado em relação ao uso desse recurso? Neste contexto levantado pelos autores, qual será a posição em relação à aquicultura? De que maneira a aquicultura pode ter alternativas, visto que geralmente opera com margens muito limitadas? Qual a possibilidade e critério para liberação de novas áreas de cultivo?

Este fenômeno já ocorre em outros países, nos Estados Unidos, um dos líderes em sistemas de recirculação para aquicultura (SRA), existe um número crescente de novas tecnologias sendo desenvolvidas com a preocupação de melhorar o desempenho deste tipo de aquicultura. Parte deste desenvolvimento deve-se a problemas relacionados à falta de água doce em regiões específicas do país (Losordo et al., 1998; Asano et al., 2003; TIMMONS et al., 2009).

Em nosso trabalho em laboratório, estamos procurando um modelo que possa proporcionar pesquisa em recirculação de água para a aquicultura em condições de laboratório. Este modelo teve como principal resultado até o momento um custo relativamente barato em comparação aos modelos existentes atualmente no mercado. AVDESH et al. (2012) relatam detalhadamente o funcionamento de um SRA para laboratório, cuja a finalidade é a manutenção e produção de ovos, larvas e adultos do zebra fish. O sistema testado pelos autores tem um custo estimado de aproximadamente 40.000 US\$, dependendo da complexidade do módulo de criação e depende de importação. Outro modelo que recentemente apareceu no mercado brasileiro, já com certa disponibilidade, apresenta em linhas gerais a mesma proposta que a testada por AVDESH e colaboradores no sistema anterior, mas com um custo mais atrativo ao redor de 17.000 US\$. Diferentemente dos produtos anteriores, nossa proposta é bem menos ousada, até o momento conseguimos uma unidade similar por um custo de aproximadamente 3.000 US\$. Não quer dizer com isso, que poderíamos sair divulgando este primeiro resultado como solução ideal para os modelos anteriores. Não se trata disso, mas sim uma procura por uma unidade conceitualmente funcional e relativamente barata. Estamos em uma fase de testes e casualmente nos deparamos com uma curiosidade, boa ou ruim, dependendo do ponto de vista. A unidade opera com bombas submersas e isto gera um aumento de temperatura da água, isto permitiu a definição de diferentes momentos de funcionamento das bombas permitindo assim controle sobre a temperatura da água. A ideia é que este desperdício de energia (energia dissipada na água na forma de calor pelo aquecimento da bomba) possa permitir ganho na economia de energia do aquecedor. MARTINEZ-CARDENAS et al. (2013) consideram que temperaturas constantes podem ser importantes para algumas espécies ornamentais, o problema em nosso caso é como ajustar de maneira precisa a temperatura a partir do funcionamento destas bombas. Verificamos que em nosso modelo, a temperatura de 26° C foi obtida nos aquários, independente da temperatura externa da sala, em função do controle de funcionamento das bombas.

A questão principal é que todos os componentes do sistema atendam a critérios básicos de SRA, tais como concentrações de oxigênio dissolvido, amônia-nitrogenada não ionizada, nitrito-nitrogenado e dióxido de carbono, etc. Níveis de concentração, pH, alcalinidade e cloreto de nitratos também são importantes (Losordo et al., 1998; 1999; TIMMONS et al. 2009). Dessa forma, estamos trabalhando para que o presente estudo possa possibilitar a criação de peixes em laboratório tanto para fins comerciais, mas principalmente com objetivo de pesquisa aplicada das mais variadas possibilidades.



## Conclusões/Considerações finais

No início dos trabalhos, não tínhamos ideia do esforço necessário para obtenção do atual protótipo, muitas dificuldades foram encontradas, desde materiais com formatos desejados e adequados para o objetivo da pesquisa. Entendemos que após vários contra tempos e da procura por soluções alternativas conseguimos idealizar um formato de recirculação adequado para a proposta. Em relação a ideias para empresas, ainda dependemos de muitos testes, pois não gostaríamos de correr riscos desnecessários, pois não se trata de concorrência. Enfim, estamos bastante animados com as possibilidades e esperamos encorajar e ser encorajados, visto que no atual momento soluções para os problemas de falta de água em diferentes setores da economia precisam de soluções positivas.

## Referências

- Asano, L.; Ako, H.; Shimizu, E. & Tamaru, C. S. (2003). Limited water exchange production systems for freshwater ornamental fish. *Aquaculture Research*, 34, 937-941.
- Avdesh, A.; Chen, M.; Martin-Iverson, M. T.; Mondal, A.; Ong, D.; Rainey-Smith, S. (2012). Regular Care and Maintenance of a Zebrafish (*Danio rerio*) Laboratory: An Introduction. *J. Vis. Exp.* (69), e4196, doi:10.3791/4196.
- Baldisserotto, B.; Brinn, R. P.; Brandão, F. R.; Gomes, L. C. Abreu, J. S.; McComb, D. M. and Marcon, J. L. (2014). Ion flux and cortisol responses of cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* (Schultz, 1956), to additives (tetracycline, tetracycline + salt or Amquel®) used during transportation: contributions to Amazonian ornamental fish trade. *J. Appl. Ichthyol.* 30, 86–92.
- Callan, C. K.; Laidley, C. W.; Forster, I. P.; Liu, K. M.; Kling, L. J. & Place, A. R. (2012). Examination of broodstock diet effects on egg production and egg quality in flame angelfish. (*Centropyge loriculus*). *Aquaculture Research*, 43, 696-705.
- FAO, 2005., Food and Agriculture Organization. United Nations Fishery statistics. June 2005 report. <http://faostat.fao.org/>.
- Fadhil, R.; Endan, J.; Arziman, S.N.B.S. ; Taip, F.S.; Jáafar, M.S.B.H. (2011). Effectiveness of Floating Micro-Bead Bio-Filter for Ornamental Fish in a Re-Circulating Aquaculture System. *Fisheries and Aquaculture Journal*, FAJ-28.
- Halachmi, I. (2006). Systems engineering for ornamental fish production in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 259, 300-314.
- Losordo, T. M.; Masser, M. P.; Rakocy, J. (1998). Recirculating aquaculture tank production systems an overview of critical considerations, southern regional aquaculture center, Publication N°. 451.



Losordo, T. M.; Masser, M. P.; Rakocy, J. (1999). Recirculating aquaculture tank production systems a review of component options, southern regional aquaculture center, Publication N°. 453.

Martinez-Cardenas, L.; Sumaya-Martínez, M. T.; Valdez-Hernández, E. F.; González-Díaz, A. A.; Soria-Barreto, M.; Castañeda-Chavez, M. R.; Ruiz-Velazco, J. M.; Peña-Messina, E. (2013). Effect of temperature on growth and survival in juvenile opossum pipefish, *Microphis brachyurus*: first observations on the species in culture conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*. 5(44), 735-742.

Scarpinella, G. D'A. & Mauad, F. F. (2009): in XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22 a 26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS.

Summerfelt, S. T.; Wilton, G.; Roberts, D.; Rimmerd, T.; Fonkalsrud, K. (2004). Developments in recirculating systems for *Arctic char* culture in North America. *Aquacultural Engineering* (30), 31–71.

Timons, M.B.; Ebeling, J.M.; Piedrahita, R.H. (2.009). Acuicultura en sistemas de recirculación, 2009. Cayuga Aqua Ventures 2.009, NRACE Publication N° 101 - Spanish, 4 Directiva marco del agua (DMA) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000.