

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**RAFAEL BARROSO MARTINS**

**“INTERAÇÃO ENTRE O USO DE SUBSTRATOS SUBMERSOS PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE PERIFÍTON E O AJUSTE DA RELAÇÃO C:N DA ÁGUA  
EM TANQUES DE CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, SEM  
RENOVAÇÃO E AERAÇÃO DA ÁGUA.”**

**FORTALEZA  
2011**

**RAFAEL BARROSO MARTINS**

**“INTERAÇÃO ENTRE O USO DE SUBSTRATOS SUBMERSOS PARA O  
DESNVOLVIMENTO DE PERIFÍTON E O AJUSTE DA RELAÇÃO C:N DA ÁGUA  
EM TANQUES DE CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, SEM  
RENOVAÇÃO E AERAÇÃO DA ÁGUA.”**

Trabalho supervisionado (modalidade A).  
Monografia submetida ao Departamento do  
Curso de Graduação em Engenharia de  
Pesca, da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Engenheiro de Pesca.

Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do  
Carmo e Sá.

**FORTALEZA  
2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

M345i

Martins, Rafael Barroso.

Interação entre o uso de substratos submersos para o desenvolvimento de perifiton e o ajuste da relação C:N da água em tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, sem renovação e aeração da água / Rafael Barroso Martins. – 2011.

40 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá

1. Aquicultura 2. Tilápia. 3. Água - qualidade. I. Título.

---

CDD 639.2


**RAFAEL BARROSO MARTINS**

**“INTERAÇÃO ENTRE O USO DE SUBSTRATOS SUBMERSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PERIFÍTON E O AJUSTE DA RELAÇÃO C:N DA ÁGUA EM TANQUES DE CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, SEM RENOVAÇÃO E AERAÇÃO DA ÁGUA.”**

Monografia submetida ao Departamento do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Pesca. Área de concentração : Aquicultura

Aprovado em 21 / 11 / 2011.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. MARCELO VINÍCIUS DO CARMO E SÁ. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. MOISÉS ALMEIDA. (Membro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Eng. Pesca OSCAR PACHECO PASSOS NETO, Msc. (Membro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Aos meus pais que me deram a  
oportunidade dessa existência, que  
sempre me apoiaram em minhas  
realizações e que me indicaram o  
caminho certo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e determinação que Ele me deu, pela ajuda e paciência nas horas difíceis.

Aos meus pais, pelo apoio durante esses anos de investimento.

A minha família, por compartilharem comigo da alegria de mais uma etapa da vida concluída.

A Paula Naiane, por ter sido minha grande companheira dividindo as alegrias e dificuldades nesse período.

Ao Prof. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, por compartilhar seus conhecimentos e me orientar.

Aos colegas que fazem parte do laboratório: Fabio Martins, Davi Cavalcante, Michael Akao, José Nacélio, Roberto Lima, Diego Maranguape, Jackes Rodrigues, Fred Magalhães, Nayara Caldini, Vanessa Tomaz, Nayagra Pereira, Jéssica da Silva, Paloma Damasceno, Jacqueline Lima, Mikaely Nobre, Lílian Martins e Juliana. Que me ajudaram na realização do experimento, o qual não seria possível sem tal colaboração. Companheiros de trabalho e risadas, amigos que espero levar para além da universidade.

Aos membros da banca examinadora, pela avaliação construtiva.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Pesca, pelos conhecimentos adquiridos durante o curso.

Aos amigos que fiz durante a graduação (Thiago Fonseca, José Willian).

E a todos que participaram, direta ou indiretamente deste trabalho.

“ Quando o serviço aparece, é porque o servidor está pronto. ”  
(André Luiz)

## RESUMO

A atividade de aquicultura vem sendo usada como alternativa para a produção de alimento de qualidade para a população, substituindo a pesca, já sobreexplorada. Porém essa atividade gera efluentes ricos em nutrientes, capazes de desequilibrar o ecossistema receptor. Métodos de cultivo baseados na capacidade auto-limpante da água, vem sendo utilizados de forma que diminua-se o nível de nutrientes nos efluentes. O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ciências e Tecnologia Aquícola – LCTA, e teve como objetivo determinar os efeitos da interação entre a atividade de perifiton e o ajuste da relação C:N da água sobre a qualidade da água e o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo em tanques externos de pequeno volume, sem renovação e aeração da água. Foram utilizados juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados em 20 tanques de polietileno com volume total de 250 L, na densidade de 10 juvenis tanque<sup>-1</sup>. O experimento foi composto por um grupo controle (Ø) e três experimentais (P, CN e CNP), cada um com cinco repetições (20 tanques), em delineamento experimental inteiramente casualizado. A relação C: N da água nos tanques dos grupos CN e CNP foi ajustada semanalmente em função da concentração observada de N amoniacal total (NAT). Não foi feito o ajuste da relação C:N dos tanques dos grupos Ø e P. Como fonte de carbono foi utilizado o melaço em pó. A quantidade de melaço que foi adicionada à água dos tanques CN e CNP foi calculada para chegar próximo da relação C:N desejada (20:1), faixa ideal para o desenvolvimento das bactérias heterotróficas. Os tanques (Ø e P) que não receberam ajuste da relação C:N tiveram uma ligeira melhor qualidade de água em relação com os que receberam o ajuste (CN e CNP). Houve maior ganho de peso nos tanques (Ø) em relação aos demais.

Palavras-chave: Aquicultura, tilápia, perifiton, C:N, qualidade de água.



## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Disposição das dos tanques experimentais.	17
FIGURA 2	Estrutura utilizada para a fixação do perifiton.	18
FIGURA 3	Transparência da água (leitura de Secchi) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).	23
FIGURA 4	Transparência da água (leitura de Secchi) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).	23
FIGURA 5	Concentração de oxigênio dissolvido na água (9 - 10 h) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).	25
FIGURA 6	Concentração de oxigênio dissolvido na água (9 - 10 h) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 100 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).	25
FIGURA 7	- pH da água (15 h) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).	26
FIGURA 8	- pH da água (15 h) de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> , que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0,03$ g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média $\pm$ d.p.; n = 5). Em	27

cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

- FIGURA 9 Concentração de CO<sub>2</sub> livre na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 28
- FIGURA 10 Concentração de CO<sub>2</sub> livre na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 28
- FIGURA 11 Concentração de nitrogênio amoniacal total na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 29
- FIGURA 12 Concentração de nitrogênio amoniacal total na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), as diferenças observadas entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ). 30
- FIGURA 13 Concentração de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 31
- FIGURA 14 Concentração de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 32
- FIGURA 15 Concentração de fósforo reativo ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada 33

tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

- FIGURA 16 Concentração de fósforo reativo ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 33
- FIGURA 17 Produtividade primária fitoplanctônica líquida de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), as diferenças observadas entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ). 34
- FIGURA 18 Produtividade primária fitoplanctônica líquida de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 100 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). 35

## LISTA DE TABELAS

	Pág.	
TABELA 1	Delineamento experimental do projeto de pesquisa.	18
TABELA 2	Tabela de alimentação do LCTA (DEP/CCA/UFC) para juvenis de tilápia do Nilo.	19
TABELA 3	Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,43 \pm 0.03$ g), mantidos por 6 semanas em tanques circulares de polietileno de 250 L (10 peixes/tanque), em ambiente externo, com ou sem substrato para desenvolvimento de perifiton e ajuste da relação C: N da água (média $\pm$ d.p; n = 5).	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Condições Experimentais</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1 Estruturas para fixação do perifíton</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Delineamento Experimental</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Variáveis Analisadas</b>	<b>20</b>
<b>2.3.1 Variáveis limnológicas.</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2 Variáveis de desempenho zootécnico</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3 Variáveis de desenvolvimento do perifíton</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Análises estatísticas</b>	<b>21</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Qualidade de água</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Desempenho zootécnico</b>	<b>36</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A exploração indiscriminada do estoque pesqueiro natural e a crescente diferença entre a quantidade de pescado capturado e a demanda de consumo, tornaram a aquicultura uma das alternativas mais viáveis no mundo para a solução desses problemas com relação à produção de alimento para consumo humano de alto valor protéico (CAMARGO; POUHEY, 2005).

No ano de 2009 a aquicultura mundial chegou a produzir 55,1 milhões de toneladas de pescado (FAO, 2010). Portanto há uma preocupação, já que as atividades de aquicultura são dependentes do aporte de alimento no meio aquático, ou seja, nutrientes e energia para a manutenção de sua produtividade, essa situação gera resíduos e efluentes que acarretam no desequilíbrio e no declínio do ecossistema receptor (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2006). A forma de alimentação é o principal incremento de nutrientes no meio. Para produzir 1 kg de peso vivo de peixe, um cultivo precisa de 1 a 3 kg de peso seco de alimento, dependendo da espécie da cultura e qualidade dos alimentos. Cerca de um terço da alimentação não é consumida e se acumula no fundo dos viveiros, na forma de resíduos orgânicos (ASADUZZAMAN *et al.*, 2010b).

Os principais impactos dos efluentes das atividades de aquicultura sobre os ecossistemas aquáticos adjacentes são: o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos (MIRES, 1995; BARDACH, 1997; MIDLEN; REDDING, 1998).

Dentre as soluções propostas para esse problema, destacam-se atualmente, os sistemas de cultivo baseados em trocas mínimas de água, ou mesmo troca zero. Sistemas sem renovação de água objetivam estimular a formação de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica (WASIELSKY *et al.*, 2006 ; EMERENCIANO *et al.*, 2007). Esses métodos se baseiam na capacidade auto-limpante do ecossistema (tanque/viveiro), que deve ser estimulada apropriadamente para que se consiga os resultados almejados. Para isso, deve-se favorecer os processos biológicos que retiram nutrientes da água, tais como a fotossíntese e a formação de bioflocos bacterianos (AZIM; LITTLE, 2008).

Bioflocos são fragmentos orgânicos em suspensão na água ou aderidos às paredes dos tanques de produção. Estas partículas englobam material orgânico particulado, sobre o qual se desenvolvem microalgas, organismos microscópicos diversos (protozoários, rotíferos,

fungos, oligoquetos), dentre outros microorganismos, em especial uma grande diversidade de bactérias heterotróficas.

Os resíduos orgânicos gerados na produção, tais como: fezes, o muco dos peixes, e as sobras de ração, são transformados por reações químicas e mantidos em suspensão dentro dos próprios tanques, servindo como substratos ao desenvolvimento das bactérias heterotróficas. Estas bactérias se encarregam da depuração da qualidade da água, utilizando compostos nitrogenados potencialmente tóxicos aos peixes (amônia e nitrito), para a síntese protéica e biomassa microbiana que enriquecem os bioflocos (KUBITZA, 2011). Esses flocos de partículas microbianas possuem um alto valor nutricional, contendo níveis de proteínas, aminoácidos dentre outros elementos alimentares essenciais ao desenvolvimento dos animais (TACON *et al.*, 2002; BURFORD *et al.*, 2004), o que possibilita a utilização de diferentes ingredientes protéicos nas dietas, em substituição à farinha de peixe, que é a principal fonte de proteína da ração (KUNH *et al.*, 2009; RAY *et al.*, 2010).

Atualmente, há uma atenção especial para a redução da farinha de peixe na composição da ração, levando-se em conta que a farinha é produzida principalmente a partir da pesca de pequenos peixes marinhos, como as sardinhas e as anchovetas, que estão sofrendo diminuição de seus estoques. A farinha de peixe é um recurso limitado e finito, e sua utilização excessiva na indústria de ração vem sendo muito criticada por organizações ambientais (HARDY, 2010).

A água de cultivo também conta com as microalgas em suspensão para a significativa retirada de amônia e fosfato do meio, através da fotossíntese fitoplanctônica, porém, esse processo pode ser insuficiente para obtenção de uma boa qualidade de água. O uso de substratos submersos para o desenvolvimento do perifiton é uma boa alternativa para aumentar a remoção de nutrientes da água, funcionando como biofiltro (MILSTEIN *et al.*, 2009).

O perifiton designa toda a comunidade que vive aderida a um substrato. Porém, o perifiton "verdadeiro", é composto apenas de organismos fixos, imóveis e adaptados à vida sésil através de rizóides, pedúnculos gelatinosos, entre outros órgãos de fixação. Já o "pseudo" perifiton, é constituído de organismos pouco aderidos, que vivem associados sem fixar-se diretamente ao substrato (SLÁDECKOVÁ, 1962). O componente mais estudado do perifiton é a alga, considerado importante produtor primário dos ecossistemas aquáticos. Em alguns ambientes a fração algal do perifiton chega a contribuir com cerca de 90% da produção primária total (WETZEL, 1990). Em tanques escavados e de concreto, alguns experimentos mostraram que, quando substratos são fornecidos à comunidade perifítica, eles podem

contribuir para aumento da produtividade de várias espécies de peixes (AZIM *et al.*, 2001a, 2001b; UDDIN *et al.*, 2006, 2007).

Um segundo manejo bastante pesquisado atualmente para o controle da qualidade da água de cultivo e aumento da produtividade dos tanques é o ajuste da relação C:N (carbono/nitrogênio) da água ou da ração fornecida aos animais. Descobriu-se que a elevação da relação C:N até próximo de 20:1 favorece o crescimento de flocos bacterianos (AVNIMELECH, 1999). Esse controle é feito através de uma fonte adicional de carbono e/ou, do fornecimento de ração aos peixes com níveis mais baixos de proteína.

A relação entre o carbono e o nitrogênio dos resíduos depende muito dos níveis de proteína contidos na ração. Quanto mais proteína, maior o teor de nitrogênio na ração, resultando em resíduos com uma baixa relação C:N. Uma ração com 16% de proteína bruta possui uma relação C:N perto de 20:1, ideal para o desenvolvimento bacteriano. Porém as rações usadas nos cultivos de peixes apresentam geralmente níveis protéicos acima de 28%, os seja, uma relação C:N menor que 11:1. Então o carbono transforma-se em fator limitante para o desenvolvimento das bactérias, conseqüentemente a formação de bioflocos. Para isso o produtor deve introduzir no sistema de cultivo periodicamente uma fonte rica em carbono (melaço, açúcar, fubá, entre outros). Essas aplicações geralmente são definidas através de análises da concentração de nitrogênio da água dos tanques de cultivo (KUBITZA, 2011).

Asaduzzaman *et al.*, (2010a) enfatizam que a própria movimentação dos peixes promove a ressuspensão dos sedimentos do fundo, ajudando na retenção de nutrientes por parte das bactérias aeróbias em camadas mais elevadas da água, que contém mais oxigênio. Sendo assim também um importante requisito para o desenvolvimento dos bioflocos.

Esse sistema apresenta diversas vantagens, como reduções do uso de água no cultivo, diminuindo assim o risco de introdução e disseminação de doenças; possibilidade do uso de dietas com níveis reduzidos de proteína, além do incremento significativo da produção (SILVA *et al.*, 2009). Segundo Itani *et al.* (2009) a água além de não ser trocada, ainda pode ser reutilizada para novos cultivos, tendo em vista que o tanque ou viveiro já conta com uma microbiota bacteriana estabelecida e estável, diminuindo a emissão de poluentes da aquicultura.

Desta forma o presente trabalho teve como objetivo determinar os efeitos da interação entre a atividade de perifiton e o ajuste da relação C:N da água sobre a qualidade da água e o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo estocados em tanques externos de pequeno volume, sem renovação e aeração da água.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Condições Experimentais

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola - LCTA, integrante do Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, *Campus* do Pici, Fortaleza, Ceará. Um milheiro de juvenis pós-reversão de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, foram obtidos junto ao Centro de Pesquisa em Aquicultura Rodolpho Von Thering do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Os peixes foram transportados em sacos plásticos contendo um terço de água e dois terços de oxigênio, dentro de um isopor, até as instalações do LCTA.

Após a chegada ao LCTA, os peixes foram estocados em um tanque de 1000L com aeração constante para aclimação às condições laboratoriais por quatro dias, sem que houvesse nenhum manejo da água. Durante esse processo, os juvenis foram alimentados com ração balanceada para peixes tropicais, contendo 45% de proteína bruta, na taxa de 15% do peso vivo/dia, quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h). O experimento foi conduzido no pátio externo do LCTA (sistema de águas verdes). Esse sistema foi composto por 40 tanques circulares de polietileno de 250L de volume total, dos quais foram utilizados apenas 20 para o experimento (Figura 1). Os tanques de cultivo, portanto, estiveram expostos à ação da radiação solar e aos fatores ambientais (chuvas, ventos, etc.).

A água da companhia de abastecimento local já apresentava boa alcalinidade e dureza, não sendo necessária a calagem. A fertilização da água dos tanques foi feita com ração em pó para peixes (1 g/tanque/dia); nas duas semanas que antecederam o peixamento, foi feita a inoculação em todos os tanques com 50 mL de água verde/dia e a instalação dos substratos nos tanques designados para a fixação do perifiton. Após a biometria inicial, para determinação do peso médio dos peixes em cada tanque, os juvenis foram estocados nos tanques, na densidade de 10 juvenis/tanque<sup>-1</sup>. Os animais foram mantidos no sistema experimental por seis semanas. Não foi realizada nenhuma troca mecânica de água, havendo somente reposição de água para manter o nível do tanque, quando necessário, por ação da evaporação e da retirada de amostras para análises limnológicas.



FIGURA 1. Disposição das dos tanques experimentais

### 2.1.1 Estruturas para fixação do perifiton

Foram utilizadas estruturas de madeiras para a aderência do perifiton (Figura 2). Estas estruturas foram confeccionadas de modo que sua área total compreendesse a área da superfície do tanque que era de  $0,66 \text{ m}^2$ . No início, a área estrutural foi equivalente a da superfície, porém, ao observar que a estrutura flutuava, foi adicionado um lastro para que a estrutura permanecesse totalmente submersa, esse lastro foi também considerado parte da área total de fixação, aumentando-a para  $0,70 \text{ m}^2$ .



FIGURA 2. Estrutura utilizada para a fixação do perifiton

## 2.2 Delineamento Experimental

O experimento foi composto por um grupo-controle ( $\emptyset$ ) e três grupos experimentais (P, CN e CNP), com cinco repetições cada, segundo delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2X2 (Tabela 1).

TABELA 1. Delineamento experimental do projeto de pesquisa

Relação C: N da água	Substrato p/perifiton	
	Não	Sim
Não ajustada	$\emptyset$	P
Ajustada p/ 20:1	CN	CNP

A relação C: N da água nos tanques dos grupos CN e CNP foi ajustada semanalmente em função da concentração observada de N amoniacal total (NAT). Não foi feito o ajuste da relação C:N dos tanques dos grupos Ø e P. Como fonte de carbono foi utilizado o melaço em pó, considerando que o melaço, na base seca, possui 40% de carbono. Portanto, a quantidade de melaço que foi adicionada à água dos tanques CN e CNP foi calculada para chegar próximo da relação C:N desejada (20:1), a partir da concentração de NAT da água. O melaço em pó que foi adicionado ao tanque semanalmente era distribuído uniformemente na superfície da água e posteriormente misturado.

Durante o experimento, os animais foram alimentados com ração balanceada para peixes tropicais, correspondente à fase de vida em que se encontravam. As refeições diárias e taxas de arraçoamento foram administradas de acordo com a tabela-padrão do laboratório (Tabela 2).

TABELA 2 – Tabela de alimentação do LCTA (DEP/CCA/UFC) para juvenis de tilápia do Nilo

Peso do juvenil (g)	% biomassa/dia	Nº tratos/dia	Granulometria da ração (mm)
1.0 - 1.5	11.9	6	pó
1.5 - 2.0	10.5	6	pó
2.0 - 2.5	9.8	5	pó ou 0.8
2.5 - 3.0	9.1	5	pó ou 0.8
3.0 - 3.5	8.4	5	pó ou 0.8
3.5 - 4.5	7.7	4	pó ou 0.8
4.5 - 5.5	7.0	4	1.5 - 1.7
5.5 - 7.0	6.3	4	1.5 - 1.7
7.0 - 9.0	5.6	4	1.5 - 1.7
9.0 - 16.0	5.3	4	1.5 - 1.7
16.0 - 20.0	4.9	4	1.5 - 1.7

## 2.3 Variáveis Analisadas

Neste trabalho foram analisadas variáveis limnológicas, zootécnicas e de perifiton, como descrito a seguir.

### 2.3.1 Variáveis limnológicas

Em dois dias na semana, duas vezes ao dia, nos períodos de manhã e tarde, foram monitorados as seguintes variáveis de qualidade de água: pH, condutividade elétrica e temperatura, com o uso do pHmetro de bancada (Marconi PA 200) e condutivímetro (Schott handylab LF1) com termômetro, respectivamente. Além dessas, foram analisadas, no período da manhã, a cada duas semanas, as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido ( $O_2D$ ); dióxido de carbônico livre ( $CO_2$  livre); N amoniacal total (NAT); nitrito; fósforo reativo; dureza total e produtividade primária, sendo essas determinações analíticas realizadas de acordo com as recomendações da APHA (1999). Para a transparência da água foi utilizado um disco de Secchi.

### 2.3.2 Variáveis de desempenho zootécnico

Após a biometria inicial, foram realizadas a cada duas semanas biometrias parciais dos animais cultivados, utilizando uma amostra de 20% do número total de peixes estocados, e a partir do peso destes, estimou-se o peso total, exceto na biometria final quando foram capturados todos os indivíduos estocados. Foram observados a sobrevivência, peso corporal final, ganho em peso, produtividade e fator de conversão alimentar.

### 2.3.3 Variáveis de desenvolvimento do perifiton

Ao fim do experimento foi feita a raspagem do perifiton em uma área amostral da estrutura correspondente a 40 cm<sup>2</sup>. As amostras foram levadas, em placas de petri, previamente pesadas, à estufa, permanecendo por um período de um dia, para obtenção do peso seco. Definindo assim, a densidade de perifiton ao final do experimento.

## 2.4 Análises estatísticas

As variáveis de qualidade de água, desempenho produtivo e de perifiton foram analisadas utilizando ANOVA bifatorial onde a relação C:N e a presença de perifiton no tanque foram os fatores principais. Onde houve diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas duas a duas por meio do teste de Tukey. As pressuposições de distribuição normal e de homogeneidade de variância foram checadas antes das análises. Os dados de porcentagem e razão foram analisados após transformação em arcosseno. O nível de significância de 5% foi adotado em todos os testes estatísticos aplicados. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares SigmaStat for Windows (Jandel Statistics) e Excel 2007 (Microsoft Corp.).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Qualidade de água

Com relação a temperatura não foi observado variações significativas entre as médias dos tratamentos, tendo como máxima 28,8°C e mínima 24,4°C (08:00h), e máxima de 30,9°C e mínima de 27,3°C (16:00h).

Os valores de condutividade elétrica não apresentaram variações significativas entre suas médias, tendo como valor máximo 939  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e mínimo de 628  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (pela manhã) e máximo de 910  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e mínimo de 314  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (pela tarde). Tal decréscimo no valor da condutividade diária (manhã-tarde), provavelmente foi devido a absorção dos sais presentes na água pela biomassa planctônica durante o passar do dia.

A dureza total da água apresentou médias que variaram de 158,2 (mgL<sup>-1</sup>) a 171,1(mgL<sup>-1</sup>). Esses resultados indicam uma elevada presença de íons cálcio e magnésio na água, sendo assim considerada uma água dura.

Ao final do experimento foi realizada a raspagem do perifíton para a determinação de sua biomassa final. As médias obtidas foram 5g e 3g de biomassa perifítica para os tratamentos sem a adição de melão e com adição de melão, respectivamente. Sugerindo que a adição de carbono prejudicou de alguma forma o crescimento do perifíton. Tal efeito provavelmente pode ter relação com a concorrência entre a comunidade bacteriana e a comunidade perifítica por alguns nutrientes.

Nos tanques com perifíton, a aplicação de melão na água reduziu a transparência da água. Nos tanques sem perifíton, a aplicação de melão não afetou a transparência da água (Figura 3). Nos tanques que não receberam melão, o perifíton aumentou a transparência da água; nos tanques que receberam melão, não houve diferença na transparência da água dos tanques com ou sem perifíton (Figura 4).

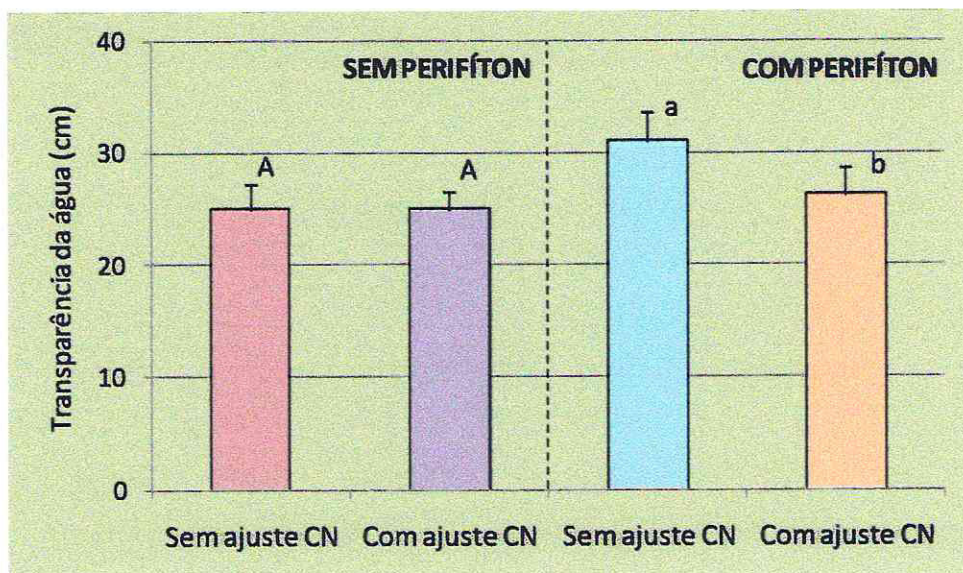


FIGURA 3- Transparência da água (leitura de Secchi) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

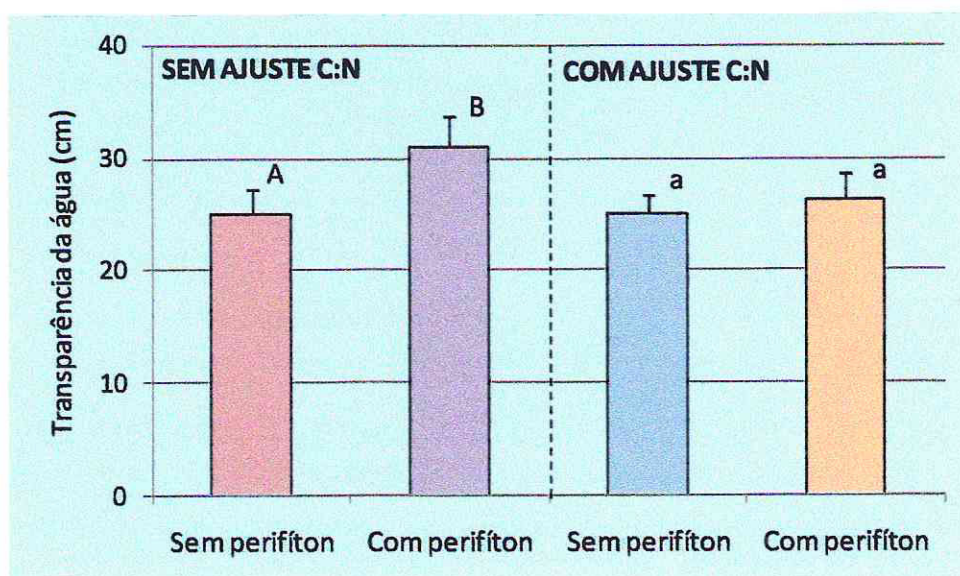


FIGURA 4 - Transparência da água (leitura de Secchi) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



O melão é fonte de carbono para o meio. Após sua decomposição, há liberação de  $\text{CO}_2$  para água que é utilizado pelas microalgas para fotossíntese. Daí a menor transparência da água nos tanques que receberam essa fonte adicional de carbono. Portanto, o melão agiu como fertilizante do fitoplâncton.

Esperava-se que o melão servisse como fonte de carbono para bactérias heterotróficas (bioflocos). No presente experimento, entretanto, o mesmo não ocorreu provavelmente por deficiência de oxigênio dissolvido na água suficiente para o bom desenvolvimento dos bioflocos. Asaduzzaman *et al* (2010b) observou que os tanques equipados com substratos para perifiton tinham uma concentração de planctôn semelhante aos tanques sem perifiton no tratamento com relação de C-N (10:1), uma menor quantidade planctônica com uma relação de C-N(15:1) e um volume ainda menor quando relação era de C-N(20:1), comparados com seus respectivos tratamentos sem a presença de substratos verticais para o desenvolvimento de perifiton. Sugerindo que quanto mais carbono era adicionado ao meio, menor era a biomassa planctônica, já que competia com uma grande quantidade de bactérias, aumentando a transparência da água. Porém tal efeito observou-se devido a presença de oxigênio dissolvido assegurada. Portanto, a aplicação de melão em sistemas de cultivo não suficientemente oxigenados pode levar ao inverso do esperado, ou seja, tornar o sistema ainda mais autotrófico (rico em microalgas) e não heterotrófico (rico em bioflocos).

Perifiton e fitoplâncton competem por nutrientes. A presença do perifiton no meio tende a diminuir a densidade de microalgas. Essa competição foi menor nos tanques que receberam o melão. Esses resultados sugerem que a aplicação de melão na água de cultivo prejudicou o desenvolvimento do perifiton.

A colocação das estruturas para perifiton nos tanques reduziu as concentrações de  $\text{O}_2\text{D}$ , especialmente nos tanques que receberam melão (Figura 5). A aplicação de melão na água reduziu as concentrações de  $\text{O}_2\text{D}$  da água (Figura 6).

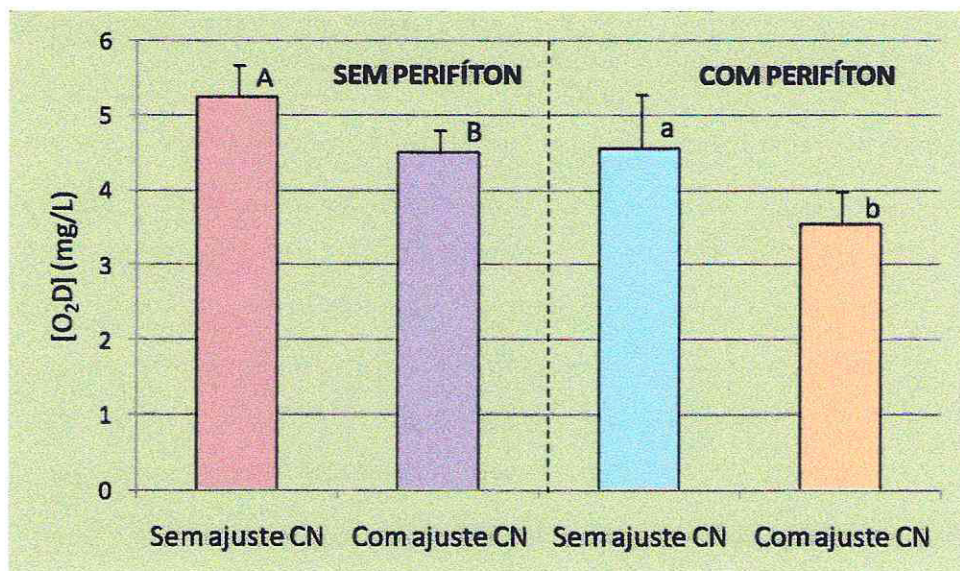


FIGURA 5 - Concentração de oxigênio dissolvido na água (9 - 10 h) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melão para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifíton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

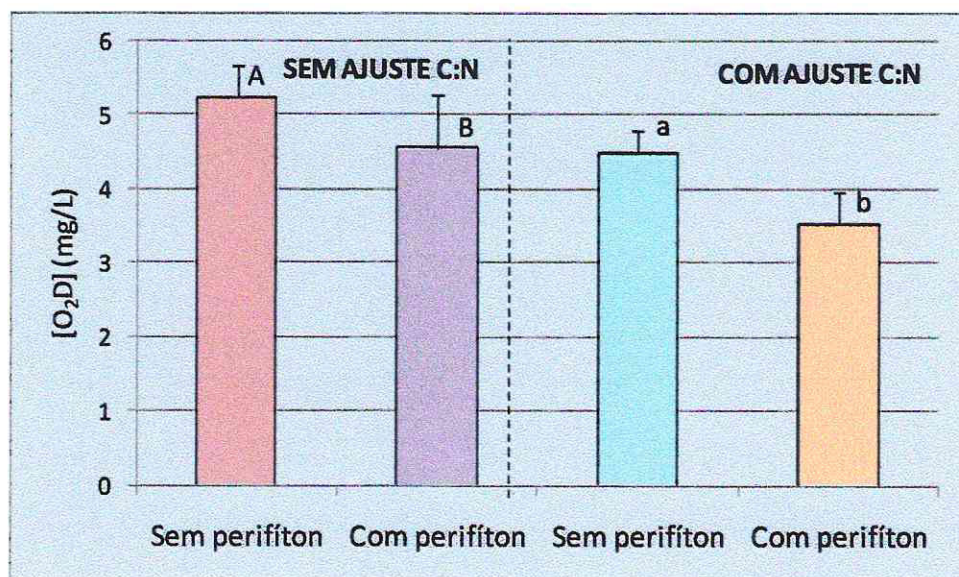


FIGURA 6 - Concentração de oxigênio dissolvido na água (9 - 10 h) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melão para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 100 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A concentração de matéria orgânica, aliada às altas temperaturas, contribui decisivamente para o grau de desoxigenação da água (ESTEVES 1998). Melaço é matéria orgânica (carboidrato). Sua decomposição na água reduz as concentrações de oxigênio dissolvido. Este é o risco de se aplicar melaço em sistemas não suficientemente aerados. Pode causar estresse respiratório nos animais (ou mesmo morte). Asaduzzaman (2008), observou que aumentando a relação C / N de 10-20:1 elevou o teor de O<sub>2</sub> dissolvido da água 4,6-5,3 mg L<sup>-1</sup> pela manhã e 6,1-6,7 mg L<sup>-1</sup> à noite. Já a presença do perifiton não influenciou o teor de O<sub>2</sub> dissolvido. Embora o perifiton possa fazer fotossíntese durante o dia, à noite apenas consumirá O<sub>2</sub>D. Logo, o perifiton, em sistemas mal-dimensionados, pode aumentar a demanda por O<sub>2</sub> do meio.

A colocação das estruturas para perifiton nos tanques reduziu o pH da água (Figura 7). A aplicação de melaço na água reduziu o pH da água (Figura 8).

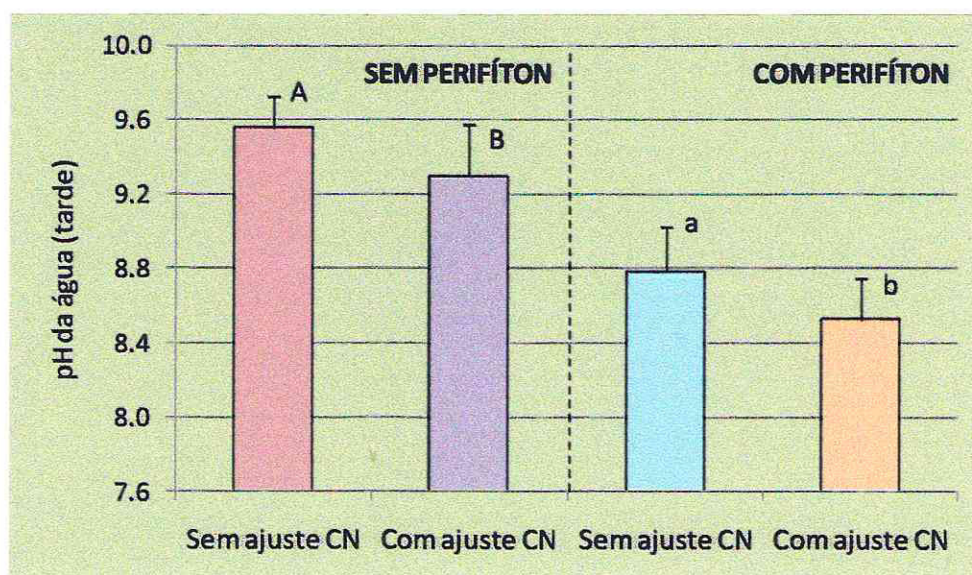


FIGURA 7 - pH da água (15 h) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

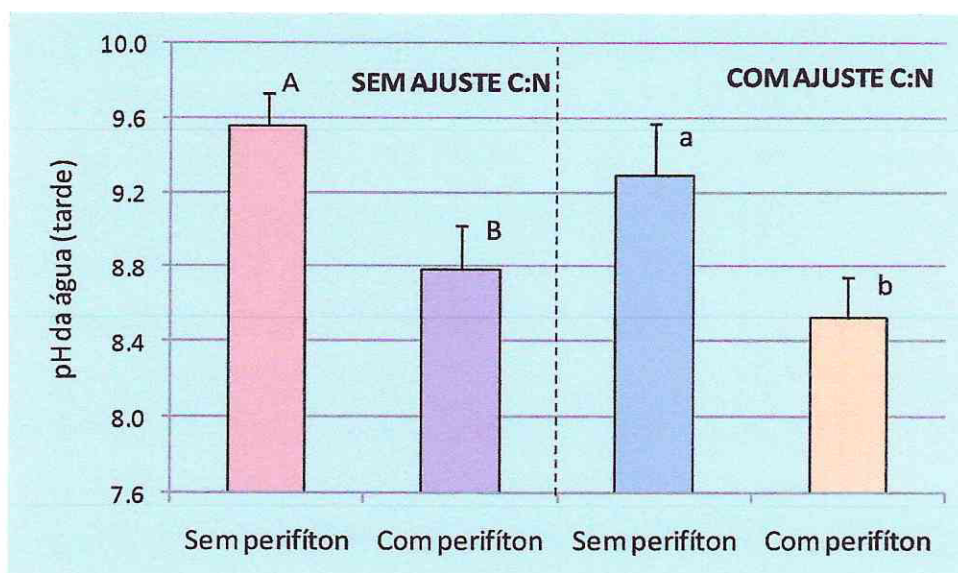


FIGURA 8 - pH da água (15 h) de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melão para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes. Na maioria das águas naturais o pH da água é influenciado pela concentração de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVEZ, 1998). No caso do presente trabalho, após decomposição do melão e liberação de  $CO_2$  para água, houve acidificação da água pelo ácido carbônico.

Mais perifíton representou uma maior quantidade de biomassa no tanque e, conseqüentemente, mais detritos orgânicos em decomposição, gerando mais  $CO_2$  na água, e menor pH.

A colocação das estruturas para perifíton nos tanques elevou as concentrações de  $CO_2$  livre na água, apenas nos tanques que receberam melão. Nos que não receberam melão, o perifíton não afetou a concentração de  $CO_2$  (Figura 9). A aplicação de melão na água aumentou as concentrações de  $CO_2$  livre apenas nos tanques com perifíton. Nos tanques sem perifíton, não houve diferença entre os tanques com ou sem aplicação de melão (Figura 10).

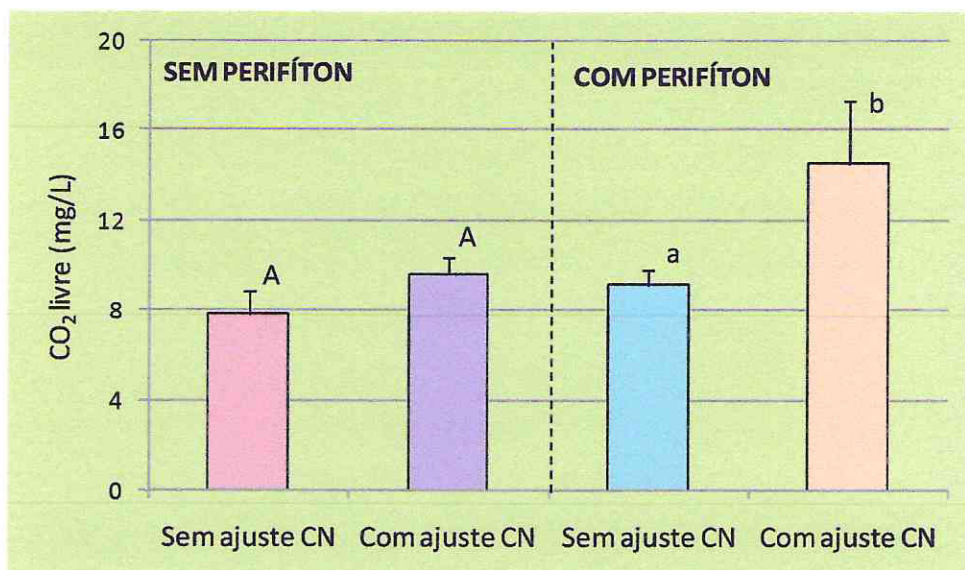


FIGURA 9 - Concentração de CO<sub>2</sub> livre na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = 0,43 ± 0,03 g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média ± d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifíton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

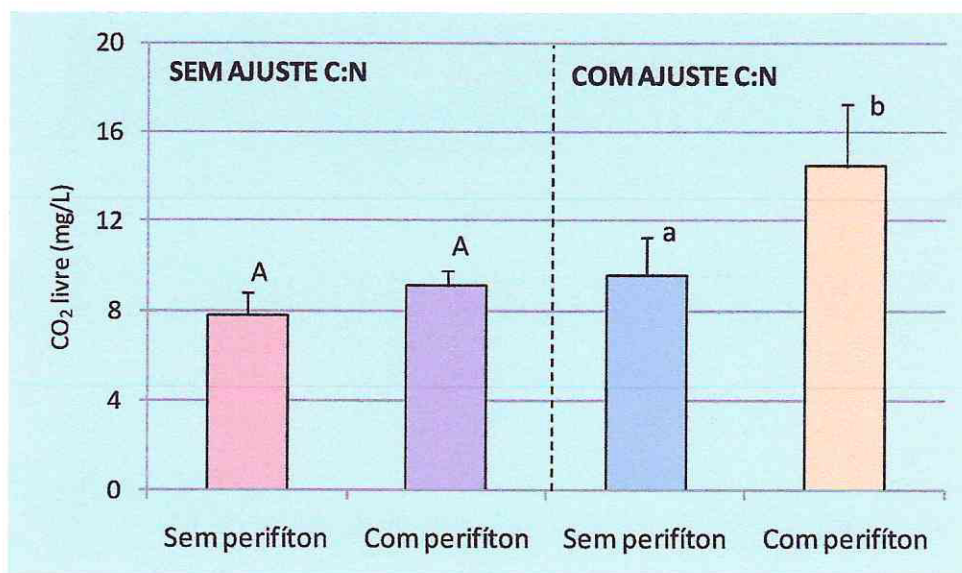


FIGURA 10 - Concentração de CO<sub>2</sub> livre na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = 0,43 ± 0,03 g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média ± d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O CO<sub>2</sub>, presente no meio aquático, pode ter várias origens, sendo que as principais são: atmosfera, chuva, águas subterrâneas, decomposição de matéria orgânica e respiração de organismos (ESTEVES, 1998). No caso do presente experimento houve somatório da contribuição do melão e dos detritos orgânicos na produção de CO<sub>2</sub> para água. Ou seja, quando havia melão e perifíton, observou-se mais CO<sub>2</sub> na água. O tratamento que recebeu melão e perifíton apresentou níveis estressantes de CO<sub>2</sub>, tendo em vista que o limite crítico para estresse de organismos aquáticos, que é de 10 mg L<sup>-1</sup> (BOYD; TUCKER, 1998).

A aplicação de melão, ao invés de diminuir o NAT, aumentou sua concentração na água dos tanques sem perifíton. Nos tanques com perifíton, houve elevação do NAT com a aplicação de melão, mas não significativa (Figura 11). A colocação das estruturas para perifíton não afetaram o NAT, tanto nos tanques sem ajuste como nos tanques com ajuste da relação C:N (Figura 12).

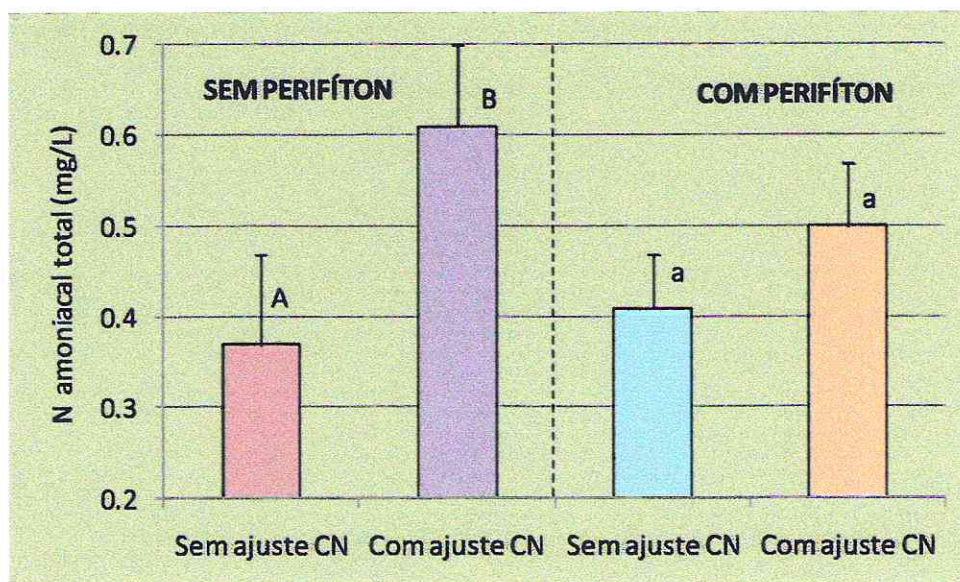


FIGURA 11 - Concentração de nitrogênio amoniacal total na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melão para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = 0,43 ± 0,03 g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média ± d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifíton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

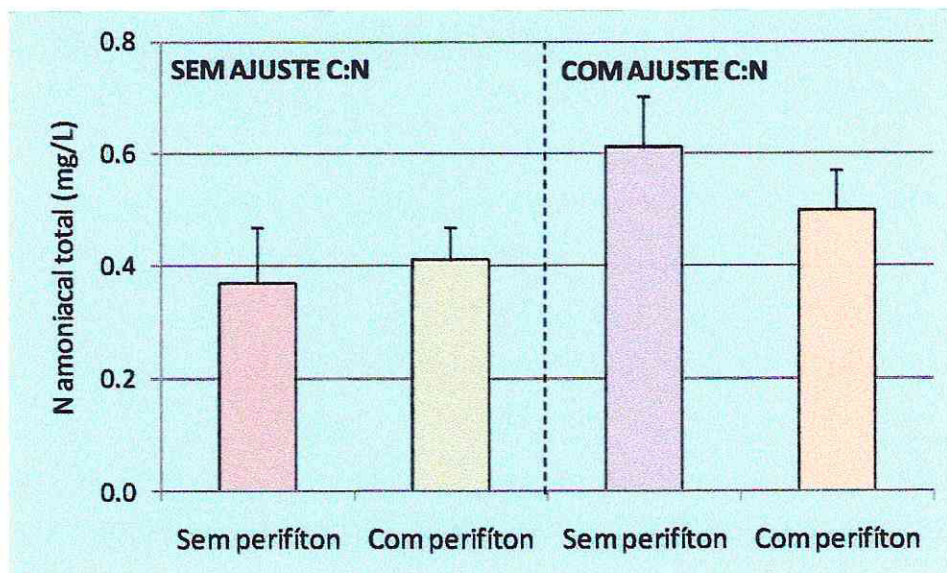


FIGURA 12 - Concentração de nitrogênio amoniacal total na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melão para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), as diferenças observadas entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ).

A insuficiente suspensão da matéria orgânica do fundo (pela ausência de aeração da água) e sua oxigenação não propiciaram bom desenvolvimento de bioflocos nos tanques experimentais. Sem bioflocos, não houve maior remoção de NAT da água, como esperado. Sesuk *et al* (2009) comprovaram que manutenção da água completamente misturada foi essencial para o desempenho do sistema, pois ajudou a impedir que as partículas sólidas se sedimentassem, passando por uma degradação anaeróbia no assoalho do tanque podendo produzir metabólitos tóxicos, que são prejudiciais aos peixes e as bactérias nitrificantes.

A esperada suspensão da matéria orgânica do fundo pela movimentação dos peixes não aconteceu ou não foi capaz de manter os detritos orgânicos devidamente em suspensão na água, o que, se caso ocorresse, talvez permitisse o desenvolvimento dos bioflocos. Porém uma presença de sólidos em suspensão em níveis excessivos também seria indesejável, pois eles podem danificar as brânquias dos peixes, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio, e assim diminuindo a eficiência da nitrificação (Zhu; Chen, 2001).

Os resultados de NAT nos tanques com melão e perifíton, ou seja, com mais matéria orgânica no meio, embora não significativos, sugerem que o perifíton atuou como biofiltro, reduzindo o nitrogênio amoniacal total [NAT] da água. Azim *et al* (2001b) também registrou menores concentrações de amônia total nos tratamentos com substrato em

comparação com grupos controle, e relacionou o resultado à maior taxa de nitrificação encontrada nos substratos.

A colocação das estruturas para perifíton nos tanques aumentou as concentrações de nitrito apenas nos tanques que receberam melaço (Figura 13). A aplicação de melaço na água aumentou as concentrações de nitrito nos tanques com perifíton. Nos tanques sem perifíton, não houve diferença entre os tanques com e sem melaço (Figura 14).

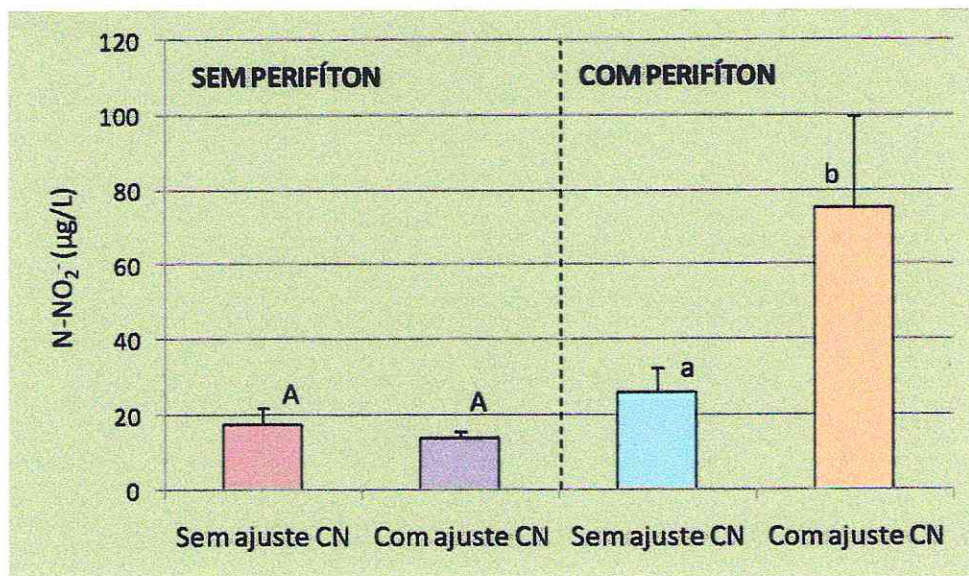


FIGURA 13 - Concentração de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (µg/L) na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = 0,43 ± 0,03 g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média ± d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifíton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).



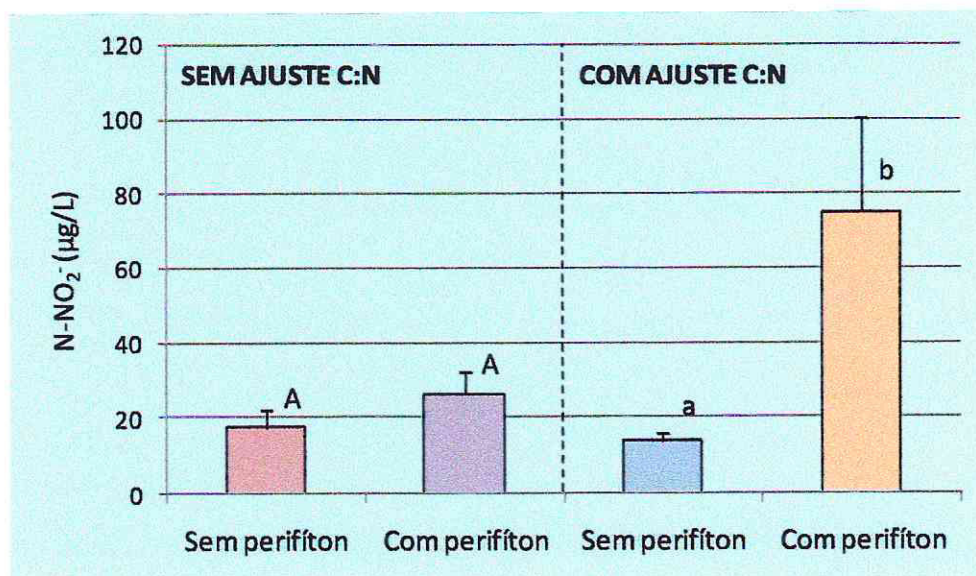


FIGURA 14 - Concentração de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (µg/L) na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial = 0,43 ± 0,03 g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média ± d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C: N da água), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados (ESTEVES, 1998). Porém a combinação de maior concentração de detritos orgânicos protéicos (de origem do perifiton), com pouco oxigênio dissolvido, resultou em maior produção de nitrito na água. Em tanques tradicionais, a área de superfície principal para nitrificação é o sedimento, onde a disponibilidade de oxigênio é o fator limitante. Colocando-se substratos na coluna d'água onde o oxigênio é mais disponível, a nitrificação é maior, transformando mais amônia em nitrito e nitrato (AZIM *et al.*, 2002). A amônia é convertida a nitrato a partir do processo de nitrificação, e o nitrito é formado como um produto intermediário. Se a conversão para nitrato é impedida, por falta de oxigênio, concentrações significantes de nitrito podem se acumular no ambiente (THURSTON *et al.*, 1978).

A colocação das estruturas para perifiton nos tanques reduziu as concentrações de fósforo reativo, apenas nos tanques que receberam melaço (Figura 15). A aplicação de melaço na água aumentou as concentrações de fósforo reativo (Figura 16).

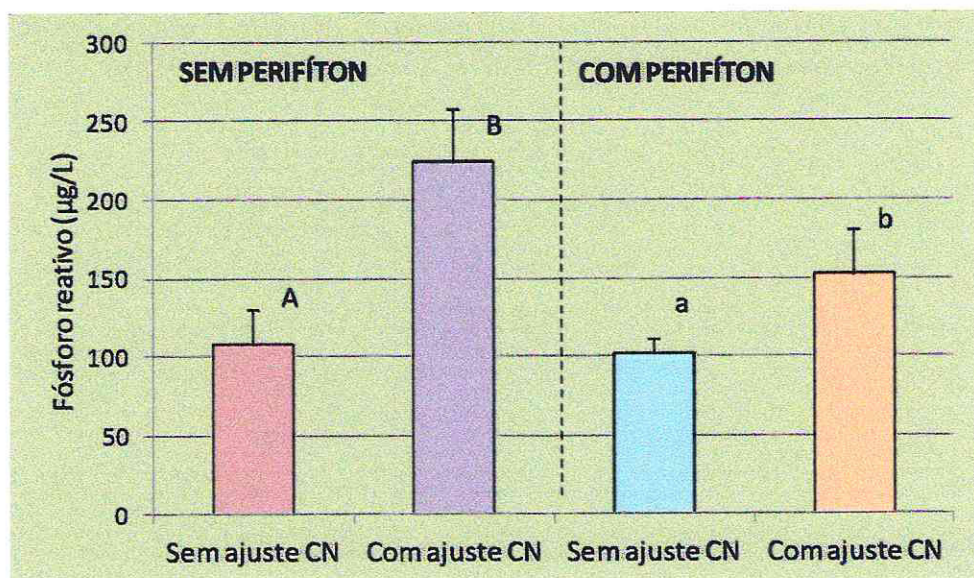


FIGURA 15 - Concentração de fósforo reativo ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem perifíton), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

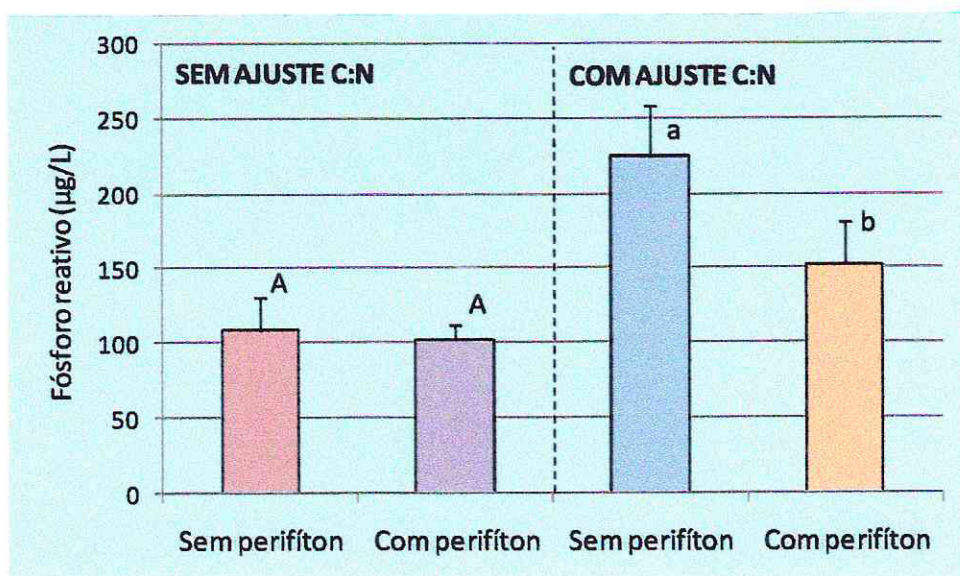


FIGURA 16 - Concentração de fósforo reativo ( $\mu\text{g/L}$ ) na água de tanques cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.;  $n = 5$ ). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O perifiton, assim como o fitoplâncton, assimila o fósforo reativo da água para seu crescimento. Esse efeito foi mais evidente quando a concentração de fósforo reativo na água era maior (tanques com melaço e perifiton).

O melaço contém, em média, 80 mg de fósforo/100 g de produto (na matéria natural; ROSTAGNO, 2000). Logo, o melaço age também como fonte de fósforo para o meio. Segundo Boyd (1997), os viveiros geralmente respondem com grande crescimento de microalgas quando as concentrações de fósforo são elevadas.

Em cada caso (com ou sem perifiton), o ajuste da relação C:N não influenciou a produtividade primária fitoplanctônica- PPF líquida dos tanques (Figura 17). Nos tanques nos quais se aplicou o melaço, a PPF líquida foi maior nos tanques com perifiton do que nos tanques sem perifiton. Nos tanques sem ajuste da relação C:N, não houve diferença significativa na PPF líquida entre os tanques com ou sem perifiton (Figura 18).

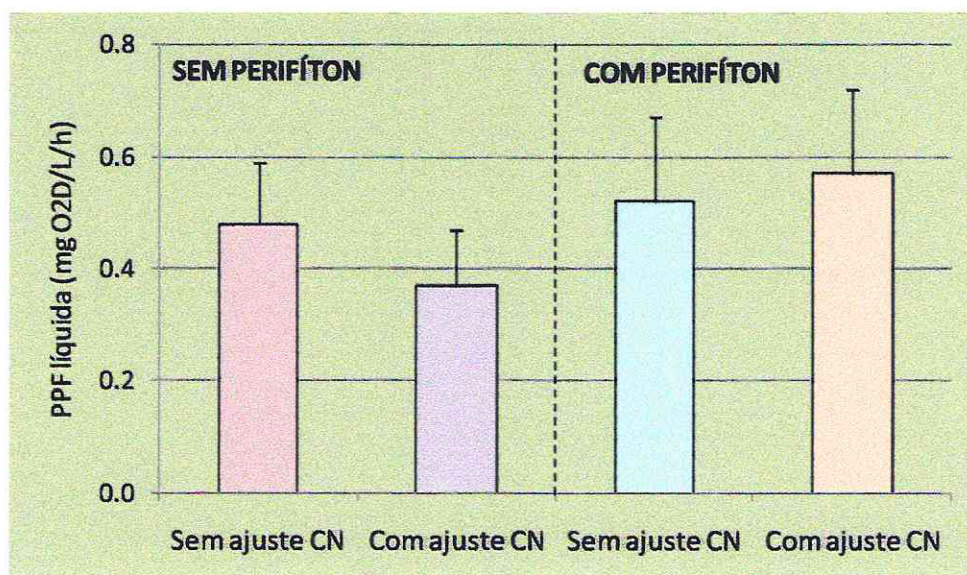


FIGURA 17 - Produtividade primária fitoplanctônica líquida de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifiton e receberam ou não aplicação de melaço para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem perifiton), as diferenças observadas entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ).

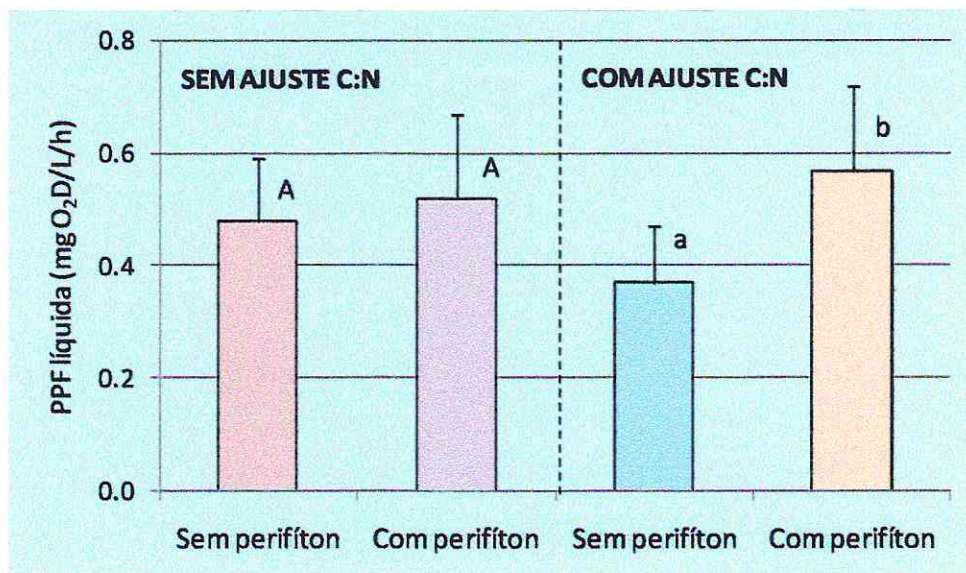


FIGURA 18 - Produtividade primária fitoplanctônica líquida de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que apresentavam ou não substrato submerso para perifíton e receberam ou não aplicação de melação para ajuste da relação C: N. Dez juvenis de tilápia (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g) foram estocados em cada tanque circular de polietileno de 250 L, em ambiente externo, por 6 semanas (média  $\pm$  d.p.; n = 5). Em cada caso (com ou sem ajuste da relação C:N), médias com letras maiúsculas ou minúsculas distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A concentração de nutrientes tem papel fundamental sobre a produção primária fitoplanctônica (ESTEVES, 1998). Assim, esses resultados sugerem que a competição entre fitoplâncton e o perifíton pelos fatores abióticos do meio foi menor nos tanques que receberam melação, já que este funcionou como fertilizante. Asaduzzaman *et al* (2010b) observaram que a adição de substratos diminuiu o biovolume de plâncton na coluna de água em 14%. Um provável motivo, além da competição nutricional, seria o efeito do sombreamento causado pelas estruturas diminuindo a disponibilidade de luz para as microalgas suspensas.

Esperava-se queda na comunidade fitoplanctônica com o desenvolvimento dos bioflocos (aplicação de melação). No presente trabalho, o mesmo não aconteceu, sugerindo que a insuficiente oxigenação/aeração da água dos tanques não permitiu o bom desenvolvimento dos bioflocos (embora tenha havido o ajuste da relação C: N).

### **3.2. Desempenho zootécnico**

As estruturas submersas para perifiton influenciaram negativamente o crescimento dos peixes, principalmente nos tanques onde não foi feito o ajuste da relação C: N. O ajuste da relação C: N da água não afetou o desempenho zootécnico dos peixes (Tabela 3).

TABELA 3 - Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,43 \pm 0,03$  g), mantidos por 6 semanas em tanques circulares de polietileno de 250 L (10 peixes/tanque), em ambiente externo, com ou sem substrato para desenvolvimento de perifiton e ajuste da relação C: N da água (média  $\pm$  d.p; n = 5).

Variável	Substrato para perifiton <sup>1</sup>	Ajuste da relação C: N <sup>2</sup>	
		Não	Sim
Sobrevivência final (%)	Não	$98 \pm 1,5$	$100 \pm 0,0$
	Sim	$98 \pm 1,5$	$100 \pm 0,0$
Peso corporal final (g)	Não	$15,01 \pm 1,14$ A <sup>3</sup>	$14,22 \pm 1,02$ A
	Sim	$13,63 \pm 0,37$ B	$13,19 \pm 1,48$ B
TCE <sup>4</sup> (% PC/dia)	Não	$8,38 \pm 0,23$	$8,35 \pm 0,08$
	Sim	$8,27 \pm 0,09$	$8,12 \pm 0,27$
Produtividade de pescado (g/m <sup>3</sup> )	Não	$587,8 \pm 47,0$ A	$568,7 \pm 40,9$ A
	Sim	$531,1 \pm 21,6$ B	$527,5 \pm 59,4$ B
FCA <sup>5</sup>	Não	$0,74 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,04$
	Sim	$0,69 \pm 0,05$	$0,69 \pm 0,04$

#### Probabilidade da ANOVA bifatorial

Fator	Sobrev	PCf	TCE	Prod	FCA
Substrato p/perifiton	ns <sup>6</sup>	0,024	ns	0,025	ns
Ajuste C: N	ns	ns	ns	ns	ns
Interação Subst x C:N	ns	ns	ns	ns	ns

1 Em cada tanque designado, colocou-se, duas semanas antes do povoamento dos tanques, uma estrutura de madeira com lastro de tijolo, totalmente submersa, para desenvolvimento de perifiton (área superficial = ... cm<sup>2</sup> ou % da área do espelho d'água do tanque).

2 A relação C: N da água de cultivo foi ajustada para 20: 1 pela aplicação semanal de melaço nos tanques designados. A concentração de nitrogênio amoniacal total da água foi utilizada no cálculo como sendo igual a concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido total na água.

3 Para cada variável, letras distintas em uma mesma coluna indicam que a diferença entre as médias é significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey; ausência de letras indica que não há diferença significativa entre as médias ( $P > 0,05$ ).

4 Taxa de crescimento específico (% peso corporal por dia) =  $[(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / \text{dias de cultivo}] \times 100$ .

5 Fator de conversão alimentar = ração ofertada aos peixes (g)/ganho em peso corporal (g).

6 Não significativo ( $P > 0,05$ ).

Esses resultados sugerem que houve super-dimensionamento das estruturas utilizadas como substrato para desenvolvimento de perifiton, no presente trabalho. Como a oferta de alimento aos peixes não foi um fator limitante ao crescimento (não se fez nenhuma restrição alimentar), o perifiton que se desenvolveu nos tanques representou apenas biomassa de matéria orgânica extra no meio, aumentando a demanda do sistema por oxigênio dissolvido na água. Essa suposição foi confirmada pelos resultados de  $O_2D$  na água. Asaduzzaman (2008) observou que para *Macrobrachium rosenbergii*, a adição de substratos não influenciou no peso final, no momento da despesca, mas melhorou a sobrevivência.

Portanto, o perifiton poderá ser benéfico ao cultivo de peixe quando realizado em sistemas semi-extensivos ou semi-intensivos, nos quais há uma restrita oferta de alimentação exógena (ração). Porém, o perifiton poderá ser maléfico ao cultivo em sistemas intensivos, com alta densidade de estocagem, nos quais se pratique elevadas taxas de arraçoamento.

Sob condição aeróbias, a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias heterotróficas, leva à produção de novas células microbianas, totalizando de 40-60% da matéria orgânica metabolizada (AVNIMELECH, 1999). Portanto, o aumento da população bacteriana tem função no desmpenho zootécnico, tanto como controle da qualidade de água, consumindo metabolitos considerados toxicos aos peixes, que prejudicariam seu crescimento, como também são fontes de alimento com um alto teor proteico. Porém, a falta de aeração/oxigenação da água no presente trabalho impediu o bom desenvolvimento dos flocos bacterianos nos tanques. Como consequência, não se obteve os esperados benefícios dos bioflocos no crescimento e conversão alimentar dos peixes cultivados.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, podemos concluir que:

1. Em sistemas intensivos de piscicultura, a movimentação dos peixes na água é incapaz de ressuspender para a coluna d'água, de forma eficiente, todos os detritos orgânicos existentes no fundo, visando criar condições favoráveis para o desenvolvimento de bioflocos. Portanto, faz-se indispensável o emprego de aeração mecânica da água para obtenção dos benefícios do sistema de cultivo de peixes em bioflocos, tais como melhor qualidade de água e melhor desempenho zootécnico.
2. Apenas o ajuste da relação C:N da água é insuficiente para assegurar bom desenvolvimento de bioflocos na água. Há que se empregar os meios necessários para a manutenção dos detritos orgânicos em suspensão na coluna d'água e para obtenção de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido.
3. Deve-se dimensionar com cautela as estruturas submersas a serem usadas para desenvolvimento de perifíton em tanques de peixes. O sub-dimensionamento das estruturas leva ao insucesso por não permitir bom desenvolvimento de perifíton (maior oferta de alimento natural e ação como biofiltro). Por outro lado, o super-dimensionamento das estruturas também pode ser prejudicial ao cultivo por representar forte aumento na demanda do sistema por oxigênio dissolvido na água, o que pode levar à hipóxia e anóxia.



## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20th ed. Washington, 1999.

ASADUZZAMAN, M. *et al.* C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 208, p. 117-123, 2008.

ASADUZZAMAN, M. *et al.* C:N-controlled, periphyton system boosts production in stagnant ponds. **Global Aquaculture Advocated**, v. 13, p. 76-77, nov./dec. 2010a.

ASADUZZAMAN, M. *et al.* Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 306, p. 127-136, 2010b.

AVNIMELECH, Y. C/N ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 176, p. 227-235, 1999.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 283, n. 1-4, p. 29-35, 2008.

AZIM, M. E. *et al.* Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla *Catla catla* Ham. in a periphyton- based aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 33-49, 2001a.

AZIM, M. E. *et al.* The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Hamilton and *Labeo gonius* Linnaeus. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 209- 216, 2001b.

AZIM, M. E. *et al.* A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 212, p. 227-243, 2002.

BARDACH, J. E. **Sustainable Aquaculture**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

BOYD, C. E. **Pond bottom soil and water quality management for pond aquaculture**. Alabama: ASA, 1997.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Ponds aquaculture water quality management**. [Boston]: Kluwer Academic Publishers, 1998.

BURFORD, M. A. *et al.* The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity zero-exchange system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 232, n. 1/4, p. 525-537, 2004.

CAMARGO, S. G. O.; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura: um mercado em expansão. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, out./dez. 2005.

EMERENCIANO, M. G. C. *et al.* Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico, **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2010.

HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770-776, 2010.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 417-513, 2006.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. **Panorama da aquicultura**, Rio de Janeiro, n. 125, p. 14-23, mai./jun. 2011.

KUHN, D. D. *et al.* Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 296, p. 51-57, 2009.

MIDLEN, A.; REDDING, T. **Environmental management for aquaculture**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998.

MILSTEIN, A.; PERETZ, Y.; HARPAZ, S. Culture of organic tilapia to market size in periphyton-based ponds with reduced feed inputs. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 55-59, 2009.

- MIRES, D. Aquaculture and the aquatic environment: mutual impact and preventive management. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgheh, v. 47, p. 163-172, 1995.
- RAY, A. J. *et al.* Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant based feed in minimal□exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 299, p. 89-98, 2010.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: Tabelas Brasileiras**. Viçosa, MG: UFV, 2000.
- SEKUK, T.; POWTONGSOOK, S.; NOOTONG, K. Inorganic nitrogen control in a novel zero-water exchanged aquaculture system integrated with airlift-submerged fibrous nitrifying biofilters. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 2088-2094, 2009.
- SILVA, U. L. *et al.* Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.
- SLÁDECKOVÁ, A. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. **Bot. Rev.**, v. 28, n. 2, p. 286-350, 1962.
- TACON, A. G. J. *et al.* Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 2, p. 121-137, 2002.
- THURSTON, R. V.; RUSSO, R.; SMITH, C. E. Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat Trout fry. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 107, n. 2, p. 361-368, 1978.
- UDDIN, M. S. *et al.* The potential of mixed culture of genetically improved farmed tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* in periphyton-based systems. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 37, p. 241- 247, 2006.
- UDDIN, M. S. *et al.* Technical evaluation of tilapia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilapia-prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, p. 232- 240, 2007.
- WASIELSKY JR. *et al.* Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, p. 396-403, 2006.

WETZEL, R. G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators.  
**Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 24, p. 6-24, 1990.

ZHU, S.; CHEN, C. Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film biofilters.  
**Aquacultural Engineering**, v. 25, p. 1-13, 2001.