

## **EFEITOS DO ENRIQUECIMENTO ARTIFICIAL SOBRE O REGIME DE LUZ SUBAQUÁTICO E DINÂMICA DE NUTRIENTES EM MESOAMBIENTES COM PISCICULTURA**

Patrícia Silva CRUZ<sup>1</sup>, Beatriz Susana Ovruski de CEBALLOS<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, E-mail: [patriciacruz\\_biologa@hotmail.com](mailto:patriciacruz_biologa@hotmail.com)

**RESUMO:** O presente estudo objetivou avaliar através de experimentos em mesocosmos os possíveis efeitos da atividade da piscicultura sobre o clima de luz subaquático e estado trófico, identificando possíveis condições limitantes de luz e nutrientes. O estudo foi realizado no período de janeiro a maio de 2010, com amostragens realizadas em intervalos quinzenais na subsuperfície. Em geral, o aumento do aporte de nutrientes provenientes da piscicultura promove redução da transparência da água e, conseqüentemente limitação por luz, relacionados com o incremento das atividades metabólicas dos peixes. A variação na disponibilidade de luz foi um dos principais atributos relacionados à mudança na composição das algas planctônicas nos diferentes tratamentos, visto que o fitoplâncton é a maior fonte de turbidez em viveiros de piscicultura, sendo as técnicas de manejo, como adição de ração, uma das práticas que podem potencializar o crescimento fitoplanctônico, diminuindo assim a penetração de luz no sistema, ocasionando perturbações nos ecossistemas. A limitação por nitrogênio ocorrido em ambientes tropicais ocorre possivelmente devido a maior quantidade de fósforo nesses ambientes, relacionados à decomposição da matéria orgânica.

**Palavras-chave:** Mesocosmos, Limitação de luz, Piscicultura.

### **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, a preocupação com a conservação e recuperação e de ambientes rasos é crescente, principalmente por serem estes reconhecidamente vulneráveis a interferências antropogênicas e predominantes na paisagem do semiárido nordestino. Em estado prístino, estes lagos apresentam “águas claras” (SCHEFFER, 2001), no entanto, cargas de nutrientes podem alterar tais características promovendo o desaparecimento de macrófitas aquáticas e a ressuspensão dos sedimentos. Desta forma, percebe-se a indução de mudanças na dinâmica do ecossistema, claramente influenciados por ação antrópica (SCHEFFER, 2003). Neste contexto, pode ser a piscicultura uma ação antropogênica de impacto, induzindo o sistema a possíveis mudanças no estado trófico e aumentando a turbidez? A partir desta pergunta, foi formulada a seguinte hipótese: aumento do aporte de nutrientes provenientes da piscicultura promovem redução da transparência da água e, conseqüentemente limitação por luz e, em contrapartida aumento da concentração de nutrientes. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar através de experimentos em mesocosmos os possíveis efeitos da atividade da piscicultura sobre o clima de luz subaquático e estado trófico, identificando possíveis condições limitantes de luz e nutrientes.

## 2 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no Setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (DZ/CCA/UFPB), utilizando-se mesocosmos construídos com sacos de polietileno transparente (0,2mm de espessura), e armações circulares de alumínio (1,0m de diâmetro), além de estruturas suporte para fixação das bóias (garrafas “pet”), seguindo as recomendações de Arcifa; Guagnoni (2003). Os mesoambientes ficaram abertos na parte superior a 30 cm acima da superfície da água e o fundo (1m de profundidade), foi fechado, sem contato com o sedimento, alocados de forma casualizada em viveiros escavados em terreno natural. Foram definidos 5 tratamentos (com 3 repetições cada) - (Tabela 1), seguindo as recomendações para cultivo de tilápias (Kubitza, 2003) e desenvolvido ao longo de 5 meses (Janeiro a Maio de 2010).

**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos nos experimentos em mesocosmos com criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*).

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
Tratamento (T <sub>1</sub> )	(Controle – sem adubação e sem Tilápias)
Tratamento 2 (T <sub>2</sub> )	Sem adubação + 5 Tilápias
Tratamento 3 (T <sub>3</sub> )	14,88g Superfosfato Simples + 4,96g de Sulfato de Amônia + 5 Tilápias
Tratamento 4(T <sub>4</sub> )	15,32g de Superfosfato Simples + 5,11g de Sulfato de Amônia + 5 Tilápias
Tratamento 5 (T <sub>5</sub> )	15,62g de Superfosfato Simples + 5,21g de Sulfato de Amônia + 5 Tilápias

A coleta, transporte, preservação e análises das amostras seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Na Tabela 2, estão descritas as metodologias utilizadas.

**Tabela 2:** Métodos utilizados na análise das variáveis de qualidade da água.

VARIÁVEL	UNIDADE	MÉTODO	ANOTAÇÕES
Temperatura da água	°C	Eletrométrico	Oxímetro Digimed
Transparência e Zona Eufótica	M	Disco de Secchi	Esteves, 1998
Condutividade elétrica	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Eletrométrico	Condutivímetro da marca Lutron modelo 4303.
Oxigênio Dissolvido	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Titrimétrico	Winkler modificado (GOLTERMAN, 1978)
pH	-----	Potenciométrico	pHmetro Tecnal modelo TEC3MPpV:9VDC
N-NH <sub>4</sub>	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Indofenol	APHA (1998)
N-NO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Colorimétrico	APHA (1998)
N-NO <sub>3</sub>	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Coluna de cádmio	APHA (1998)
Fósforo total	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Ácido ascórbico	APHA (1998)
Fósforo Solúvel	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Ácido ascórbico	APHA (1998)
Reativo Clorofila a	( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	Extração Acetona	LORENZEN (1967)

A transparência da água (m) dos mesocosmos foi calculada através da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi ( $Z_{ds}$ ), correspondente a 10% da luz incidente na superfície (COLE, 1983). O coeficiente de atenuação vertical da luz ( $k_0$ ) foi calculado por meio da relação  $k = 1,7 \times Z_{ds}^{-1}$  (POOLE; ATKINS, 1929), sendo utilizado como medida de estresse (PADISÁK et al., 1990). A zona eufótica ( $Z_{eu}$ ) foi calculada empiricamente multiplicando o valor obtido pelo disco de Secchi (10% de incidência de luz) por 2,7 (COLE, 1983). A zona de mistura ( $Z_{mix}$ ) foi considerada equivalente a  $Z_{max}$  dos mesocosmos ( $Z_{max}=1$  m). A razão entre  $Z_{eu}/Z_{mix}$  foi utilizada como índice de avaliação de disponibilidade de luz na camada de mistura (JENSEN et al., 1994). Foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP), a partir das matrizes de covariância, com os dados transformados por ranging. Os programas utilizados foram o FITOPAC (SHEPHERD, 1996) para a transformação dos dados e PC-ORD, versão 3.0 para Windows (McCUNE; MEFFORD, 1997), para a execução da análise.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a temperatura da água nos mesoambientes, a mesma apresentou variação dos valores, tanto temporal quanto entre os distintos tratamentos, não excedendo  $\pm 5$ . As temperaturas no controle ( $T_1$ ), durante o período de estudo, atingiram valores mínimos de  $25^\circ\text{C}$  e máxima de  $28,5^\circ\text{C}$ . Nos meses de janeiro, fevereiro, março e maio, os mesoambientes  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ , apresentaram valores mínimos de  $25^\circ\text{C}$  e máximos de  $30^\circ\text{C}$ . O pH registrou valores entre 5,4 a 8,7, evidenciando diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,0001$  e  $F = 2.552$ ). Redução dos valores foi identificada nos tratamentos  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ , a partir da 6ª semana.

A concentração média de oxigênio dissolvido apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,0023$  e  $F = 4.174$ ), onde os mesoambientes controle apresentaram valores mais elevados em relação aos ambientes fertilizados, com valores entre  $1,75$  e  $2,54 \text{ mg.L}^{-1}$  em  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$  a partir do 63º dia. A partir do 76º dia, as concentrações de oxigênio nos ambientes com  $T_3$  e  $T_5$  foram inferiores a  $2 \text{ mg.L}^{-1}$ , causando a morte de alguns peixes.

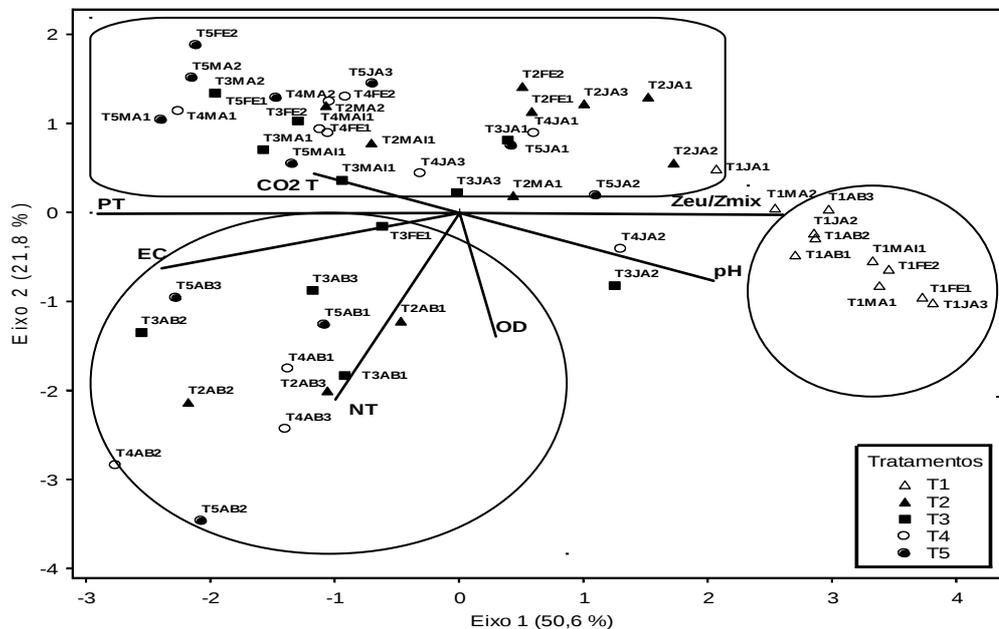
A condutividade elétrica dos mesoambientes controle ( $T_1$ ) mantiveram-se entre  $215,85$  e  $278,90 \mu\text{S/cm}$ . Nos mesocosmos com peixes e sem adubação ( $T_2$ ), a condutividade aumentou significativamente a partir do 21º dia ( $p = 0,00358$  e  $F = 2.552$ ), variando entre  $123,55$  e  $330,55 \mu\text{S/cm}$ . O mesmo comportamento ocorreu mais rápido e intensamente, a partir do 14º dia, nos mesoambientes com adição de N e P + tilápias ( $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ ), com valores superiores a  $390,00 \mu\text{S/cm}$  ao final do experimento, relacionados com o incremento das atividades metabólicas dos peixes, a exemplo da *Tilapia rendalli* como evidenciado em estudos de Figueredo (2000) e também com o revolvimento do sedimento (BARBOSA et al., 2006). Os maiores valores de transparência foram observados nos controles ( $T_1$ ), durante todo o período amostral. Foram registrados no início do experimento, valores de  $0,44 \text{ m}$  de transparência do disco de Secchi. A partir do 15º dia, esses ambientes apresentaram valores mais elevados (mínimo de  $0,52 \text{ m}$  e máximo de  $0,84 \text{ m}$ ). Nos demais ambientes ( $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ ) houve redução dos valores ao longo do tempo (inicial de  $40 \text{ cm}$  e final de  $0,12 \text{ cm}$  aos 84 dias). A razão  $Z_{eu}/Z_{mix}$  evidenciou limitação por luz ( $< 1,0$ ) nos ambientes com os tratamentos  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$  nos meses de janeiro a maio, exceto abril. O coeficiente de atenuação ( $K_0$ ) seguiu o mesmo perfil da  $Z_{eu}/Z_{mix}$  e da transparência. Nos mesoambientes controle ( $T_1$ ) não houve limitação por luz ( $Z_{eu}/Z_{mix} > 1,0$ ) durante todo o período experimental. Altos valores de atenuação de luz ( $K_0$ ) foram observados em todos os tratamentos (máximo de  $16,19$  no tratamento  $T_2$ ), exceto no controle ( $T_1$ ), onde os valores mantiveram-se abaixo de  $3,86$ .

Em relação a série fosfatada, esses compostos também apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,0001$  e  $F = 16,377$ ) entre os tratamentos e ao longo do período experimental. As concentrações de fósforo total no T<sub>2</sub> registrou aumento após 4<sup>a</sup> semana da inserção dos peixes ( $>200\mu\text{g/L}$ ). Nos demais tratamentos as concentrações foram elevadas ( $> 400 \mu\text{g/L}$ ) desde o início do experimento. As concentrações de PSR também foram elevadas nos tratamentos com adubação artificial e introdução dos peixes. A série nitrogenada apresentou diferenças significativas ( $p = 0,0007$  e  $F = 4,931$ ) entre os tratamentos. O influxo de nutrientes como o fósforo em ambientes aquáticos seja por processos naturais ou antropogênicos, podem alterar ou perturbar a qualidade dos ecossistemas, bem como a distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica (RICKLEFS, 2003). O N-amoniaco foi a forma predominante, seguida de nitrato e nitrito, cujas concentrações apresentaram-se elevadas nos ambientes adubados artificialmente com N e P ( $>1200 \mu\text{g/L}$ ). Esses valores apresentaram tendência a redução a partir da 3<sup>a</sup> a 11<sup>a</sup> semana. Após 92 dias, houve aumento expressivo dessas concentrações, onde os mesoambientes controle (T<sub>1</sub>) apresentaram valores de  $342,00 \mu\text{g/L}$  e os demais tratamentos, valores superiores a  $4000 \mu\text{g/L}$ . As concentrações de nitrato aumentaram progressivamente em todos os tratamentos, exceto no controle, atingindo no 72<sup>o</sup> dia, valores médios entre  $103,78$  e  $215,72 \mu\text{g/L}$  e no 100<sup>o</sup> dia, valores médios entre  $947,39$  e  $962,67 \mu\text{g/L}$ , com tendência a redução no final do experimento. O nitrito se manteve em concentrações baixas apresentando aumento significativo a partir da 9<sup>a</sup> semana até o final do experimento nos ambientes com T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>. De acordo com Kubitzka (2003), nos sistemas de criação os fertilizantes nitrogenados (sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e uréia) são os principais contribuintes de nitrogênio na água. Segundo Zimmo et al., (2004), níveis de amônia total (NH<sub>4</sub> e NH<sub>3</sub>) acima de  $0,5 \text{ mg/L}$  de amônia total geralmente são prejudiciais a criação de peixes, podendo levar a incapacidade de transformar a energia alimentar em ATP.

O aumento expressivo da biomassa fitoplanctônica, medida como concentração de clorofila – *a*, observado nos ambientes T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> ocorreu a partir da 5ª semana (valores iniciais de 32,22 e 98,02 µg/L e finais entre 135,97 e 188,39 µg/L). Ao final do período experimental, as concentrações de biomassa apresentaram-se significativa e positivamente relacionadas com a concentração de fósforo total ( $p = 0,6789$  e  $\alpha = 0,05$ ), PSR ( $p = 0,5223$  e  $\alpha = 0,05$ ) e nitrato ( $p = 0,5505$  e  $\alpha = 0,05$ ). A figura 6 mostra a ordenação, através da ACP, das unidades amostrais dos tratamentos ao longo dos meses de amostragem. A análise resumiu 72,4% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos. As variáveis (pH, condutividade elétrica, Zeu/Zmix, CO<sub>2</sub> total e P-total) contribuíram de maneira efetiva para a ordenação do primeiro eixo (Tabela 4). Para a ordenação do segundo eixo, pH ( $r = -0,37$ ), condutividade elétrica ( $r = -0,34$ ), oxigênio dissolvido ( $r = 0,50$ ), NT ( $r = -0,62$ ) foram determinantes (Tabela 3). As unidades amostrais relacionadas ao tratamento controle ordenaram-se do lado positivo do eixo 1 associadas a maior disponibilidade de luz (Zeu/Zmix >1). As unidades amostrais relativas ao mês de abril ordenaram-se do lado negativo do eixo 2 associadas às maiores concentrações de NT e aos altos valores de condutividade elétrica, enquanto as unidades amostrais relativas aos meses de janeiro, fevereiro, março e maio ordenaram-se do lado positivo do mesmo eixo associadas a maiores concentrações de CO<sub>2</sub> total.

**Tabela 3.** Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis abióticas dos mesoambientes (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>) nos dois primeiros eixos de ordenação na ACP.

Variável	Legenda do gráfico de ordenação	Eixo 1	Eixo 2
pH	pH	0,4061	-0,3774
Condutividade elétrica	EC	-0,4391	-0,3416
Oxigênio dissolvido	OD	0,1536	-0,5094
Zeu/Zmix	Zeu/Zmix	0,4575	-0,0689
CO <sub>2</sub> total	CO <sub>2</sub> T	-0,3074	-0,2868
Nitrogênio Total	NT	-0,2830	0,6260
P-Total	PT	-0,4830	-0,0497



**Figura 6:** Ordenação pela ACP das variáveis analisadas nos mesoambientes (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>), baseadas nos Fatores I e II em relação ao período de observação.

#### 4 CONCLUSÕES

As condições ambientais presente nos mesocosmos selecionaram as espécies fitoplanctônicas, de acordo com suas estratégias, com predomínio das R-estrategistas em decorrência da limitação de luz presente nos tratamentos, exceção ao Controle. Em relação aos grupos funcionais, estes refletiram as mudanças nas unidades experimentais, fornecendo importantes informações sobre a limnologia dos ambientes, sendo notória a presença de grupos típicos de lagos rasos eutróficos. As associações verificadas nos mesoambientes foram: C, D, G, H<sub>1</sub>, J, MP, P, S<sub>1</sub>, W<sub>1</sub> e X<sub>1</sub> apresentaram estreitas relações com as variáveis abióticas. Fatores como transparência, coeficiente de atenuação da luz e razão NID/PID apresentaram grande influência na predominância dos grupos, evidenciando que o modelo das associações fitoplanctônicas funcionou muito bem nos ecossistemas rasos, simulados em mesocosmos.

#### REFERÊNCIAS

AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2005). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: APHA – AWWA – WPCF.

ARCIFA, M. S. ; GUAGNONI, W. (2003). A new model of enclosure for experiments in lentic water. **Acta Limnol.** Brasil., 15 (1): 75-79p.

BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P. ; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. n. 1 . 2º semestre. p.81-89. 2006.

FIGUEREDO, C. C. (2000). **Efeitos da tilápia (*Oreochomis niloticus*) nas características físicas e químicas e estrutura da comunidade fitoplanctônica do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas (MG)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. 150p.

KUBITZA, F. (2003). **Qualidade da água no cultivo de camarões e peixes**. Jundiaí: CPI- USP Editora.

RICKLEFS, R. E. (2003). **A economia da Natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

SCHEFFER, M. (2001). Alternative attractors of shallow lakes. **The Scientific World** 1: 254-263.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S.R. (2003). Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends in Ecology and Evolution** 18(12):648-656

SHEPHERD, G.J. (1996). FITOPAC 1: manual de usuário. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 95

ZIMMO, O. R.; VAN DER STEENB, N. P.; GIJZEN H. J. (2004). Nitrogen mass balance across pilot-scale algae and duckweed-based wastewater stabilization ponds.

