

Pelotas, RS / Novembro, 2024

## Recria de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de recirculação de água em propriedade familiar na região subtropical

Lilian Terezinha Winckler<sup>(1)</sup>, Daniel Chaves Webber<sup>(2)</sup>, Juliana Vargas Bozatto<sup>(3)</sup>, Letiele Eslabão do Espírito Santo<sup>(3)</sup> e Carina Nascimento<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Pesquisadora, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. <sup>(2)</sup> Analista, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. <sup>(3)</sup> Estudante de mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

**Resumo** – A criação de peixes em cativeiro é uma atividade crescente no mundo. Os peixes demandam menos área para produção, em comparação com outras fontes de proteína animal. Sistemas mais intensificados permitem a produção de maiores quantidades de peixes por área, entretanto, muitas vezes geram efluentes que podem impactar negativamente os recursos hídricos, quando não tratados. A aquicultura em sistemas fechados constitui uma alternativa sustentável, pois possibilita maior segurança ambiental com relação ao potencial escape de peixes, menor necessidade de renovação hídrica e possibilidade de aproveitamento de efluentes para fertirrigação de lavouras. Além disso, por utilizar pequenas áreas, a aquicultura permite a adoção na agricultura familiar, bem como em áreas urbanas e periurbanas. Pelo fato da sua estrutura ser normalmente instalada de forma suspensa, o manejo da produção se torna mais facilitado e adequado à limitação de mão de obra de agricultores familiares, por vezes de maior faixa etária. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade da recria de tilápias do Nilo (*O. niloticus*) durante um ciclo produtivo em um sistema de recirculação de água, instalado em uma propriedade rural familiar no município de Rio Grande, RS. Parâmetros de qualidade de água e indicadores zootécnicos foram avaliados durante o ciclo produtivo. Os efluentes e seu potencial para a fertirrigação de olerícolas foi avaliado. Concluiu-se que a recria desses peixes em sistema de recirculação de água na região subtropical do Brasil é possível, bem como o aproveitamento dos efluentes (ricos em nitrogênio) para a fertirrigação de olerícolas. Apesar disso, algumas melhorias e cuidados são apontados, com relação ao período de estocagem.

**Termos para indexação:** reúso; aquicultura; sistemas fechados.

### Rearing Nile tilapia (*O. niloticus*) under water recirculation systems in a family farm in the subtropical region

**Abstract** – Farming fish in captivity is a growing activity worldwide. Fish require less land for production in comparison to other sources of animal protein. Intensified systems allow the production of larger quantities of fish per area, however, they often generate effluents that can negatively impact

**Embrapa Clima Temperado**  
BR-392, Km 78, Caixa Postal 403  
96010-971 Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
www.embrapa.br/clima-temperado  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Secretária-executiva

Rosângela Costa Alves

Membros

Newton Alex Mayer, Rosângela

Costa Alves, Bárbara Chevallier

Cosenza, Cláudia Antunez

Arrieche e Sonia Desimon

Edição executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Cláudia Antunez Arrieche

(CRB-10/1594)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Nathália Santos Fick

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

water resources if left untreated. Aquaculture in closed systems is a sustainable alternative, as it provides greater environmental safety in relation to potential escape of fish, less water renewal and the possibility of using fish farming effluents for crops fertigation. Furthermore, fish production requires small areas and can be carried out in family farming, as well as in urban and peri-urban areas. Because its structure is usually installed in a suspended manner, production management becomes easier and more appropriate to the limited labor of family farmers, sometimes in the older age groups. This study aimed to evaluate the feasibility of rearing Nile tilapia (*O. niloticus*) during a production cycle in a water recirculation system installed on a family farm in the municipality of Rio Grande, Rio Grande do Sul State. Water quality parameters and zootechnical indicators were evaluated during the production cycle. The effluents and their potential for fertigation of vegetables were also evaluated. It was concluded that rearing tilapia in a water recirculation system in the subtropical region of Brazil is possible, as well as the use of effluents (rich in nitrogen) for fertigation of vegetables. Despite this result, some improvements and precautions are pointed out, regarding the storage period.

**Index terms:** reuse; aquaculture; closed systems.

## Introdução

É possível perceber que a produção de peixes no Brasil tem crescido constantemente, apesar da escassez de dados oficiais sobre a pesca e a aquicultura no País. Desde 2013 o IBGE começou a coletar dados sobre a produção aquícola, melhorando as informações oficiais disponíveis, porém ainda com lacunas de atualização. Nesse contexto, organizações de produtores têm buscado apresentar estimativas anuais. Com base em tais informações, entre 2014 e 2023 a aquicultura cresceu 53,25%, produzindo 887.029 t de peixe em 2023, das quais 65,3% foram tilápias (Anuário [...], 2024). Por outro lado, a pesca tem diminuído ao longo do tempo, sendo esse declínio atribuído a diversos fatores, desde a sobrepesca à presença de poluentes e mudanças climáticas. De 2012 a 2022, a captura caiu de 827.000 t pescadas para 801.117 t, o que reflete também a diminuição do número de empresas de pesca que, no mesmo período, passaram de 1.365 para 1.260 (Anuário [...], 2023).

Os peixes de água doce representam 90% da aquicultura brasileira, sendo a recria e engorda realizadas, na grande maioria das vezes, em tanques

escavados, apesar de no País haver potencial para a criação tanques rede (Valenti et al., 2021). Esses autores citam o sistema de recirculação de água e a tecnologia de bioflocos como sistemas superintensivos, nos quais a taxa de conversão alimentar e a renovação são baixas, apesar da demanda de energia.

Sistemas de recirculação de água (SRA ou RAS, na sigla em inglês) são considerados sistemas ambientalmente mais sustentáveis por apresentarem menor pegada hídrica e menor taxa de conversão alimentar, além de diminuir a susceptibilidade dos peixes a doenças, devido ao controle da água de entrada (Bregnballe, 2022). Além disso, tornam-se mais seguros para as populações de peixes nativos, uma vez que escapes e introdução de patógenos são prevenidos por meio do controle de efluentes. Esses efluentes muitas vezes são utilizados de forma integrada com a produção vegetal, conferindo à produção o caráter de economia circular (Branca-lione, 2021). Quando a integração com a produção vegetal ocorre em sistemas de produção sem solo (hidropônico), o nome dado é aquaponia. Dessa forma, a descarga de efluentes ricos em nutrientes é transformada em adubo para a produção vegetal (Pinho et al., 2021). Além disso, os tanques, de tamanho menor do que os utilizados tradicionalmente na piscicultura em viveiros escavados, possibilitam menor uso de mão de obra, sendo assim indicados para a agricultura familiar.

A definição da espécie a ser criada, bem como a construção de um sistema eficiente, é fundamental para o sucesso da criação. A espécie deve ser adaptada ao sistema de criação intensivo e às condições oferecidas no RAS, como temperatura e oxigenação; além disso, deve haver alimento adequado para a espécie, garantindo melhor desempenho da produção (Queiroz et al., 2021).

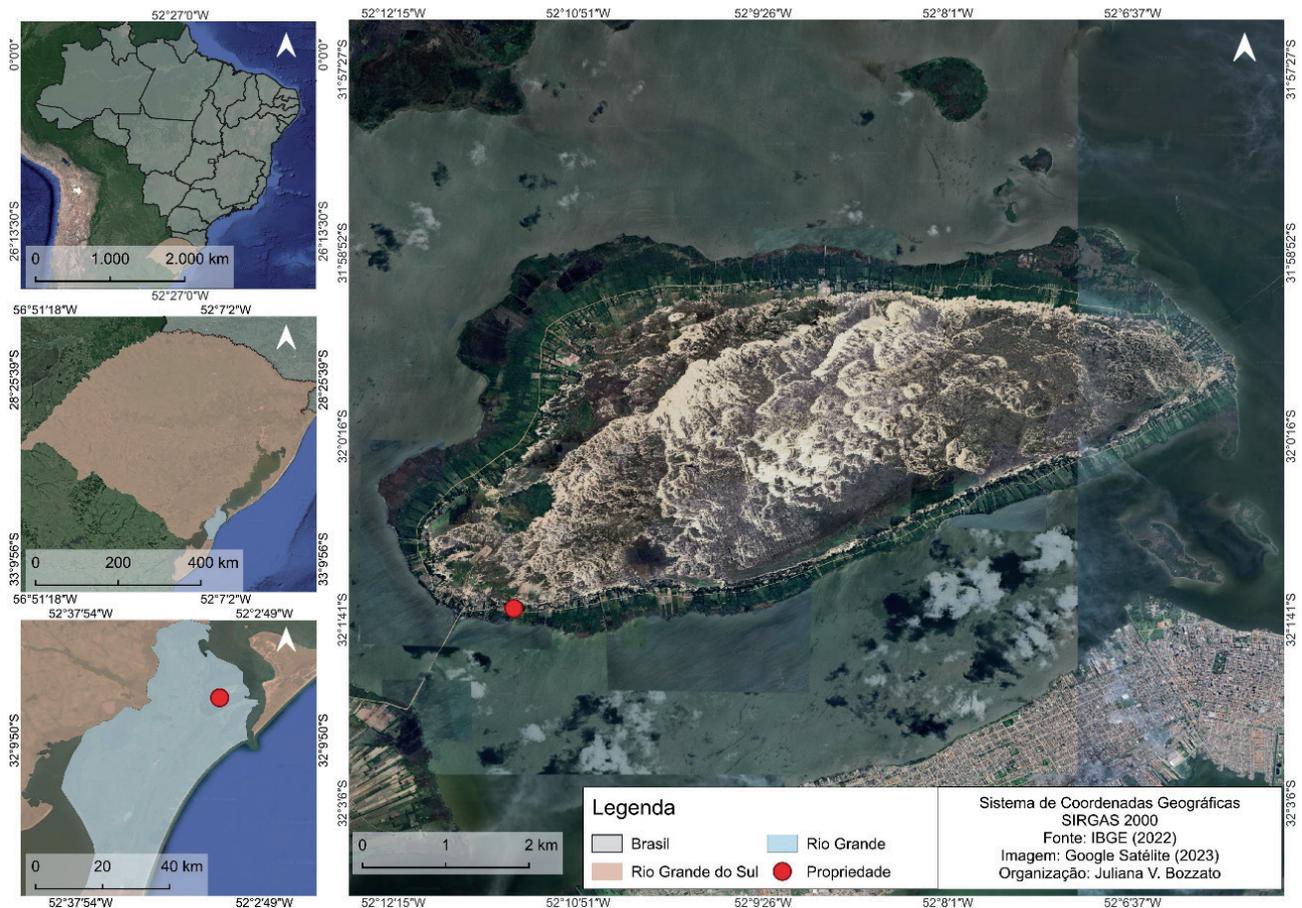
Devido aos custos com energia para manutenção da recirculação de água no sistema, espécies com boa aceitação de mercado devem ser priorizadas, como forma de potencializar o retorno econômico. Dentre as espécies criadas hoje no Brasil, as tilápias são as que têm maior aceitação no mercado de maneira geral. Além disso, a grande oferta de alevinos dessa espécie também é um fator facilitador.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade da recria de tilápias do Nilo (*O. niloticus*) em um sistema de recirculação de água implantado em uma área de agricultura familiar na região sudeste do Rio Grande do Sul.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Rio Grande, na localidade da Ilha dos Marinheiros, na propriedade de um agricultor familiar (Figura 1). A Ilha dos Marinheiros faz parte de um conjunto de ilhas arenosas no estuário da Lagoa dos Patos, sendo sua economia caracterizada pela agricultura familiar, turismo rural e pela pesca artesanal de camarão-rosa da Lagoa dos Patos (*Farfantepenaeus*

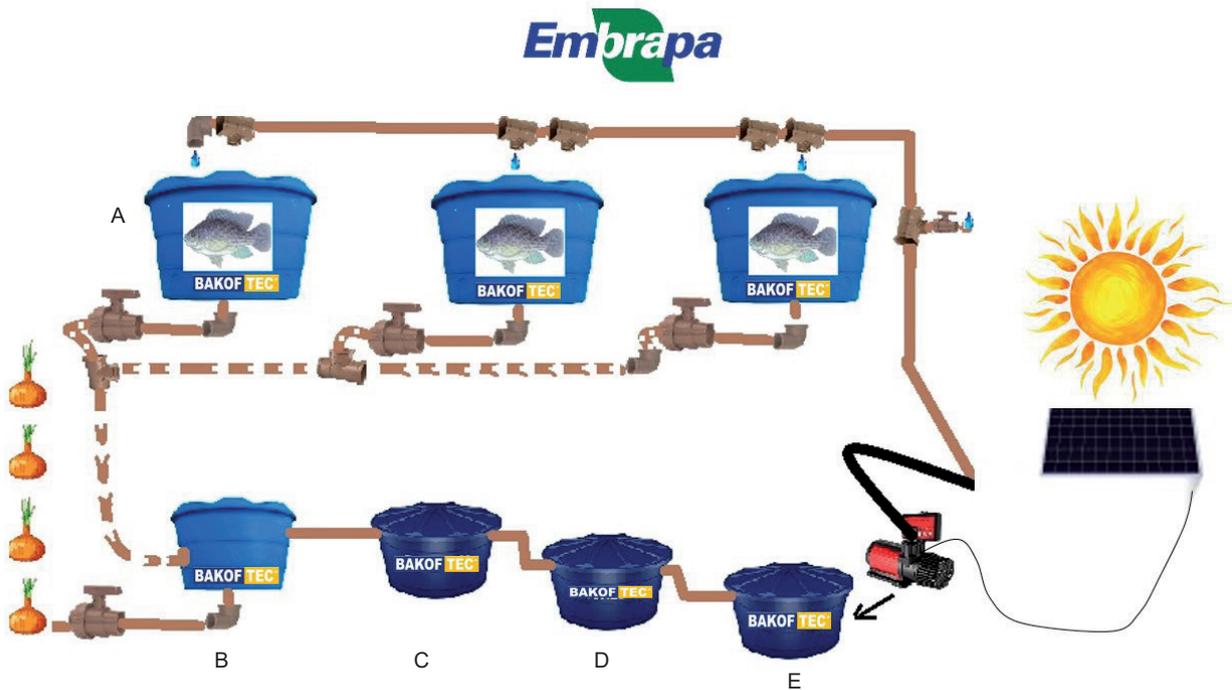
*paulensis*) e tainha (*Mugil cephalus*). A escolha desta propriedade levou em consideração a característica dos entes familiares (um casal com faixa etária média de 50 anos e um filho de 27 anos). Além de produzirem vegetais em pequenas lavouras (alface, couve, abóbora, cebola, brócolis, pimentões, couve, etc.) esses agricultores já tinham experiência com peixes, sendo adeptos da pesca artesanal, durante a safra do camarão.



**Figura 1.** Localização da instalação do sistema de recirculação de água na propriedade de agricultores familiares na Ilha dos Marinheiros.

Nessa propriedade foram construídos dois sistemas de recirculação de água (Figura 2), compostos por três caixas d'água de 1.000 L (Figura 2A) para a criação dos peixes, totalizando seis tanques de criação de peixes. Cada sistema tinha um sistema de filtros composto por duas caixas de 500 L, onde eram realizadas separadamente a decantação (Figura 2B), a filtragem física (Figura 2C), feita com o auxílio de brita número um, e, por último, um filtro biológico (Figura 2D), onde foram colocadas 4 kg de mídias biológicas (*Ocean Tech nanorings bacterial*). Uma última caixa de 500 L, que consiste

no reservatório (*sump*), foi usada para a colocação de uma bomba submersa com capacidade máxima para 9.000 L/h (Figura 2E). As bombas submersas utilizaram energia de um sistema de painéis fotovoltaicos *on grid*, que os produtores já tinham em sua propriedade. A água utilizada no sistema foi extraída de um poço artesiano, também utilizado pela família para consumo próprio, dessedentação animal e irrigação. As caixas d'água usadas como tanques de criação e os decantadores foram do tipo autolimpante e estão ilustradas na Figura 2, sendo que o sistema instalado consta na Figura 3.



**Figura 2.** Croqui do sistema de recirculação de água (RAS) para produção de alimentos (tilápias e olerícolas) utilizando caixas d'água de 1.000 e 500 L, conexões hidráulicas, bomba hidráulica, britas, mídias submersas e painéis fotovoltaicos: (A) tanques de criação dos peixes; (B) decantador; (C) filtro físico; (D) filtro biológico; (E) reservatório com bomba submersa.

Ilustração: Reinaldo da Silva Ribeiro.

Após instalado o sistema, deixou-se um período de aproximadamente 10 dias para estabilização da água e maturação do filtro biológico. Alguns ajustes precisaram ser feitos para nivelar a água nas caixas e regular a vazão da bomba hidráulica, visando evitar transbordamento e perda de água no sistema. Como as caixas foram instaladas diretamente no solo, o nível das caixas de 1.000 L foi estabilizado com tijolos, e o das caixas de 500 L, mediante escavação do solo. A qualidade da água utilizada no sistema (oriunda de poço) também foi monitorada nesse período, para avaliar a eficiência dos filtros físicos e biológicos. Ressalta-se que o período de estabilização também é essencial para a formação de comunidades de bactérias nas mídias, as quais são extremamente necessárias no RAS.



Foto: Daniel Chaves Webber

**Figura 3.** Croqui do sistema de recirculação de água (RAS) para criação de peixes instalado em propriedade de agricultores familiares, composto de três tanques de criação de peixes (1.000 L) e sistema de filtro e bomba para recirculação de água.

Após o período de estabilização, em cada tanque de 1.000 L foram inseridos 33 alevinos de tilápias nilóticas GIFT revertidas sexualmente, adquiridas de um produtor de alevinos da região sul do Rio Grande do Sul, em 22 de janeiro de 2024. Os alevinos tinham 5 g em média no momento do peixamento e apresentavam coloração uniforme, compatível com a espécie, pele brilhante, sem manchas, escamas íntegras, natação ágil e com reflexos, olhos brilhantes, ausência de deformidades e bem nutridos. Os alevinos ficaram 24 horas em jejum antes do transporte e foram inseridos em sacos plásticos com uma parte de água para duas de oxigênio (1:2) e dentro de caixas de papelão fechadas. A densidade dos peixes em cada saco plástico respeitou o tempo de transporte necessário desde a retirada dos tanques de alevinação até o destino (Gomes, 2003). O peixamento foi realizado por volta das 9h da manhã, incluindo o tempo de aclimação dos peixes dentro dos sacos em contato com a água das caixas d'água (Figura 4).



Fotos: Carina Nascimento

**Figura 4.** Povoamento dos tanques com os alevinos de tilápias, com período de aclimação dentro de sacos plásticos (A) antes da inserção no sistema (B).

A alimentação foi adaptada a partir da tabela proposta por Silva e Marchiori (2018). Dessa forma, de acordo com o peso inicial foi indicada a alimentação com 5% do peso vivo por um mês, e posteriormente, de acordo com o peso atingido, o percentual foi reduzido a 3% até o final do experimento. Entretanto, orientou-se aos agricultores que observassem a voracidade dos peixes diariamente, reduzindo a oferta na alimentação seguinte, sempre que houvesse sobra, bem como a retirada de excesso de ração remanescente no tanque. Essa medida foi considerada essencial, uma vez que o experimento se estendeu até o início do outono, quando as temperaturas começaram a ficar abaixo do ideal para a espécie em questão.

A alimentação consistiu em uma ração comercial com 32% de proteína bruta, granulometria de 4 mm. Após os peixes atingirem em média 100 g, a ração passou a ser de 28% de proteína bruta e granulometria de 5 mm. Ambas as rações utilizadas eram de mesma marca e específicas para a espécie cultivada.

A qualidade da água foi avaliada em média a cada 16 dias, variando de 8 dias a 25 dias. A variação no intervalo ocorreu devido à necessidade de deslocamento até o local do estudo e eventos climáticos extremos (enchentes) ocorridos durante o período. Os parâmetros avaliados foram temperatura (°C), pH, sólidos dissolvidos totais (mg/L), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), amônia (mg/L N-NH<sub>3</sub>) e turbidez (NTU).

Foram realizadas biometrias mensais, em 10% dos peixes de cada tanque. Na ocasião, analisou-se a ausência de parasitas, hematomas, excesso de muco nas escamas e manchas, para verificação da sanidade dos peixes. Esse manejo era executado com a participação da família de agricultores e então definido o manejo alimentar para o período subsequente (Figura 5).



Foto: Juliana Bozatto

Foto: Daniel Webber

**Figura 5.** Biometria dos peixes realizada com a participação dos agricultores.

Os parâmetros zootécnicos avaliados foram:

- **Sobrevivência** = (número de peixes despescados/número de peixes estocados) x100
- **Conversão alimentar aparente** = consumo de ração/ganho de peso
- **Ganho de peso médio diário** = peso final – peso inicial/número de dias

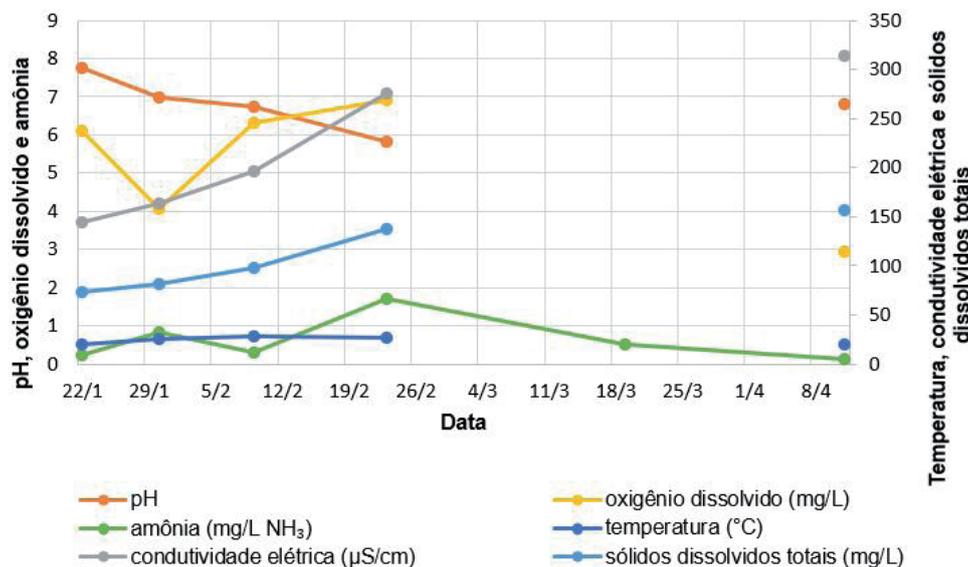
O potencial de uso dos efluentes da piscicultura foi estimado mediante a avaliação do descarte a partir do volume do decantador (500 L) a cada 30 dias, considerando as recomendações de boas práticas em RAS (Lima et al., 2015). O volume de nitrogênio e fósforo disponível no efluente foi estimado de

acordo com a média dos valores desses nutrientes verificados no tanque de decantação. A quantidade de N e P gerada no RAS foi comparada às necessidades de adubação da cultura da alface, tomate, melão e melancia, conforme Manual [...], (2004). Esses cultivos foram definidos por serem empregados

em grande parte das áreas da propriedade. O experimento teve duração de 80 dias.

## Resultados e discussão

A qualidade de água ao longo do período de recria está descrita na Figura 6.

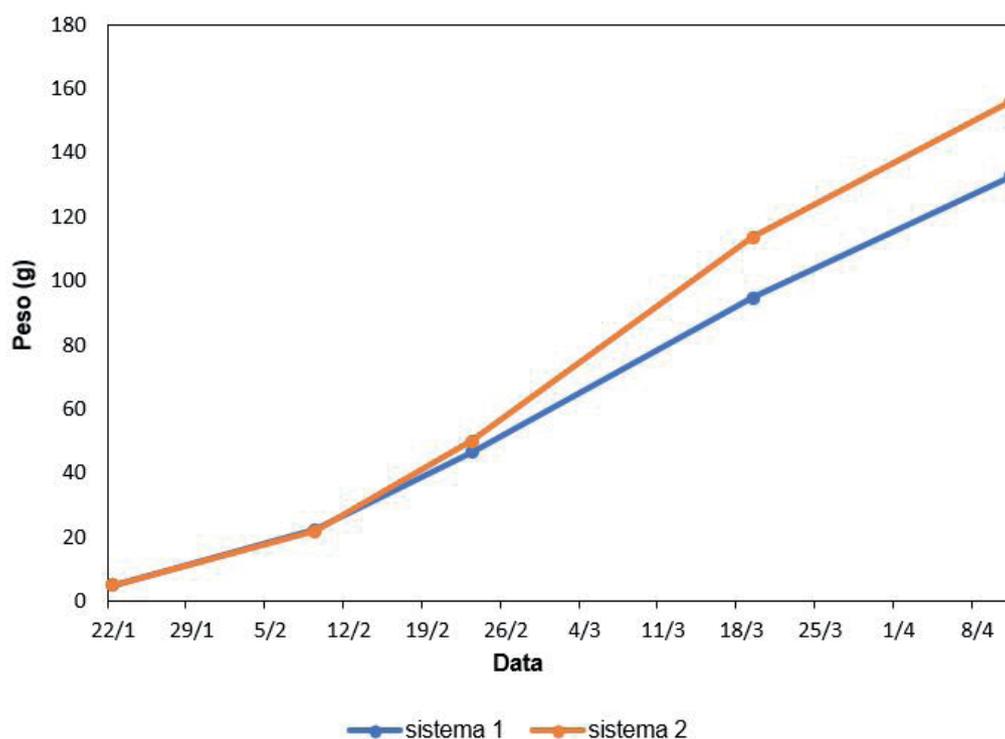


**Figura 6.** Análise temporal de parâmetros de qualidade de água nos tanques de criação de peixes de sistema de recirculação de água (RAS) em condições de campo no município de Rio Grande, RS.

A temperatura variou durante o período, atingindo valores para o crescimento ótimo, conforme Queiroz et al. (2021), de janeiro a final de fevereiro, caindo logo após, sendo que, ao final do experimento, as temperaturas estavam no limite mínimo para a manutenção dos peixes sem causar mortalidade. A condutividade elétrica, assim como os sólidos dissolvidos e a turbidez, aumentaram no decorrer do experimento. Padrões similares foram encontrados por Lima et al. (2021) para diferentes densidades de estocagem de peixes. Assim como observado por esses autores, tais aumentos eram esperados conforme o aumento de peso dos peixes e aumento da ração ofertada, o que faz com que, as fezes acumulem-se em maior quantidade. É necessária a eficiência do filtro mecânico e a retirada do material depositado, evitando o que retorne para o sistema. Conforme Queiroz et al. (2017), é imprescindível a limpeza rotineira dos filtros para remoção de fezes e resíduos de ração não consumida. De acordo com Lima et al. (2015), deve ser realizada limpeza do filtro a cada 30 dias, retirando-se os materiais filtrantes para lavagem. No sistema em questão, nenhuma limpeza foi realizada. O processo de aprendizagem do agricultor para o uso do sistema ainda estava no início, gerando inseguranças no manejo.

Precisaria haver experiência para assimilação e realização dessas atividades, incluindo a possibilidade de uso dos efluentes na fertirrigação. Essa lacuna foi identificada por Badiola et al. (2012) como uma das maiores dificuldades no manejo de RAS. O pH se apresentou próximo de 6 na maior parte do período de cultivo. Durante o período analisado, o pH não atingiu níveis muito elevados, evitando a formação de amônia tóxica (amônia não ionizada ou NH<sub>3</sub>). A amônia apresentou elevação no mês de fevereiro, atingindo o valor de 1,7 mg de NH<sub>3</sub>/L. Esse valor está acima do que é preconizado para a manutenção do bem-estar dos peixes e garantia do crescimento adequado (Queiroz et al., 2021). Isso ocorreu devido a alguns períodos de falta de energia, evidenciando um problema ainda comum em áreas rurais. A análise de água com maior frequência poderia indicar manejo que proporcionasse melhores condições hídricas.

O crescimento dos peixes está descrito na Figura 7. Percebe-se que, apesar da quantidade de amônia, bem como da diminuição da temperatura ao longo do período do experimento, foi obtido crescimento satisfatório dos peixes. Alguns índices zootécnicos estão descritos na Tabela 1.



**Figura 7.** Peso médio dos peixes nos tanques de criação em sistema de recirculação de água em condições de campo no município de Rio Grande, RS, ao longo do experimento.

**Tabela 1.** Parâmetros zootécnicos observados nos dois sistemas de produção de peixes com recirculação de água instalados no município de Rio Grande, RS.

Sistema	Sobrevivência (%)	Ganho de peso médio diário (g)	Conversão alimentar aparente
Sistema 1	75,6	1,60	0,70
Sistema 2	78,7	1,90	0,65

A sobrevivência foi mais baixa do que aquela apresentada em estudos de sistemas intensivos, como o de Medina et al. (2022) em sistema de recirculação, ou de Novaes et al. (2012) em tanques rede. Isso pode ser atribuído às dificuldades na adaptação ao sistema, sendo o primeiro ano de cultivo pelos agricultores, além das dificuldades devido à falta de energia. Ainda assim, os parâmetros relacionados à conversão alimentar aparente foram melhores que aqueles apresentados por Medina et al. (2022), que, com um peso máximo similar, obtiveram conversão de 1,54. O ganho de peso médio diário foi inferior ao observado por Novaes et al. (2012), porém o período de cultivo foi de engorda, para esses autores. Ao final do período, foram obtidos ao total 140 peixes, com média de 146,23 g.

A disponibilidade de nutrientes e qualidade dos efluentes do RAS está descrita na Figura 8. O teor de fósforo foi analisado em apenas uma das datas. Os valores obtidos foram comparados aos padrões da resolução Conama 357, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) e Consema 355, Conselho Estadual do Meio Ambiente (2017). Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio e sólidos dissolvidos totais permaneceram dentro dos padrões aceitáveis para água de classe 2 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005), considerada adequada: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas

e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca. Os valores de fósforo encontraram-se acima daqueles preconizados

como adequados para emissão, conforme Conesma 355, Conselho Estadual do Meio Ambiente (2017), sendo 4 mg/L o valor máximo permitido para fósforo total, com vazão máxima de 100 m<sup>3</sup>/dia.

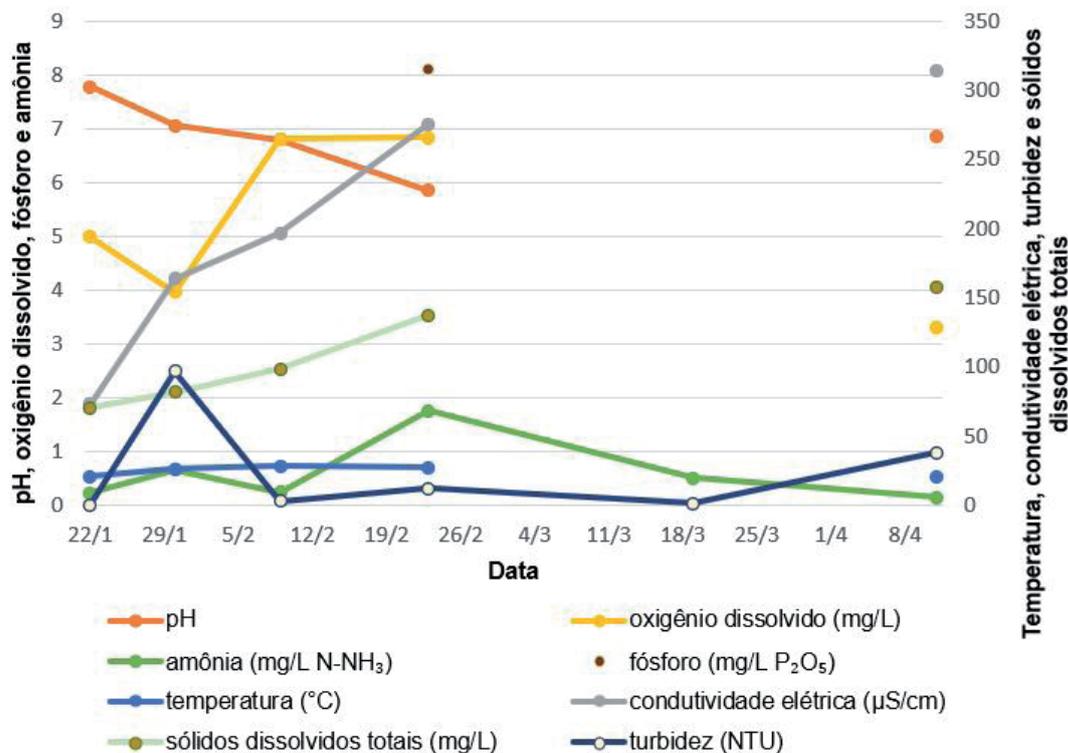


Figura 8. Parâmetros físicos e químicos dos efluentes do sistema de recirculação de água.

Com um período de 80 dias de crescimento dos peixes, considerando-se a retirada de 500 L a cada 30 dias e o esvaziamento do decantador ao final do experimento, foram produzidos 1.500 L de efluentes em cada um dos sistemas, totalizando 3.000 L. Os valores de N e P obtidos foram comparados com as necessidades de diferentes culturas utilizadas na região. Esses valores e o percentual de

disponibilização em relação à demanda da cultura constam na Tabela 2. Essa disponibilização de nutrientes é de grande interesse, principalmente para a agricultura familiar de base orgânica, em que insumos são escassos e caros, totalizando cerca de 70% do custo de produção de olerícolas, segundo os agricultores participantes (comunicação pessoal).

Tabela 2. Recomendação de adubação com nitrogênio e fósforo para solos com baixo teor de matéria orgânica ( $\leq 2,5$ ) e quantidade de hectares supridos pelos nutrientes produzidos pelos efluentes.

Cultura	Exigência de N (quilogramas de N/ha)	Exigência de P (quilogramas de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	Hectares supridos com N do efluente	Hectares supridos com P do efluente
Alface	200	200	0,1	1,2
Tomate*	150	750	0,1	0,3
Melancia e melão	100	240	0,2	1,0
Pimentão	110	240	0,2	1,0

\* Considerando produção de 100 t/ha.

## Conclusões

O sistema de recirculação de água possibilita a recria de tilápias em propriedade de agricultura familiar durante o período de verão, em região subtropical. O outono apresenta temperaturas limitantes para o cultivo dessa espécie nesse sistema, sendo necessário o uso de alguma forma de prevenção da perda de temperatura ou aquecimento da água para evitar a mortalidade dos peixes. Entretanto, as temperaturas de primavera permitem que os alevinos sejam estocados com antecedência, podendo fazer com que atinjam o peso adequado antes do período crítico.

Os efluentes da piscicultura suprem nutrientes que podem ser destinados para adubação de pequenas lavouras da agricultura familiar. Além de reduzir custos com a aquisição de insumos para adubação, o efluente, que apresentou alto teor de fósforo, é reutilizado, evitando impacto negativo nos recursos hídricos e possível eutrofização.

## Referências

- ANUÁRIO brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2024. São Paulo, SP: Associação Brasileira da Piscicultura, 2024. Disponível em: <https://peixebr.com.br/Anuario2024/AnuarioPeixeBR2024.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- ANUÁRIO Seafood Brasil de Produtos, Serviços e Conteúdo. São Paulo, SP: Seafood Brasil, 2023. 9º anuário. Disponível em: <https://www.seafoodbrasil.com.br/revista/seafood-brasil-50-9th-yearbook-9-anuario>. Acesso em: 24 jul. 2024.
- BADIOLA, M.; MENDIOLA, D.; BOSTOCK, J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. **Aquacultural Engineering**, v. 51, p. 26-35, 2012. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2012.07.004.
- BRANCALIONE, L. A economia circular na produção de água de reuso para fins agrícolas. In: FARIAS, H. P. S. de. (org.). **Educação, saúde e desenvolvimento sustentável: investigações, desafios e perspectivas futuras**. Rio de Janeiro, RJ: Epitaya, 2021. p. 24-42. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/255>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- BREGNBALLE, J. **A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems**. Rome: FAO: Eurofish International Organisation, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc2390en>
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Rio Grande do Sul). **Resolução CONSEMA nº 355/2017 de 13 de julho de 2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2024.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf) Acesso em: 12 jun. 2024.
- GOMES, L. de C. **Protocolo para o transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*) vivo**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 19 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 27). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10240/1/Doc-27.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- LIMA, J. de F.; BASTOS, A. M.; SILVA DUARTE, S. S.; SANTOS, U. R. A. dos. Are artificial semi-dry wetlands efficient in wastewater treatment from different fish densities and for lettuce production? **International Journal of Environmental Science and Technology**, Oct. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03703-6>.
- LIMA, J. de F.; TAVARES-DIAS, M.; YOSHIOKA, E. T. O.; SANTOS, E. F. dos; DUARTE, S. S.; BASTOS, A. M.; MONTAGNER, D. **Sistema fechado simples de recirculação para recria de peixes ou camarões de água-doce**. Macapá: Embrapa Amapá, 2015. 8 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico, 136). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1026235/1/CPAFAP2015COMTEC136RecirculacaocamaraoV61.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p. Disponível em: [https://www.siabrazil.com.br/wp-content/uploads/2017/08/manual\\_adubacao\\_calagem\\_rs\\_sc.pdf](https://www.siabrazil.com.br/wp-content/uploads/2017/08/manual_adubacao_calagem_rs_sc.pdf). Acesso em: 18 jul. 2024.

MEDINA, L. de S.; EMERENCIANO, M. G. C.; BITTENCOURT, F.; BRUM, A.; SOUZA, H. B. de; MELLO, G. L. de. Recirculating aquaculture system: length-weight relationships and condition factors of four tropical fish species. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e52811427368, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.27368.

NOVAES, A. F.; PEREIRA, G. T.; MARTINS, M. I. E. Indicadores zootécnicos e econômicos da tilapicultura em tanques-rede de diferentes dimensões. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 4, p. 379-387, 2012.

PINHO, S. M.; DAVID, L. H.; GARCIA, F.; KEESMAN, K. J.; PORTELLA, M. C.; GODDEK, S. South American fish species suitable for aquaponics: a review. **Aquaculture International**, v. 29, p. 1427–1449, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00674-w>.

QUEIROZ, J. F. de; ALVES, J. M. C.; LOSEKANN, M. E.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 130). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223088/1/SERIE-DOCUMENTOS-130-JULIO-06-05-21.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.

QUEIROZ, J. F. de; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 113). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SILVA, B. C.; MARCHIORI, N. **Importância do manejo alimentar na criação de tilápia**. Epagri, 2018. 16 p. Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_epagri/Cedap/Folder/34-Piscicultura-tilapia-gestao-nutricao.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/Cedap/Folder/34-Piscicultura-tilapia-gestao-nutricao.pdf). Acesso em 12 nov. 2024.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, 100611, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.