

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

Patrícia Silva CRUZ¹, Beatriz Susana Ovruski de CEBALLOS²

^{1,2} Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, E-mail: 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 ₁) | (Controle – sem adubação e sem Tilápias) |
| Tratamento 2 (T ₂) | Sem adubação + 5 Tilápias |
| Tratamento 3 (T ₃) | 14,88g Superfosfato Simples + 4,96g de Sulfato de Amônia + 5 Tilápias |
| Tratamento 4(T ₄) | 15,32g de Superfosfato Simples + 5,11g de Sulfato de Amônia + 5 Tilápias |
| Tratamento 5 (T ₅) | 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 ₄ | $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ | Indofenol | APHA (1998) |
| N-NO ₂ | $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ | Colorimétrico | APHA (1998) |
| N-NO ₃ | $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ | 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 ± 5 . As temperaturas no controle (T_1), durante o período de estudo, atingiram valores mínimos de 25°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°C e máximos de 30°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 mg.L^{-1} , causando a morte de alguns peixes.

A condutividade elétrica dos mesoambientes controle (T_1) mantiveram-se entre $215,85$ e $278,90 \text{ }\mu\text{S/cm}$. 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 $330,55 \text{ }\mu\text{S/cm}$. 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 $390,00 \text{ }\mu\text{S/cm}$ 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 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 T₂ registrou aumento após 4^a 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^a a 11^a semana. Após 92 dias, houve aumento expressivo dessas concentrações, onde os mesoambientes controle (T₁) 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^o dia, valores médios entre $103,78$ e $215,72 \mu\text{g/L}$ e no 100^o 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^a semana até o final do experimento nos ambientes com T₂, T₃, T₄ e T₅. 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 (NH₄ e NH₃) 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 T₂, T₃, T₄ e T₅ 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, CO₂ 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 CO₂ total.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis abióticas dos mesoambientes (T₁, T₂, T₃, T₄ e T₅) 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 ₂ total | CO ₂ T | -0,3074 | -0,2868 |
| Nitrogênio Total | NT | -0,2830 | 0,6260 |
| P-Total | PT | -0,4830 | -0,0497 |

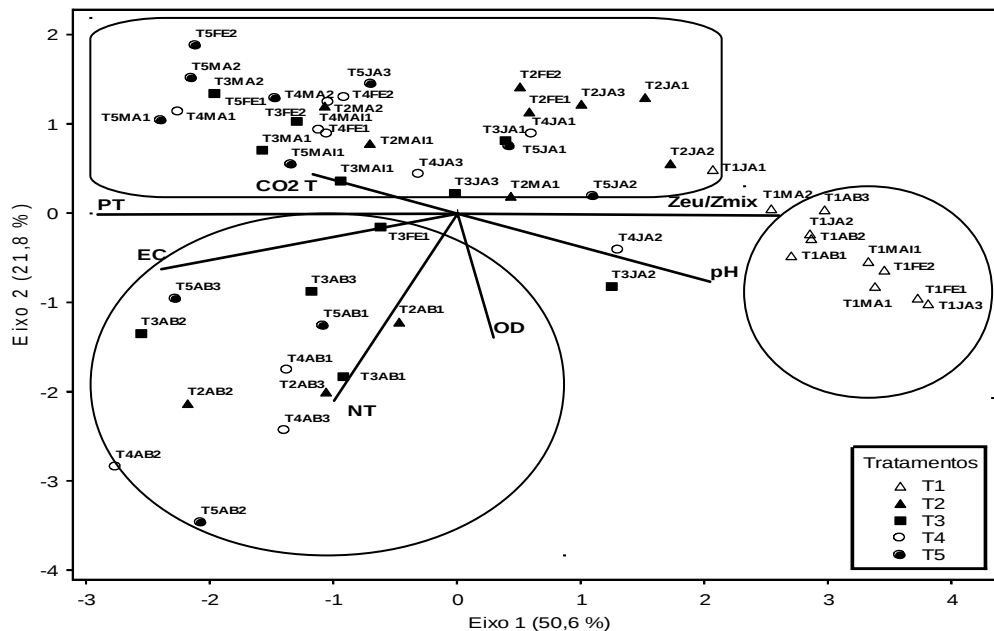


Figura 6: Ordenação pela ACP das variáveis analisadas nos mesoambientes (T₁, T₂, T₃, T₄ e T₅), baseadas nos Fatores I e II em relação ao período de observação.

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, H₁, J, MP, P, S₁, W₁ e X₁ 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.

