

**SEDIMENTAÇÃO DE NUTRIENTES E MATERIAL PARTICULADO EM RESERVATÓRIO SOB INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES DE PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE****Rodrigo S. T. de Moura\***, **Yuri V. de A. Lopes** e **Gustavo G. Henry-Silva**

Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró – RN, Brasil

Recebido em 05/12/2013; aceito em 26/05/2014; publicado na web em 22/07/2014

SEDIMENTATION OF NUTRIENTS AND PARTICULATE MATTER IN A RESERVOIR SUPPORTING AQUACULTURE ACTIVITIES IN THE SEMI-ARID REGION OF RIO GRANDE DO NORTE. Nutrient levels in water reservoirs have been increasing over the years worldwide and fish farming is one of the activities with the potential to cause negative impacts on these environments. Thus, the sedimentation of the main nutrients was evaluated in a reservoir as well as the contribution of aquaculture in raising these rates. The results indicated a significant difference for all nutrients, with higher concentrations in areas near the fish farming, and lower levels in more distant regions. Therefore, assessments that focus only on the water column do not reflect the true impact of this activity.

Keywords: aquaculture sustainability; nutrient enrichment; Nile Tilapia.

**INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos as políticas públicas brasileiras estimularam o uso de reservatórios de água para produção de peixes em tanques-rede através de programas governamentais.<sup>1</sup> Em nível nacional a atividade vem crescendo continuamente, principalmente devido aos incentivos para desenvolvimento do setor aquícola nacional. Destaque especial vem sendo dado à criação de tilápias em tanque-rede em reservatórios, principalmente na região nordeste do Brasil.<sup>2</sup>

As atividades antrópicas nos reservatórios podem provocar alterações físicas, químicas e biológicas em toda a coluna d'água. Dentre estas atividades, a instalação de tanques-rede pode interferir na dinâmica destes ecossistemas aquáticos.<sup>3</sup> A principal problemática para os cultivos em tanque-rede é que grandes quantidades de dejetos orgânicos são lançados diretamente no ambiente na forma de excretas e ração não consumida.<sup>4-7</sup> Estes resíduos chegam ao ambiente aquático principalmente na forma de nitrogênio, fósforo e material particulado que pode contribuir para o processo de eutrofização artificial.<sup>8-10</sup>

A eutrofização em lagos e reservatórios é um dos principais problemas na gestão de águas ao redor do mundo, sendo que a aquicultura pode ser mais um fator de aceleração deste processo.<sup>11,12</sup> A eutrofização causada pelas atividades de aquicultura pode ser ainda mais impactante em reservatórios do semiárido, uma vez que estes ambientes estão localizados em regiões com escassez de água e com um elevado tempo de retenção hídrica, fatores estes que favorecem o acúmulo de nutrientes.<sup>13,14</sup>

Em virtude das emissões de compostos orgânicos e inorgânicos oriundos dos tanques-rede para o ambiente aquático não serem passíveis de tratamento, os estudos que avaliam os impactos causados por esta atividade aquícola são importantes para se identificar alterações na estrutura e no funcionamento dos reservatórios, além de fornecer informações relevantes para minimizar possíveis conflitos pelo uso do recurso hídrico. Neste contexto o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da produção de peixes em tanques-rede nas taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado no reservatório de Santa Cruz, semiárido do Rio Grande do Norte.

**PARTE EXPERIMENTAL****Área de estudo**

O reservatório de Santa Cruz está localizado na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró e encontra-se no município de Apodi, semiárido do Rio Grande do Norte (Figura 1). A sua área é de 3413,36 ha, com capacidade máxima de 599.712.000,00 m<sup>3</sup>. A altura máxima corresponde a 57,5 m e a área de sua bacia engloba 4.264,00 km<sup>2</sup>.<sup>15</sup> O clima local é do tipo BSw'h', da classificação climática de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono.

**Delineamento amostral**

No reservatório está instalada uma estação de piscicultura, com cultivo intensivo de tilápia-do-Nilo em tanques-rede. A fim de avaliar sua influência sobre o reservatório, foi feito o acompanhamento da produção de 22 tanques-rede, do povoamento até a despesca, totalizando 150 dias de cultivo. A produção durante um ciclo (150 dias) foi de 6258 kg de peixe. Como principal aporte de nutrientes para o sistema, a piscicultura utiliza quatro rações comerciais com diferentes composições, a saber: Inicial até 21 dias, Alevino até 42 dias, Crescimento até 87 dias e Engorda até 150 dias (Tabela 1).

Durante o período de cultivo, com frequência mensal, foram instalados seis conjuntos de câmaras de sedimentação no reservatório, sendo três conjuntos colocados diretamente sob três tanques-rede sorteados aleatoriamente, e outros três conjuntos alocados em região afastada 400 m do cultivo (controle), durante um período de incubação de 72 horas, a 2,5 metros de profundidade. As câmaras na região dos tanques-rede tiveram por objetivo refletir o impacto do cultivo sobre as condições do reservatório, enquanto as da região afastada tiveram a finalidade de representar as condições naturais do reservatório, agindo como um controle.

Antes de serem dispostas no ambiente as câmaras foram preenchidas completamente com água destilada, a fim de evitar a deposição de material antes do início do período de incubação. A construção das câmaras e o cálculo das taxas de sedimentação de material particulado foram feitos segundo descrito por Bufon *et al.*<sup>16</sup> Amostras de água foram coletadas no interior das câmaras de sedimentação

\*e-mail: savio.ww@gmail.com

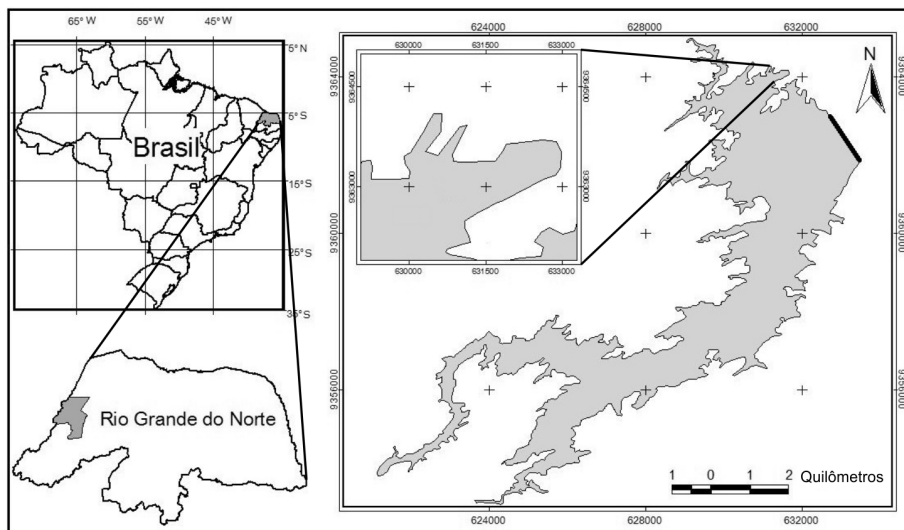


Figura 1. Localização do reservatório de Santa Cruz, com ênfase para a região de cultivo de tilápia do Nilo em tanques-rede

Tabela 1. Porcentagem de Proteína Bruta (PB) e Fósforo (P) nas rações comerciais utilizadas no cultivo

Ração	%PB	%P
Inicial	50	1
Alevino	40	0,7
Crescimento	32	0,6
Engorda	28	0,6

e foram então determinadas as concentrações de amônia, nitrato e nitrito;<sup>17</sup> nitrogênio total (N-Total);<sup>18</sup> ortofosfato e fósforo total (P-Total);<sup>19</sup> carbono orgânico total (COT) e carbono inorgânico total (CIT) (oxidação em combustão catalítica usando um Analisador de Carbono VARIO-TOC).

### Análise dos dados

A fim de se identificar diferenças significativas nas taxas de sedimentação de material particulado, amônia, nitrato, nitrito, ortofosfato, nitrogênio total, fósforo total, carbono inorgânico total e carbono orgânico total, entre os tanques-rede e o controle, foi aplicado um teste *t de student* para os dados paramétricos e o teste de *Mann-Whitney* com correção de *p-value* segundo Bonferroni para os dados não paramétricos, ambos a 5% de probabilidade. Os pressupostos estatísticos de normalidade e homocedasticidade foram avaliados com os testes *Shapiro-Wilk* e *Bartlett*, respectivamente, ambos 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *Software R* v3.0.1.<sup>20</sup>

### RESULTADOS

A taxa de sedimentação de material particulado e dos nutrientes apresentou diferença significativa entre os tanques-rede e o controle, ao longo de todo o período de cultivo, mostrando uma influência da piscicultura no aporte de material particulado para o reservatório.

As taxas naturais (controle) de sedimentação de material particulado apresentaram dois períodos distintos, com menores taxas até o 67° dia, e taxas mais elevadas até o final do período de cultivo. Já para a taxa na região dos tanques-rede, foi observado um pico de sedimentação aos 42 dias de cultivo, com uma queda após este período e posterior elevação até o fim do período considerado (Figura 2).

A sedimentação de N-Total foi significativamente maior para a região dos tanques-rede (Figura 3). Foi percebida uma elevação nas

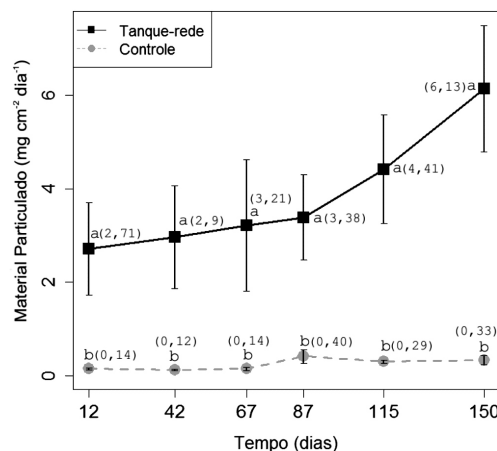


Figura 2. Taxas de sedimentação de material particulado. Valores médios, onde barras verticais representam os respectivos desvios-padrão; médias entre parênteses

concentrações de N-Total até o 42° dia, com um decréscimo acentuado logo após este período, e posterior elevação das concentrações até o fim do cultivo. Para a sedimentação na região controle, foi observado um comportamento semelhante, com maiores concentrações na segunda metade do período de tempo considerado, particularmente após o 67° dia de cultivo. A sedimentação de amônia mostrou uma tendência decrescente ao longo do período de cultivo, sendo significativamente maior que na região de controle. As sedimentações de nitrito e nitrato também foram significativamente superiores, apresentando, porém, uma tendência crescente do início ao fim do período de cultivo (Figura 3).

A sedimentação de P-Total fora significativamente superior para a região dos tanques-rede durante todo o período de tempo considerado (Figura 4), sendo observado um decréscimo nas taxas durante a primeira metade do cultivo, com um subsequente aumento até o final do período considerado. Para o controle o comportamento foi semelhante, com um pico de elevação de P-Total aos 42 dias de cultivo, com subsequente decréscimo até os 67 dias e posterior elevação nas taxas até o final do período considerado. A sedimentação do ortofosfato foi significativamente superior para os tanques-rede, e crescente ao longo do tempo de cultivo, enquanto na região controle não houve uma tendência nem de acréscimo nem de decréscimo desta taxa ao longo do tempo, permanecendo durante todo o cultivo com valores próximos a zero (Figura 4).

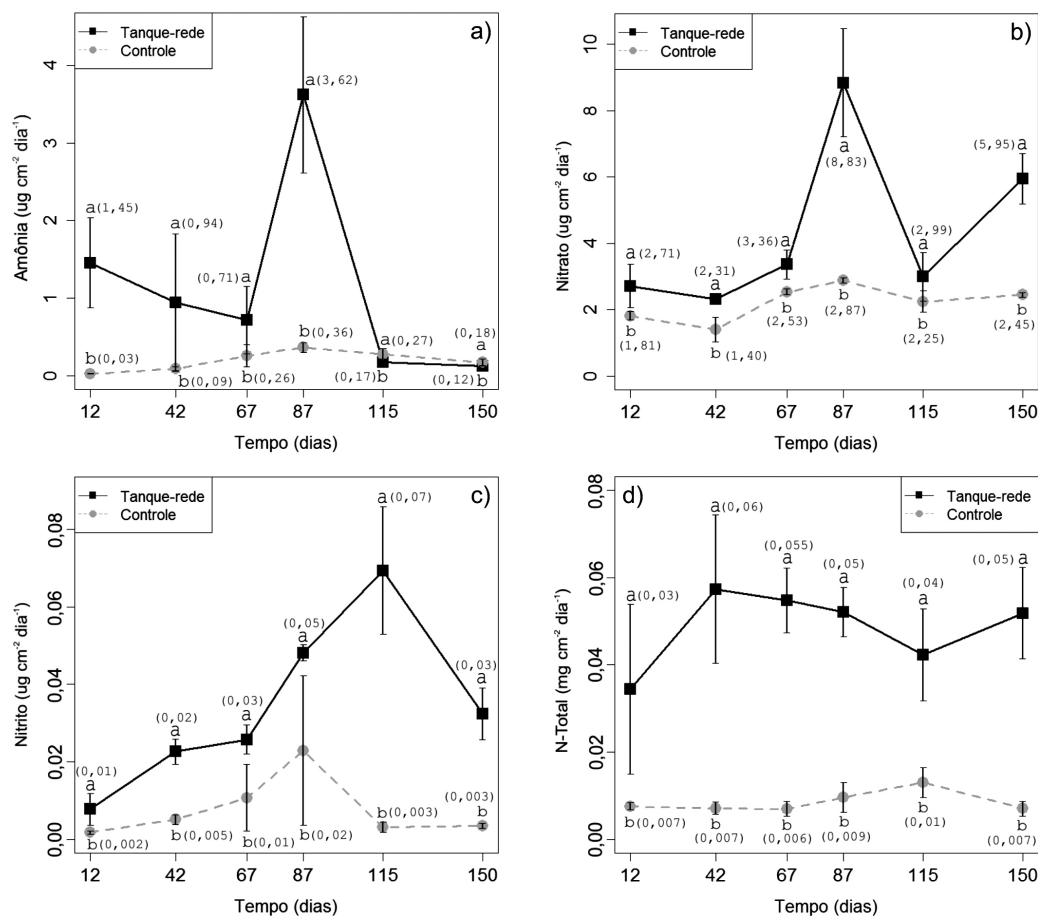


Figura 3. Taxas de sedimentação de a) amônia; b) nitrato; c) nitrito; d) nitrogênio total. Valores médios, onde barras verticais representam os respectivos desvios-padrão; médias entre parênteses

As taxas de sedimentação de COT e CIT apresentaram comportamentos opostos, com uma tendência crescente do carbono orgânico (e decrescente do inorgânico) até os 87 dias de cultivo, com subsequente diminuição dos valores de carbono orgânico (e elevação do carbono inorgânico) até o final do cultivo (Figura 5). De forma geral, a tendência foi que a porção orgânica do carbono aumentasse enquanto a porção inorgânica diminuísse ao longo do período de cultivo. Para a região controle o comportamento foi semelhante tanto para COT quanto para CIT, com valores maiores após o 87º dia de cultivo.

## DISCUSSÃO

Foi verificado que as taxas de sedimentação de material particulado, bem como a sedimentação dos nutrientes, foram influenciadas pela presença da piscicultura, mostrando taxas mais elevadas quando comparadas com o ambiente natural. Estas maiores concentrações estão relacionadas principalmente com o aporte de sólidos suspensos e, conseqüentemente, matéria orgânica, oriundos dos tanques-rede, para o reservatório.

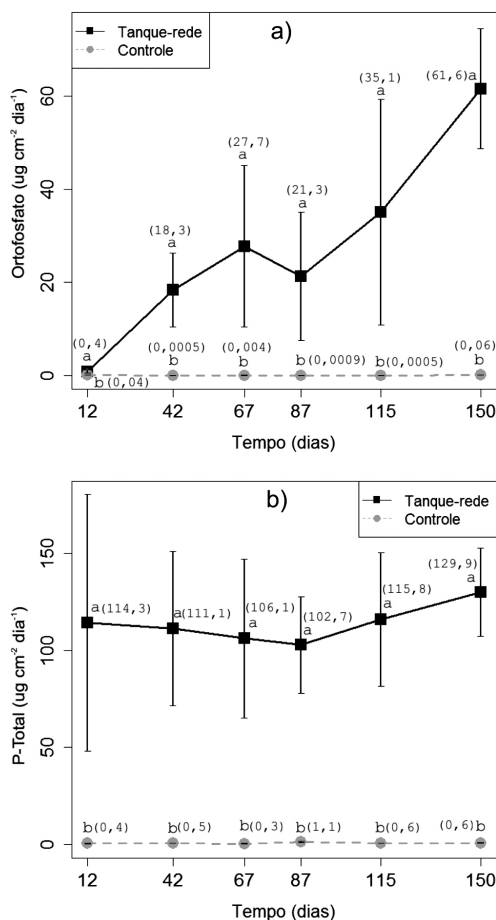
A sedimentação de material particulado do reservatório na região dos tanques-rede foi marcadamente influenciada pela piscicultura, exibindo taxas de sedimentação crescentes ao longo do tempo, com um pico pronunciado aos 42 dias de cultivo. É provável que este pico de sedimentação esteja relacionado ao tipo de ração ofertada ao sistema até o 42º dia, sendo composta basicamente de ração em pó parcialmente extrusada e em pellets com 2 mm de granulometria, o que pode ocasionar uma maior perda de ração não consumida para o ambiente.

A influência da piscicultura na sedimentação de sólidos suspensos

no reservatório possivelmente esteve relacionada com o aporte de ração no sistema produtivo, uma vez que ao longo do tempo a quantidade de ração ofertada ao sistema é crescente e a biomassa animal cultivada também cresce. Pillay<sup>21</sup> aponta que até 30% da ração ofertada ao sistema de cultivo vai para o ambiente, na forma de ração não consumida ou de excretas. Assim, a quantidade de material fecal e de ração não consumida parece ser a principal causa no aumento da sedimentação próximo a pisciculturas. Almeida<sup>22</sup> encontrou valores de sedimentação de material particulado da ordem de 8,0 mg cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> logo abaixo de tanques-rede, e taxas da ordem de 0,4 mg cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de material particulado sedimentado em regiões afastadas da área de cultivo. Estes resultados corroboram o presente trabalho, onde a sedimentação na região de cultivo foi em geral 20 vezes maior do que na região afastada.

Vale salientar que a dinâmica do próprio sistema deve ser levada em consideração, o qual apresentou taxas de sedimentação maiores durante a segunda metade do cultivo, possivelmente devido a correntes de água interna e ação dos ventos. Como observado por Alves,<sup>23</sup> o aumento das taxas de sedimentação em locais afastados da área de influência dos tanques-rede está principalmente relacionado com a dinâmica das massas de água no ambiente, estando menos relacionadas com fatores externos como chuvas. Assim, durante a segunda metade do período de cultivo a dinâmica do ambiente parece contribuir para um maior carreamento e maior distribuição do material particulado no reservatório. Este cenário é particularmente impactante uma vez que os efluentes dos tanques-rede para o ambiente são principalmente na forma sólida, sendo que até 60% do fósforo e 65% do nitrogênio emitidos pelas unidades de cultivo estão na forma particulada.<sup>24,25</sup>

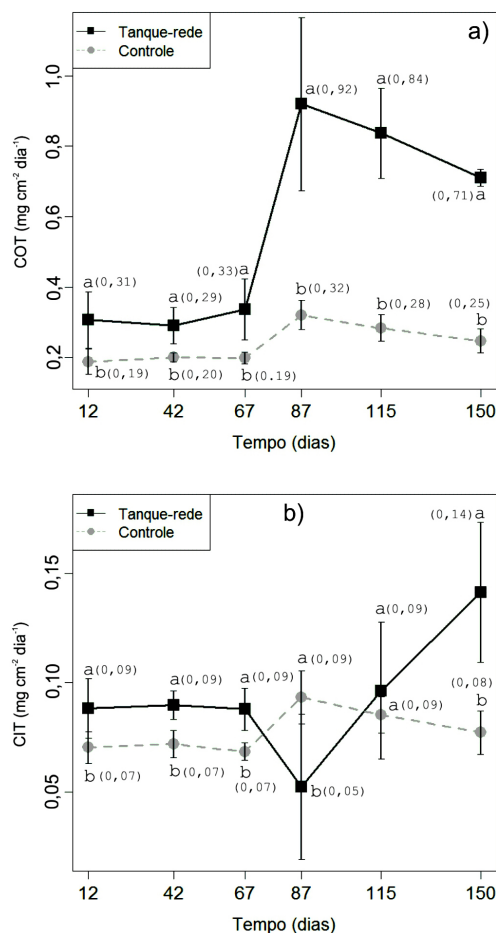
O conteúdo em N-Total no reservatório foi influenciado pela



**Figura 4.** Taxas de sedimentação de a) ortofosfato; e b) fósforo total. Valores médios, onde barras verticais representam os respectivos desvios-padrão; médias entre parênteses

presença de tanques-rede, uma vez que nesta região se observam os maiores valores, com concentrações médias oscilando ao longo do tempo, com uma tendência crescente do início ao fim do período de cultivo. A quantidade de nitrogênio liberada para o ambiente é proporcional à quantidade de ração ofertada e ao conteúdo de proteína desta ração, assim, a crescente quantidade de ração ofertada juntamente com a decrescente proporção de proteína nas rações utilizadas pode ter favorecido as variações ao longo do tempo nos níveis de N-Total encontrados. Azevedo *et al.*<sup>26</sup> estimou matematicamente um aumento de até 10% na emissão de N-Total total e dissolvido quando a porção de ração perdida para o ambiente (não consumida e excretada) aumenta em 4%. Guo e Li<sup>5</sup> apontam ainda que as temperaturas das águas tropicais (entre 28 e 31 °C) promovem uma maior ineficiência no aproveitamento dos nutrientes da ração, uma vez que a aceleração do metabolismo dos animais faz com que menos compostos sejam metabolizados, sendo então perdidos para o ambiente. Dessa forma, é evidenciado que a emissão de N-Total para o ambiente está não somente relacionada com a quantidade de ração e proteína ofertada, mas principalmente com a eficiência de uso da proteína, ou seja, quanto da proteína contida na ração ofertada se transforma em biomassa animal.<sup>27</sup>

As taxas de sedimentação de amônia, nitrato e nitrito revelam que o ambiente está em condições aeróbicas, onde provavelmente não há déficit de oxigênio, uma vez que a sedimentação do nitrato é superior às taxas de sedimentação de nitrito e amônia, revelando uma completa nitrificação do nitrogênio. Lopes,<sup>28</sup> estudando o comportamento nictimeral do reservatório de Santa Cruz, não constatou concentrações deficitárias de oxigênio ao longo da coluna de água,



**Figura 5.** Taxas de sedimentação de a) carbono orgânico total; e b) carbono inorgânico total. Valores médios, onde barras verticais representam os respectivos desvios-padrão; médias entre parênteses

tanto na região da piscicultura quando em regiões afastadas. Alves<sup>23</sup> encontrou um efeito significativo da influência de uma piscicultura na sedimentação de compostos nitrogenados em um reservatório, com valores de sedimentação de nitrato (até 7,6  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) superiores aos de nitrito (até 0,3  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e amônia (até 0,7  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ). Estes valores corroboram o observado no presente estudo, com taxas de sedimentação menores para o nitrito (até 0,07  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ), mais elevadas para o nitrato (até 8,8  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e intermediárias para a amônia (até 3,6  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ).

A sedimentação de P-Total foi significativamente maior na área dos tanques-rede do que no controle, mostrando o efeito do cultivo sobre o ambiente. Na região do controle os valores encontrados foram até 100 vezes menores do que os encontrados na região de cultivo. David *et al.*<sup>29</sup> observou efeito semelhante, constatando que as emissões de tanques-rede elevam os níveis de sedimentação de P-Total na área de cultivo, encontrando valores superiores aos encontrados em regiões afastadas. De uma maneira geral, tem sido consenso entre os estudos que, tanto em ambientes temperados quanto tropicais, a presença de pisciculturas eleva sensivelmente a sedimentação, em especial de compostos fosfatados, na região do cultivo e em seu entorno.<sup>4,5,26,30</sup> Alves<sup>23</sup> encontrou uma sedimentação de até 8,0  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de P-Total para regiões abaixo dos tanques-rede, e taxas de até 3,0  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  para regiões afastadas do cultivo. Da mesma forma, no presente estudo foram observados valores significativamente superiores de sedimentação de P-Total no interior da piscicultura (até 129,9  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e valores menores na região afastada (até 1,1  $\text{ug cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ).

A sedimentação do ortofosfato se comportou de maneira semelhante às taxas de sedimentação de P-Total, fato que corrobora a pressão da piscicultura sobre a sedimentação do fósforo no reservatório, evidenciando que o aporte de ração e fezes da piscicultura eleva a sedimentação de compostos fosfatados da mesma maneira. Esta contribuição da piscicultura fica ainda mais evidente quando levamos em consideração que na região de controle a sedimentação de ortofosfato é próxima a zero, o que é esperado para este composto, dada a sua alta solubilidade e sua fácil assimilação pelos organismos.<sup>23</sup> Desse modo, provavelmente o ambiente próximo à piscicultura não tem uma comunidade desenvolvida ao ponto de assimilar todo este fosfato que está sendo lançado dos tanques-rede, o que provoca o aumento de sua sedimentação juntamente com o aumento do fornecimento de ração.

A sedimentação do COT revela que uma das principais fontes de carbono é oriunda da piscicultura, elevando a taxa de sedimentação a valores bem acima das taxas naturais. Já para a sedimentação do CIT, ainda que a influência da piscicultura seja determinante nas taxas encontradas, a sedimentação natural apresentou valores mais próximos das taxas encontradas na região dos tanques-rede. Desta forma percebemos que provavelmente a principal fonte de carbono orgânico para o reservatório sejam os resíduos oriundos dos tanques-rede, elevando o conteúdo de matéria orgânica do sistema e consequentemente contribuindo com elevadas taxas de sedimentação de COT. A fração inorgânica, por outro lado, recebe menor influência dos tanques-rede, uma vez que o conteúdo de carbono inorgânico nas emissões da piscicultura é menor.

A principal problemática com relação a cultivos em sistemas de tanque-rede é que são modelos de produção abertos e não permitem um tratamento dos efluentes, uma vez que as emissões são feitas diretamente no ambiente. A emissão de fósforo é um dos pontos mais críticos no avanço da piscicultura em águas continentais, uma vez que sua liberação excessiva para o meio aquático pode acarretar problemas com eutrofização e conflitos nos múltiplos usos desses ecossistemas.

O uso de rações não balanceadas e com baixa digestibilidade, aliado a práticas de manejo não eficientes, parecem ser os principais fatores que levam ao aumento da sedimentação dos nutrientes em regiões de cultivo.<sup>31</sup> Estes fatores, aliados a um sistema com alta densidade de estocagem e que produz durante o ano inteiro, pode levar a um aumento nas sedimentações de fósforo e nitrogênio nas proximidades do cultivo e contribuir para a eutrofização desta área.<sup>32</sup> Este efeito fica ainda mais evidente quando tratamos de ambientes tropicais, com temperatura elevada durante todo o ano. Estudos mostram que com maiores temperaturas da água, o maior metabolismo dos animais e a ciclagem de nutrientes mais eficiente do ambiente promovem uma sedimentação de fósforo e nitrogênio potencialmente mais elevada na área de cultivo.<sup>33,34</sup>

Embora a sedimentação tenha sido claramente influenciada pela produção de peixes em tanques-rede, esta influência parece estar restringida à área logo abaixo dos tanques-rede e à área adjacente ao sistema produtivo. Estudos como o de Guo e Li<sup>5</sup> mostram que as influências da piscicultura na sedimentação de nutrientes e material particulado não são percebidas a mais de 20 metros de distância da área de cultivo. Não somente a distância do cultivo é um fator que determina a grandeza da influência da piscicultura sobre o meio aquático, mas possivelmente a profundidade onde os tanques-rede estão instalados é também um fator a se considerar. Pisciculturas instaladas em ambientes de menor profundidade podem exercer uma influência maior na sedimentação do reservatório, dada a maior facilidade na circulação de água, maior distribuição do material particulado e maior facilidade na ocorrência de resuspensão do sedimento.<sup>35</sup> Por outro lado, em regiões mais profundas (mais de 15 metros), as influências da produção sobre o ambiente natural podem ser menores.<sup>36</sup>

As contribuições em termos de compostos fosfatados, nitrogenados e carbonados dos tanques-rede para o ambiente natural são evidentes para a sedimentação destes compostos, entretanto esta influência não é observada na coluna de água. Ainda que as taxas de sedimentação destes nutrientes sejam maiores na região de cultivo do que em regiões afastadas, esta elevação na sedimentação parece não ser refletida nas concentrações destes mesmos compostos na coluna de água do reservatório. Lopes,<sup>28</sup> estudando o comportamento nictimeral do reservatório de Santa Cruz, e avaliando as diferenças entre uma região próxima à piscicultura e uma região afastada, não encontrou diferenças significativas para os níveis de nutrientes, mostrando que na água de superfície as concentrações são semelhantes. Trabalhos como o de Paes<sup>37</sup> mostram que não são detectadas diferenças para os parâmetros limnológicos da coluna de água entre a região de cultivo e região controle. Resultados semelhantes são encontrados em sistemas produtivos com diferentes densidades de estocagem e diferentes quantidades de unidades produtivas.<sup>36,38</sup> Este padrão pode ser explicado pelo comportamento não conservativo dos nutrientes<sup>7</sup> que tendem a sofrerem transformações ou serem assimilados da coluna de água.

Em geral as pisciculturas em tanques-rede estão inseridas em ambientes de água aberta com grande complexidade estrutural e que dão suporte a múltiplos usos, tornando difícil a detecção da contribuição real, em termos de nutrientes, que é oriunda da criação de peixes.<sup>39</sup> Assim, compreender as alterações nas concentrações de nutrientes são de importância para se garantir os múltiplos usos do recurso hídrico, principalmente os níveis de P-Total na coluna de água. Azevedo *et al.*<sup>7</sup> destaca que os processos de decaimento e consumo pelos produtores primários removem rapidamente os compostos fosfatados da coluna de água, mesmo em regiões próximas ao cultivo. Este efeito pode ser explicado pela modificação e adaptação das comunidades no entorno das pisciculturas que pode absorver o fósforo e retirá-lo da coluna de água, bem como pela ciclagem do fósforo, que pode ser acelerada através das enzimas contidas nas fezes dos peixes cultivados.<sup>4</sup>

## CONCLUSÃO

Podemos concluir que a atividade de piscicultura influenciou as taxas de sedimentação no reservatório, de maneira que na região dos tanques-rede a sedimentação de nutrientes e matéria orgânica é maior do que em região afastada do cultivo. Dessa forma, a criação de Tilápia-do-Nilo gera um aporte de material para o reservatório que altera as condições naturais de sedimentação do ambiente. É importante perceber que somente amostragens realizadas na coluna d'água do corpo hídrico não são suficientes para representar o real impacto destas atividades sobre o ambiente aquático, sendo necessárias amostragens mais completas a fim de representar mais adequadamente os aportes da piscicultura para o ambiente.

## REFERÊNCIAS

1. Ayroza, D. M. M. R.; Furlaneto, F. P. B.; Ayroza, L. M. S.; *Bol. Inst. Pesca* **2006**, *36*, 1.
2. Ostrensky, A.; Borghetti, J. R.; Soto, D.; *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*, SEAP: Brasília, 2008.
3. Mallasen, M.; Carmos, C. F.; Tucci, A.; Barros, H. P.; Rojas, N. E. T.; Fonseca, F. S.; Yamashita, E. Y.; *Bol. Inst. Pesca* **2012**, *38*, 15.
4. Yiyong, Z.; Jianqiu, L.; Yongqing, F.; Min, Z.; *Aquaculture* **2001**, *203*, 23.
5. Guo, L.; Li, Z.; *Aquaculture* **2003**, *226*, 201.
6. Baccarin, A. E.; Camargo, A. F. M.; *Arq. Biol. Tecnol.* **2005**, *48*, 81.
7. Azevedo, P. A.; Podemski, C. L.; Hesslein, R. H.; Kasian, S. E. M.; Findlay, D. L.; Bureau, D. P.; *Aquaculture* **2011**, *311*, 175.



8. Boyd, C. E.; Tucker, C.; McNevin, A.; Bostick, K.; Clay, J.; *Rev. Fish. Sci.* **2007**, *15*, 327.
9. Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; *Limnologia*, Oficina de Textos: São Paulo, 2008.
10. Guo, L.; Li, Z.; Xie, P.; Ni, L.; *Aquacult. Int.* **2009**, *17*, 229.
11. Kuo, J.-T.; Lung, W.-S.; Yang, C.-P.; Liu, W.-C.; Yang, M.-D.; Tang, T.-S.; *Environmental Modelling & Software* **2006**, *21*, 829.
12. Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M.; *Bol. Inst. Pesca* **2008**, *34*, 165.
13. McGhie, T. K.; Crawford, C. M.; Mitchell, I. M.; O'Brien, D.; *Aquaculture* **2000**, *187*, 351.
14. Pedro, F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2003.
15. ANA (Agência Nacional de Águas); *Boletim de monitoramento dos reservatórios do nordeste do Brasil*. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Usos Múltiplos: Brasília, 2007.
16. Buffon, A. G. M.; Tauk-Tornisielo, S. M.; Pião, A. C. S.; *Arq. Inst. Biol* **2009**, *76*, 673.
17. Mackereth, F. J. H.; Heron, J.; Talling, J. F.; *Water analysis: some revised methods for limnologists*, Freshwater Biological Association: London, 1978.
18. Koroleff, F.; Em *Methods of seawater analysis*; Grasshoff, K., ed.; Verlag Chemie Weinheim: New York, 1976, p. 117-181.
19. Golterman, H. L.; Climo, R. S.; Ohnstad, M. A. M.; *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*, 2<sup>nd</sup> ed., IBP: Oxford, 1978.
20. R Core Team; *R: A language and environment for statistical computing*; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.
21. Pillay, T. V. R.; *Aquaculture and the environment*, 2<sup>nd</sup> ed, Wiley/Blackwell Scientific Publications: Oxford, 2004.
22. Almeida, R.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista - Centro de Aquicultura, Brasil, 2013.
23. Alves, R. C. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista - Centro de Aquicultura, Brasil, 2006.
24. Temporetti, P.; Pedrozo, F.; *Aquacult. Res.* **2000**, *31*, 447.
25. Bureau, D. P.; Gunther, S. J.; Cho, C. Y.; *North American Journal of Aquaculture* **2003**, *65*, 33.
26. Azevedo, P. A.; Leeson, S.; Cho, C. Y.; Bureau, D. P.; *Aquaculture* **2004**, *234*, 393.
27. Azevedo, P. A.; Leeson, S.; Cho, C. Y.; Bureau, D. P.; *Aquacult. Nutr.* **2004**, *10*, 401.
28. Lopes, Y. V. A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil, 2011.
29. David, G. S.; Carvalho, E. D.; Ramos, I. P.; Silva, R. J.; Ayroza, D. M. M. R.; Ayroza, L. M. S.; Lemos, D.; *Resumos da World Aquaculture WA 2011*, Natal, Brasil, 2011.
30. Na, K.; Kim, D.; *Water, Air, Soil Pollut.* **2003**, *149*, 27.
31. Araripe, M. N. B. A.; Segundo, L. F. F.; Lopes, J. B.; Araripe, H. G. A.; *Rev. Cient. Prod. Anim.* **2006**, *8*, 56.
32. Rocha, E. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2006.
33. Mallasen, M.; Barros, H. P.; Em *Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III*; Cyrino, J. E. P.; Furuya, W. M.; Ribeiro, R. P.; Scorvo Filho, J. D., eds.; Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática: Jaboticabal, 2008.
34. Carneiro, G. H. A.; Carvalho, S. L.; *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Ecologia do Brasil*, São Lourenço, Brasil, 2009.
35. Leite, M. A.; *Dissertação de Mestrado*, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Brasil, 1998.
36. Alves, R. C. P.; Baccarin, A. E.; Em *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*; Nogueira, M. G.; Henry, R.; Jorcin, A., eds.; Rima: São Carlos, 2005.
37. Paes, J. V. K.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2006.
38. Zanatta, A. S. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2007.
39. Reid, G. K.; McMillan, I.; Moccia, R. D.; *J. Environ. Monit.* **2006**, *8*, 947.