

# EFEITO DA CRIAÇÃO DE TILÁPIA-DO-NILO SOBRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DE UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE EM UM PERÍODO DE 24 HORAS

Yuri Vinicius de Andrade LOPES<sup>1</sup> e Gustavo Gonzaga HENRY-SILVA<sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a influência da criação de tilápia-do-Nilo em tanques-rede sobre a variação nictemeral e vertical de algumas características limnológicas de um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte. As coletas foram realizadas em novembro de 2010 no reservatório de Santa Cruz do Apodi - RN, em intervalos de 3 horas em um período de 24 horas. As amostragens foram feitas em um local próximo às atividades de piscicultura e em outro afastado das atividades. As variáveis limnológicas analisadas foram temperatura, oxigênio dissolvido, pH e turbidez. Amostras de água foram coletadas na superfície, meio (4 m) e fundo (9 m) para determinação dos valores de N-total, NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-total e clorofila *a*. Pôde-se constatar que não houve uma estratificação térmica e química da coluna d'água durante todo o período analisado. A atual atividade de piscicultura em tanque-rede não influenciou no aumento dos valores médios das formas nitrogenadas e clorofila *a* da coluna d'água do reservatório de Santa Cruz nos diferentes horários analisados. Contudo, é relevante que seja realizado um monitoramento de longo prazo das variáveis limnológicas, biológicas e do sedimento no intuito de inferir sobre os futuros impactos da atividade de piscicultura sobre a qualidade da água do reservatório.

**Palavras chave:** eutrofização; nutrientes; piscicultura em tanques-rede

## EFFECT OF NILE TILAPIA CULTURE ON LIMNOLOGICAL VARIABLES IN A RESERVOIR OF RIO GRANDE DO NORTE SEMIARID IN A PERIOD OF 24 HOURS

### ABSTRACT

The goal of the present work was to verify the effect of Tilapia culture on net cages over the diel and vertical variation of the limnological characteristics of a reservoir from semi-arid region of Rio Grande do Norte. Samples were collected in November 2010 in the Santa Cruz reservoir at intervals of 3 hours between collections for 24 hours. Samples were collected at a site near the activities of fish production and at another location away from there. The limnological variables analyzed were: temperature, dissolved oxygen, pH and turbidity. Samples of water were collected on surface, middle (4 m) and bottom (9 m) determining values of total N, NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, total P and chlorophyll *a*. It could be observed that there was no thermal stratification and chemistry of the water column during throughout the analyzed period. In general, the current activity of fish farming in net cages did not increase the values of nitrogen forms and chlorophyll *a* in the water column of the reservoir of Santa Cruz in the different times analyzed. However, it is important to do a long-term monitoring of limnological and biological variables and sediment in order to infer about the future impacts of fish farming activity on the water quality of the reservoir.

**Keywords:** eutrophication; nutrients; net cage fish farm

---

**Artigo Científico:** Recebido em 07/03/2013 – Aprovado em 11/04/2014

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Departamento de Ciências Animais. Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN - Brasil. e-mail: yuriandrade\_@hotmail.com (autor correspondente); gustavo@ufersa.edu.br

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores áreas para a atividade de aquicultura, devido à disponibilidade de águas marítimas e continentais. Atualmente, o aproveitamento dos recursos hídricos existentes, principalmente em reservatórios, tem proporcionado o desenvolvimento da criação de peixes em tanques-redes em várias regiões do Brasil, especialmente no nordeste brasileiro (OSTRENSKY *et al.*, 2008). A expansão da aquicultura intensiva é acompanhada de uma degradação do ambiente natural que recebe efluentes que adicionam grande quantidade de carbono, nitrogênio e fósforo ao ambiente aquático (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

No semiárido nordestino, numerosos açudes foram construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), a partir dos anos 1960, para mitigar as necessidades hídricas da região (DNOCS, on line). Embora o principal objetivo seja o abastecimento humano, estes açudes suprem múltiplas necessidades como a irrigação, o lazer, a pesca e a piscicultura (DIAS, 2006). Nas últimas décadas, as políticas governamentais estimularam, através de programas oficiais, o uso destes açudes para a criação intensiva de peixes em tanques-rede (ARARIPE *et al.*, 2006).

A piscicultura em tanques-redes é relativamente simples e de baixo custo, quando comparada à criação em viveiros escavados, possibilitando a utilização de uma ampla variedade de ambientes aquáticos. Entretanto, os efluentes da criação em tanques-redes, contendo fezes, excretas e ração não consumida, são lançados diretamente nos corpos d'água e os materiais particulados podem se acumular no sedimento (BACCARIN e CAMARGO, 2005). Além do impacto na qualidade da água, a piscicultura praticada em tanques-rede pode influenciar os componentes bióticos dos reservatórios, pois ao acrescentar fósforo oriundo da ração ou dos dejetos dos animais confinados, pode haver aumento da produção primária, resultando na eutrofização artificial (BEVERIDGE, 1996; MALLASEN *et al.*, 2008). Estes efeitos podem limitar os usos múltiplos deste corpo d'água para consumo humano, irrigação, pesca e a

própria atividade de aquicultura (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2000; ANGELINI, 2002).

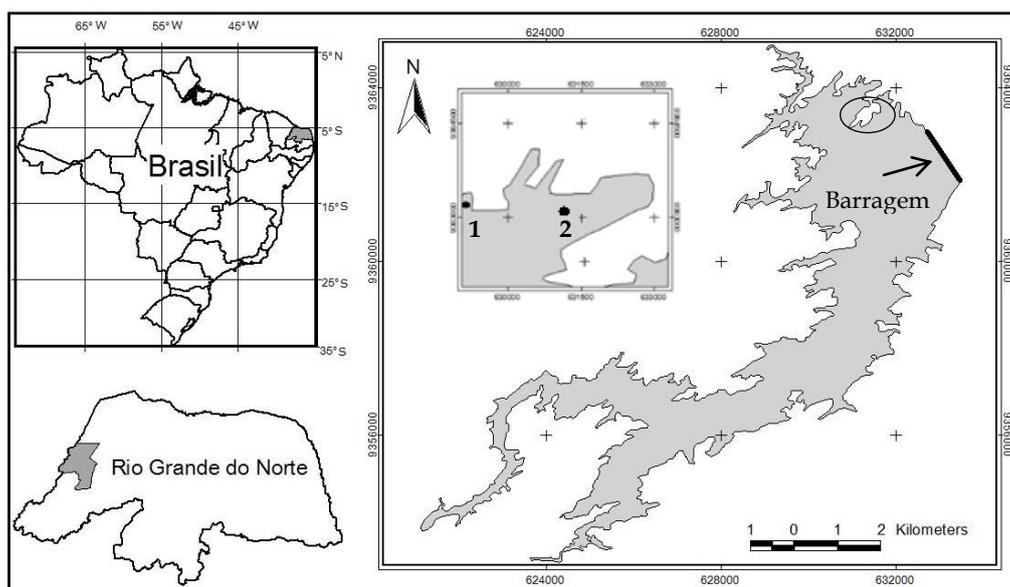
Os estudos sobre as características físicas e químicas da coluna d'água dos reservatórios podem demonstrar alterações na ciclagem de nutrientes e na variação das concentrações de oxigênio dissolvido durante um período de 24 horas. Estas informações podem auxiliar no entendimento do funcionamento dos reservatórios e também na compreensão dos impactos das atividades de criação de peixes em tanques-rede. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a influência da criação de peixes em tanques-rede na variação nictemeral e vertical de características limnológicas do reservatório de Santa Cruz, semiárido do Rio Grande do Norte, durante um período de 24 horas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado em um trecho do reservatório de Santa Cruz, formado pelo barramento do rio Apodi/Mossoró e localizado na região do médio oeste potiguar (05°46'02.59"S e 037°47'52.86"O) (Figura 1). O clima da região é o tropical quente semiárido. A temperatura média anual é de 28,5°C, com mínima de 22°C e máxima de 35°C. A precipitação média anual na região é 772 mm, registrando-se uma distribuição irregular durante o ano (SEMARH, on line).

O reservatório possui aproximadamente 600 milhões de metros cúbicos de água, sendo o segundo maior do Rio Grande do Norte, com finalidade de irrigação da chapada do Apodi e abastecimento para consumo humano de 27 cidades da região. Durante o estudo, estavam instalados no reservatório 70 tanques-rede de pequeno volume (6 m<sup>3</sup>), com dimensões de 2,0x2,0x1,5 m de comprimento, largura e profundidade, respectivamente, localizados em apenas um trecho do reservatório. Nestes tanques-redes, mantidos pela Associação dos Aquicultores do Apodi (Aquapo) são criadas tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Todos os tanques-rede possuíam, na época do estudo, densidade média de 80 peixes m<sup>-3</sup>, com peso médio de 300 g, alimentados com ração comercial com 32% de proteína bruta. O arraçamento ocorria entre 08 horas e 18 horas, com intervalos de duas horas.



**Figura 1.** Localização dos dois pontos de coleta no Reservatório de Santa Cruz. 1 - Controle (CT), (05°45'008"S e 037°48'539"O); 2 - Tanques-rede (TQ) (05°45'122"S e 037°48'551"O).

As amostragens foram feitas em um local sem tanques-rede (controle: CT) e em um local contendo tanques-rede (TQ), a jusante de CT (Figura 1). A distância entre os dois pontos foi de 500 m e a profundidade em ambos de 9 m. As coletas foram realizadas nos dias 9 e 10 de novembro de 2010, durante o período de seca. As variáveis limnológicas analisadas *in situ* foram temperatura, oxigênio dissolvido, pH e turbidez, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (HORIBA - U52). Estas variáveis foram medidas entre a superfície e a profundidade de 9 m em intervalos de 1 m. Amostras de água foram coletadas na superfície (0 m), porção intermediária da coluna de água (4 m) e fundo (9 m) do reservatório com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, e acondicionadas em garrafas plásticas para posterior determinação das concentrações de nutrientes e clorofila *a* em laboratório. As medidas e coletas foram realizadas em um período de vinte e quatro horas, em intervalos de três horas entre as coletas, com início às 15:00 h.

No Laboratório de Limnologia e Qualidade de Água do Semi-árido (Limnoaqua - UFERSA), foram determinadas as concentrações de fósforo total (PT) de acordo com MURPHY e RILEY (1962); nitrito (N-NO<sub>2</sub>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub>) (STRICKLAND e PARSON, 1972); amônia (NH<sub>3</sub>)

(IVANCIC e DEGOBBIS, 1984); nitrogênio total (NT) (GOLTERMAN *et al.*, 1978) e Clorofila *a* (NUSCH, 1980).

Análise dos Componentes Principais (ACP) (BOUROCHE e SAPORTA, 1982) foi aplicada no intuito de ordenar os pontos de amostragem, a partir da matriz de correlação das variáveis físicas e químicas, utilizando as médias de cada horário nas três profundidades (superfície, meio e fundo). Para aplicação da ACP foram utilizadas as seguintes variáveis N-Total; NH<sub>3</sub>; N-NO<sub>3</sub>; N-NO<sub>2</sub>; P-Total; clorofila *a*; temperatura; oxigênio dissolvido; pH e turbidez.

Os valores das variáveis mensuradas foram comparados com os valores de referência, segundo a Resolução N° 357/05, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005), a fim de enquadrar os locais de amostragem na legislação vigente, admitindo que o reservatório de Santa Cruz pertença à Classe 2 (SEMARH). Para o Índice do Estado Trófico foi utilizado o método adaptado por LAMPARELLI (2004) (Tabela 1), no qual o resultado apresentado de IET foi a média aritmética ponderada (IETm) dos índices relativos da clorofila *a* (CL) e do fósforo total (PT) segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (C)] / 2.$$

**Tabela 1.** Valores de referência para as categorias tróficas - IET (LAMPARELLI, 2004).

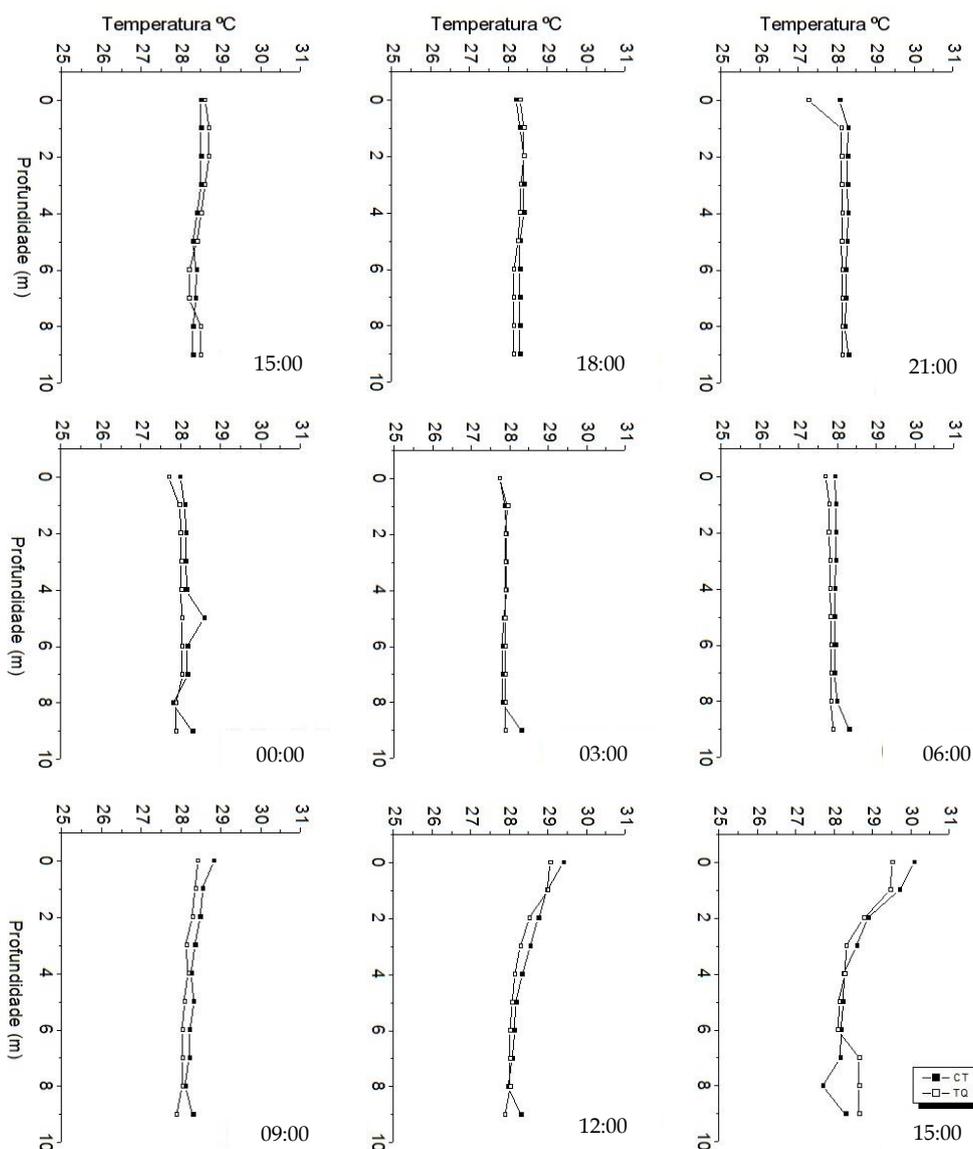
ESTADO TRÓFICO	CRITÉRIO	PT ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
Oligotrófico	47<IET<52	8<PT<19	1,17<CL<3,24
Mesotrófico	52<IET<59	19<PT<52	3,24<CL<11,03
Eutrófico	59<IET<63	52<PT<120	11,03<CL<30,55

Legenda: PT = Fósforo total.

## RESULTADOS

A temperatura do corpo d'água apresentou valores altos durante as 24 horas do estudo, no qual o maior valor observado foi de 29,5°C em CT e 30,3°C em TQ; a maior amplitude de temperatura

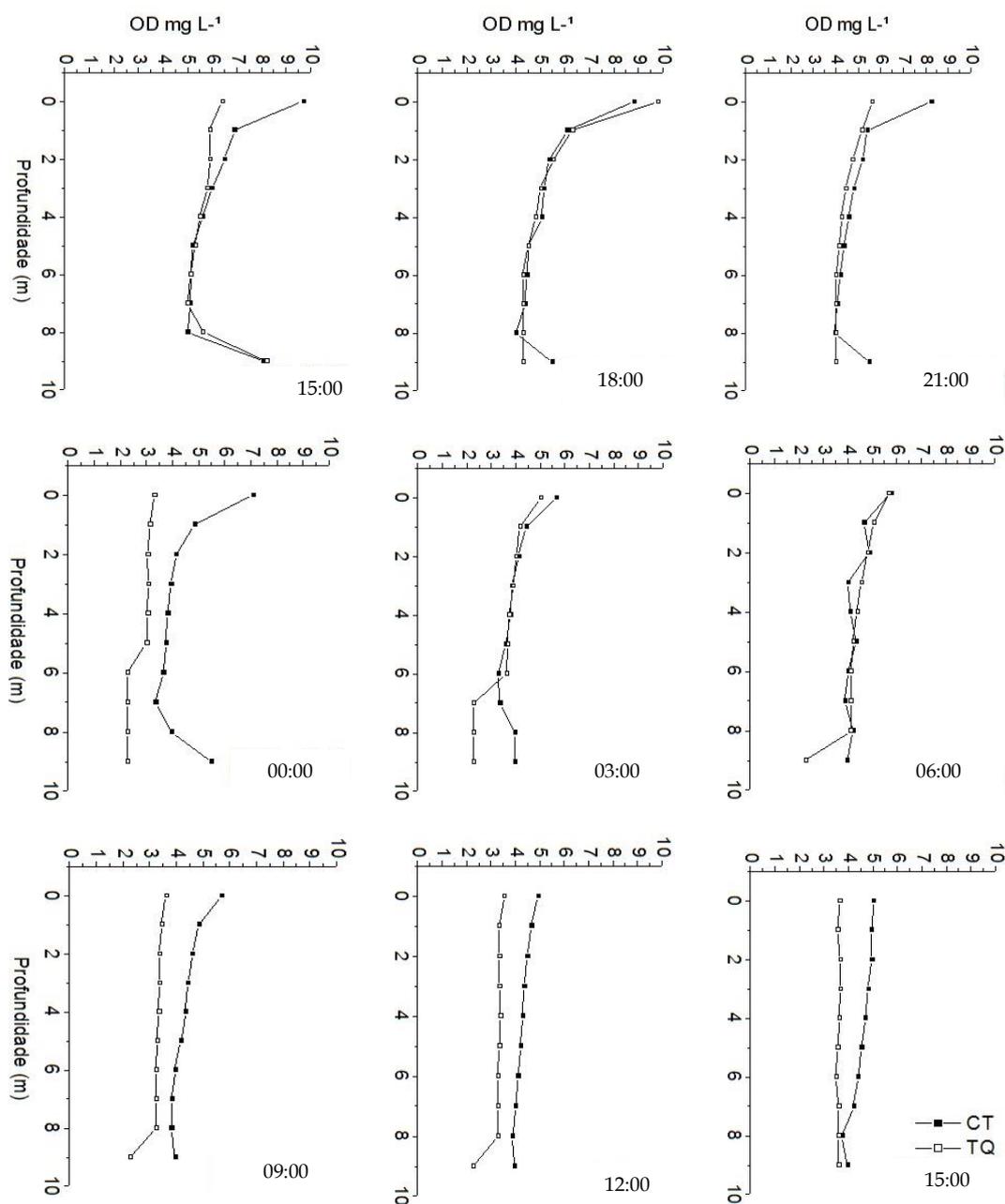
entre superfície e fundo foi de 1,6°C para CT e 1,6°C para TQ às 15:00 h e a menor amplitude foi de 0,8°C para CT e 0,9°C para TQ as 06:00 h. Desta forma, não foi constatada estratificação térmica, tanto em CT quanto em TQ (Figura 2).



**Figura 2.** Perfil vertical dos valores de temperatura nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = Tanques-rede.

Os maiores valores de oxigênio foram de 9,7 mg L<sup>-1</sup> em CT às 15:00 h e de 7,5 mg L<sup>-1</sup> em TC às 18:00 h, ambos na superfície, e os menores valores foram de 4,5 mg L<sup>-1</sup> em CT e de 3,7 mg L<sup>-1</sup> em TQ na profundidade de 9 m. A maior amplitude de variação do oxigênio entre

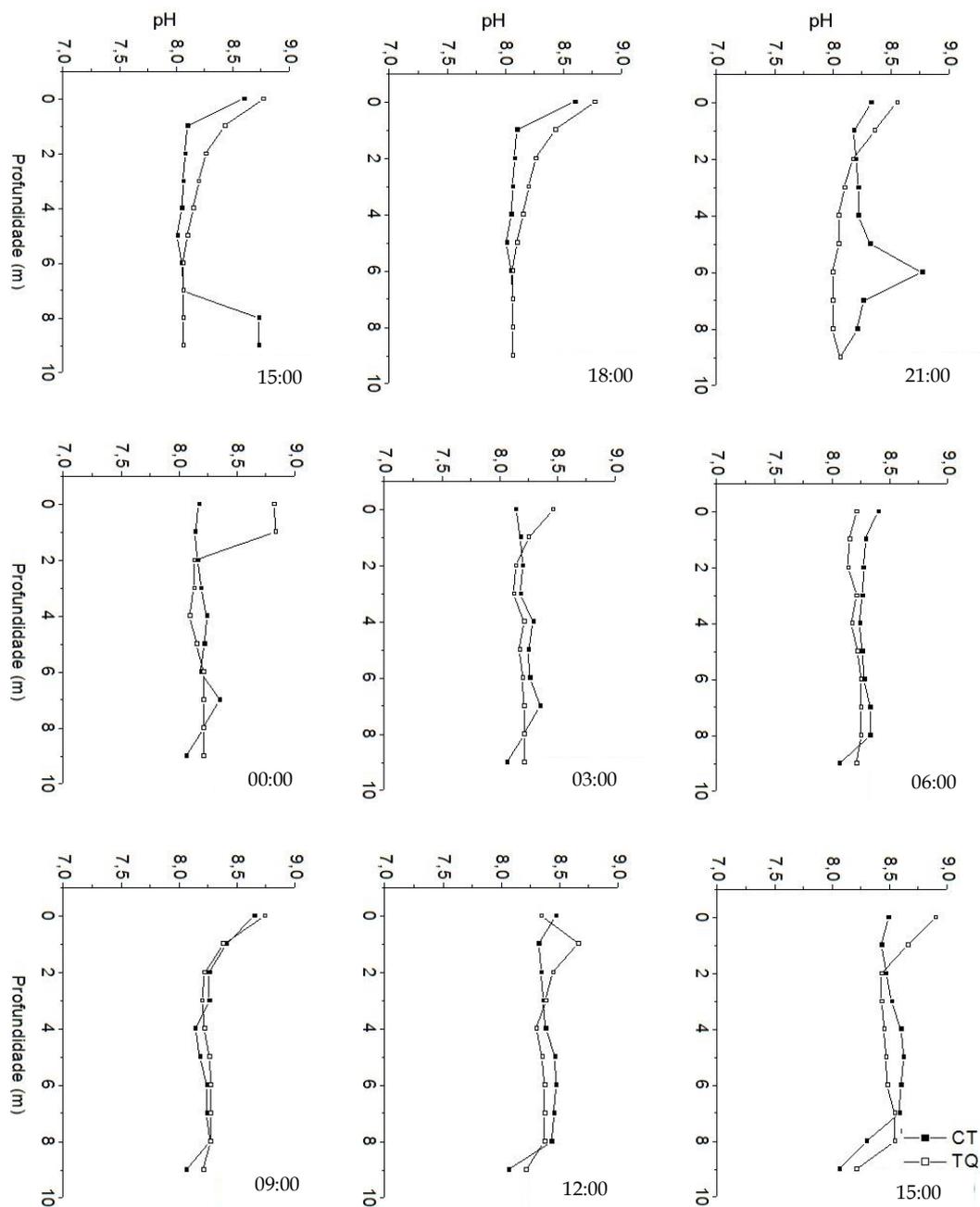
superfície e fundo foi de 4,7 mg L<sup>-1</sup> para CT e 2,8 mg L<sup>-1</sup> para TQ no horário de 15:00 h e a menor amplitude foi de 1,8 mg L<sup>-1</sup> para CT e 1,2 mg L<sup>-1</sup> para TQ às 12:00 h. É importante ressaltar que não foi observada situação de anoxia na coluna de água (Figura 3).



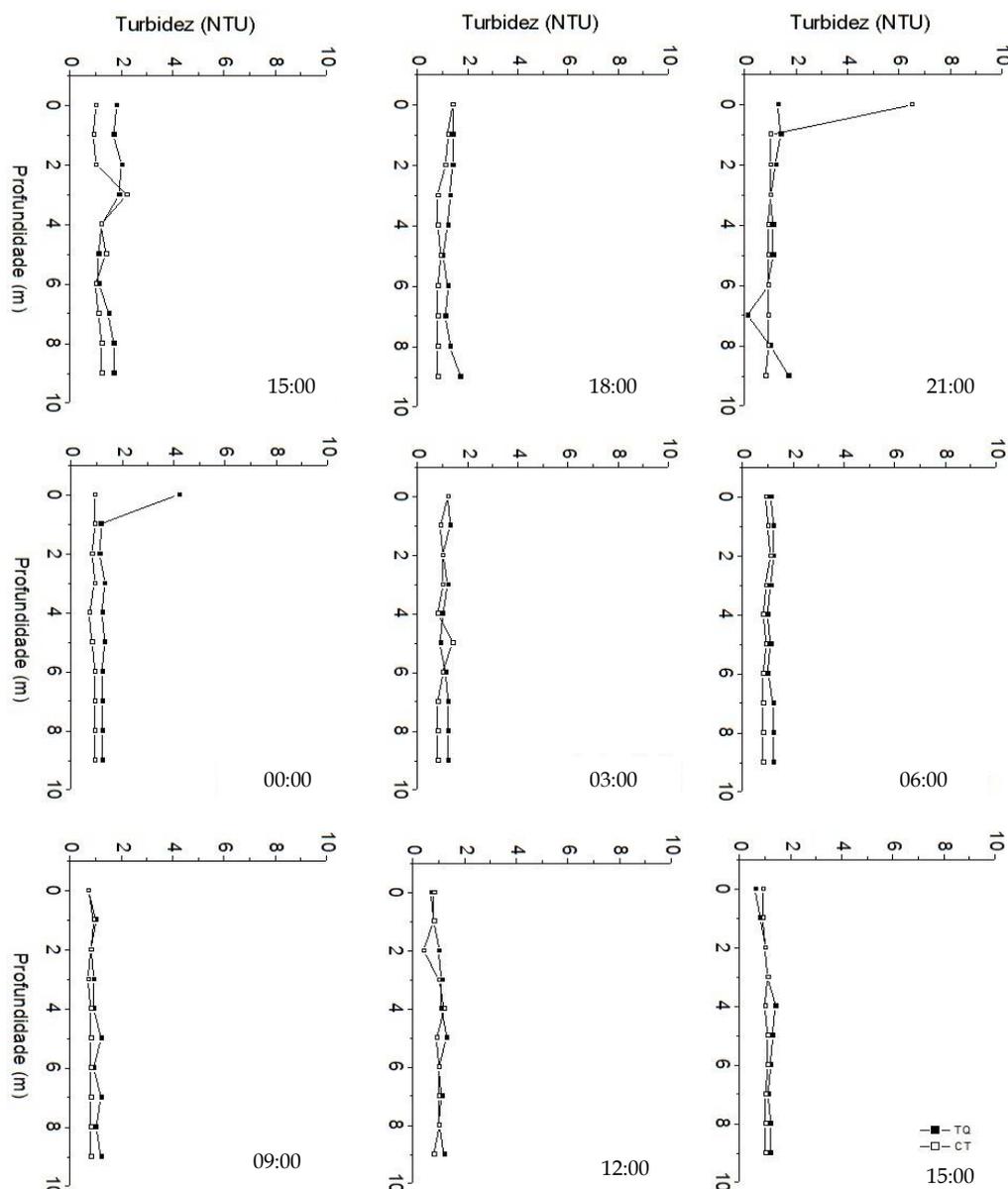
**Figura 3.** Perfil vertical dos valores de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = Tanques-rede.

Os valores de pH não diferiram entre os horários, locais e profundidades amostrados, (Figura 4).

Os valores de turbidez não diferiram entre os horários, locais e profundidades amostrados, (Figura 5).



**Figura 4.** Perfil vertical dos valores de pH nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = Tanques-rede.



**Figura 5.** Perfil vertical dos valores de turbidez nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = tanques-rede.

Os maiores valores de amônia foram  $<5,0 \mu\text{g L}^{-1}$  em CT às 09:00 h e de  $6,7 \mu\text{g L}^{-1}$  em TC às 06:00 h, ambos na superfície, e os menores valores foram de  $<5,0 \mu\text{g L}^{-1}$  em CT e TQ. A maior amplitude de variação da amônia entre superfície e fundo foi de  $3,3 \mu\text{g L}^{-1}$  para CT e  $2,8 \mu\text{g L}^{-1}$  para TQ às 09:00 h e a menor amplitude foi de  $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$  para CT e  $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$  para TQ às 24:00 h. Os valores de amônia durante a maior parte do estudo encontraram-se abaixo dos limites de detecção de  $5 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Os valores mais elevados de nitrato foram de

$299,2 \mu\text{g L}^{-1}$  em CT às 21:00 h, a 4 m de profundidade e de  $266,2 \mu\text{g L}^{-1}$  em TQ às 06:00 h, na superfície; os menores valores foram de  $137,8 \mu\text{g L}^{-1}$  em CT às 06:00 h e de  $156,1 \mu\text{g L}^{-1}$  em TQ, às 15:00 h. A maior amplitude de variação do nitrato entre superfície e fundo foi de  $113,8 \mu\text{g L}^{-1}$  para CT às 21:00 h e  $98,9 \mu\text{g L}^{-1}$  para TQ às 09:00 h e a menor amplitude foi de  $25,3 \mu\text{g L}^{-1}$  para CT às 18:00 h e  $23,5 \mu\text{g L}^{-1}$  para TQ às 12:00 h (Figura 6).

Os valores de nitrito durante todo o estudo encontraram-se abaixo dos limites de detecção de  $5 \mu\text{g L}^{-1}$ .

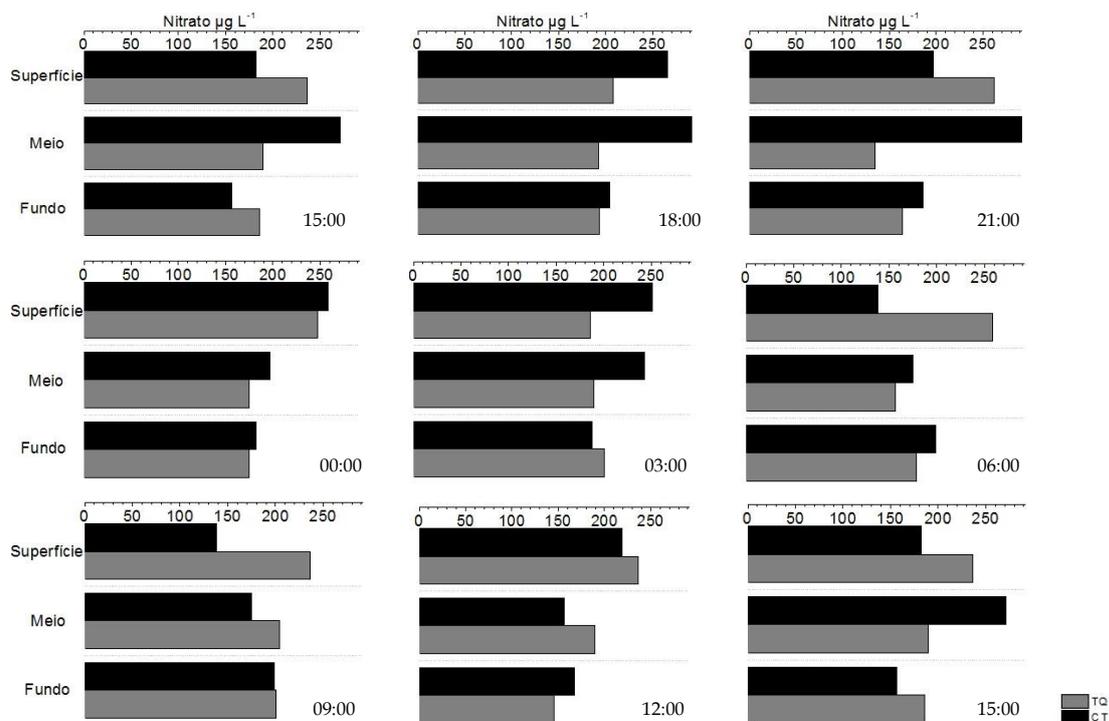


Figura 6. Perfil vertical dos valores de nitrato nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = tanques-rede.

Os valores médios observados de N-total durante as 24 horas de estudo no reservatório de

Santa Cruz foram de 0,31 mg L<sup>-1</sup> em CT e de 0,38 mg L<sup>-1</sup> em TQ (Figura 7).

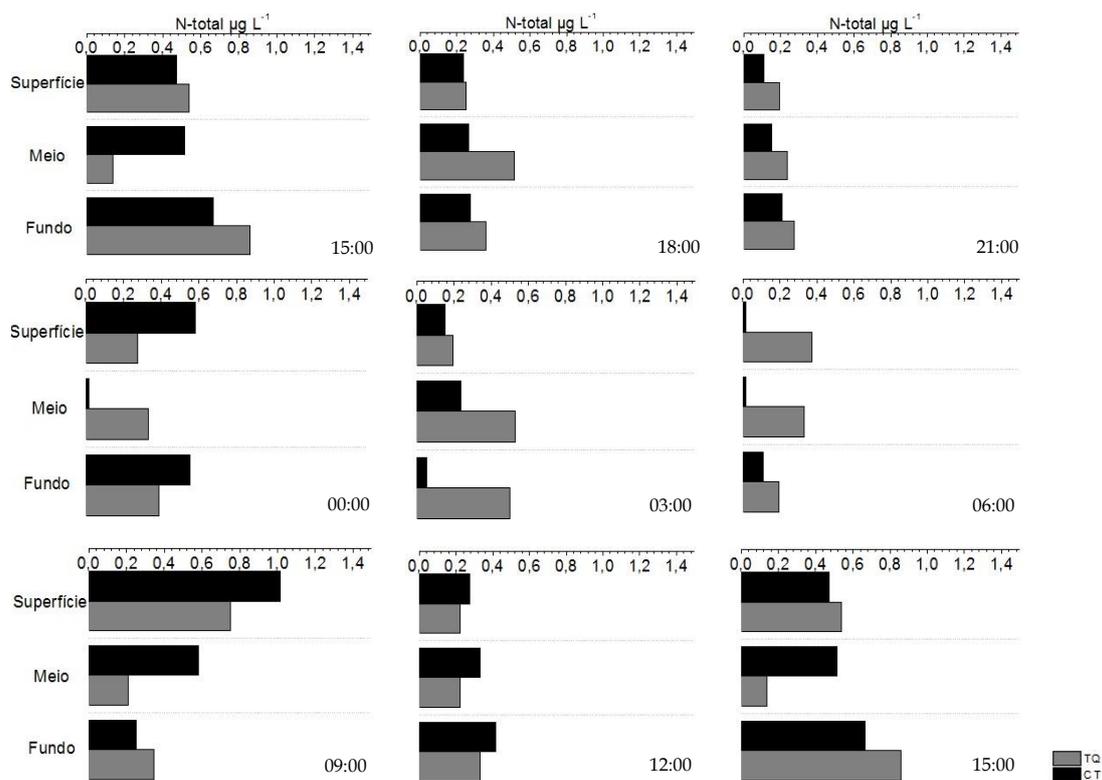


Figura 7. Perfil vertical dos valores de N-total nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = tanques-rede.

Os valores médios observados de P-total foram de 41,3  $\mu\text{g L}^{-1}$  em CT às 12:00 h e de 51,41  $\mu\text{g L}^{-1}$  em TQ às 21:00 h (Figura 8). As maiores concentrações

de clorofila *a* foram observadas em TQ, apresentando valor médio de 3,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ , enquanto que no CT o valor médio foi de 1,6  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Figura 9).

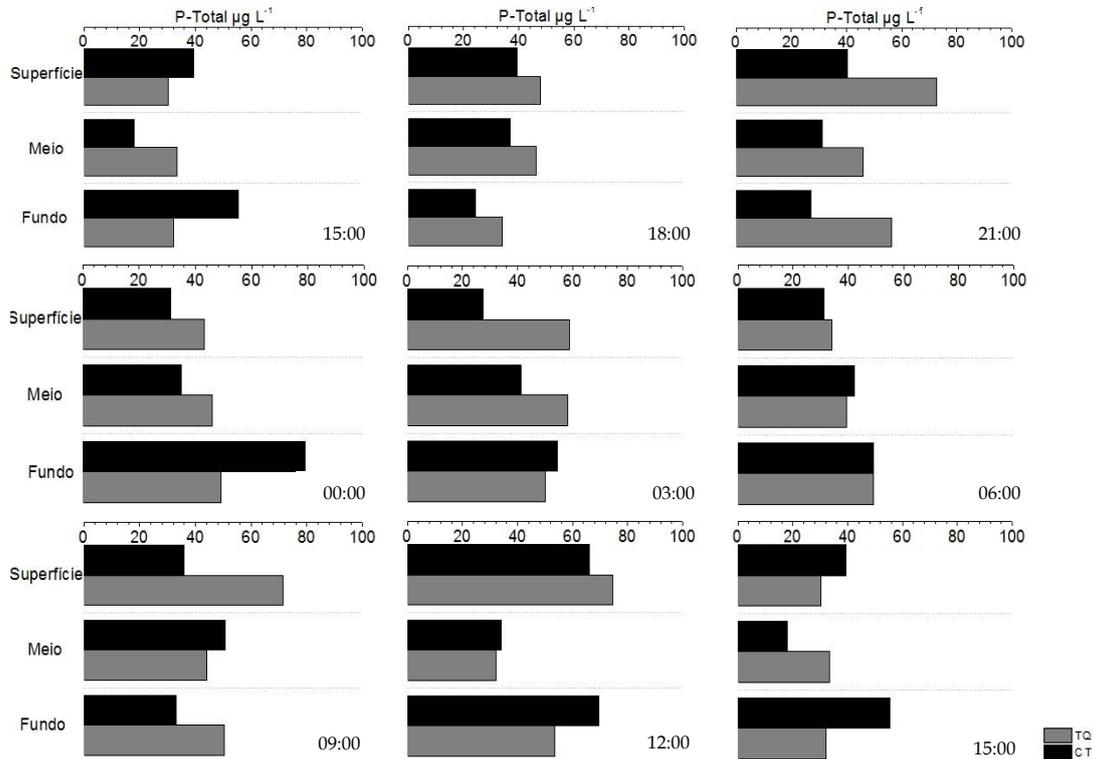


Figura 8. Perfil vertical dos valores de P-total nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = tanques-rede.

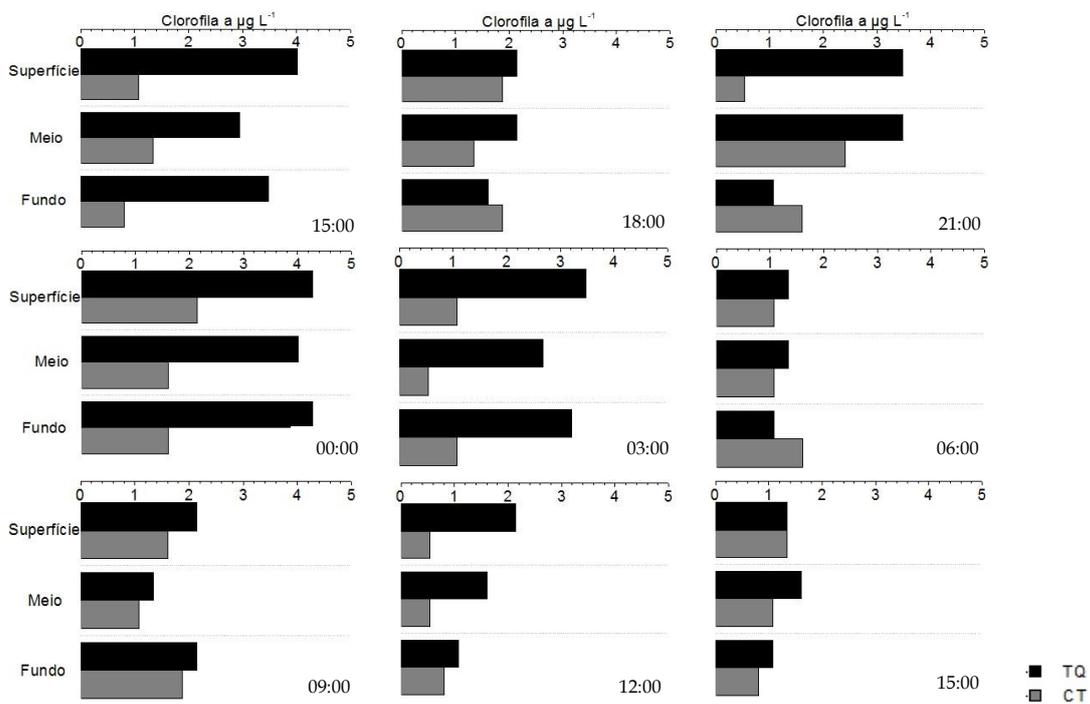
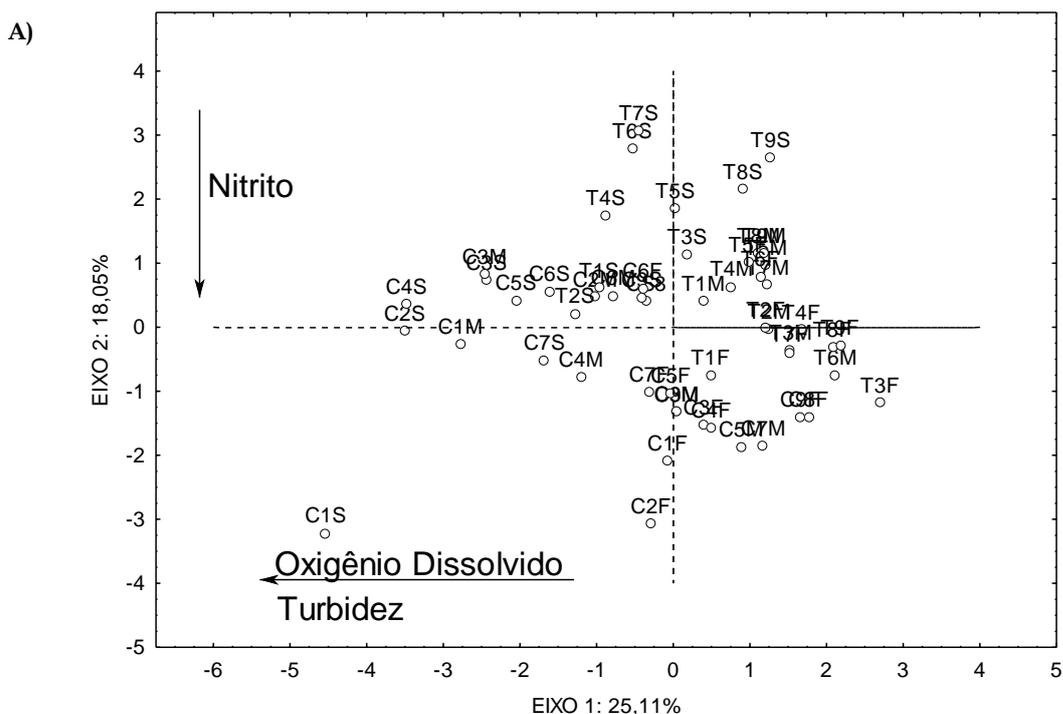


Figura 9. Perfil vertical dos valores de clorofila *a* nos pontos de amostragem. CT = Controle; TQ = tanques-rede.

A ACP resumiu em 45,7% da variabilidade total dos dados físico-químicos em seus dois eixos, sendo que o primeiro explicou 25,11% da variância total encontrada e o segundo 18,05% (Figura 10). As variáveis que apresentaram maior importância para a ordenação dos locais de coleta no eixo 1 foram, respectivamente, oxigênio dissolvido e turbidez. Para o eixo 2 da ACP, a variável que apresentou importância na ordenação foi o N-NO<sub>2</sub>. As demais variáveis (nitrogênio total, N- NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, PT, clorofila *a*, temperatura e pH) não estiveram correlacionadas

com nenhum dos dois eixos componentes, pelo valor estabelecido de  $|0,6|$ .

Os valores de IET calculados através do fósforo total classificaram os dois locais de amostragem como mesotróficos. Baseando-se no IET calculado por meio dos valores de clorofila *a*, os dois locais de amostragem foram classificados como oligotrófico. Quanto à ponderação proposta pelo índice para estes valores, os pontos avaliados foram classificados como ambiente mesotrófico (Tabela 2).



B)

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
N-total	0,183172	-0,277855
NH <sub>3</sub>	0,483573	-0,555253
N-NO <sub>3</sub>	-0,335462	0,523181
N-NO <sub>2</sub>	0,548624	-0,600157
P-TOTAL	0,571336	0,148374
CLOROFILA	-0,532107	-0,398654
TEMPERATURA	-0,025410	-0,316508
OD	-0,813504	0,009555
pH	-0,360805	-0,413612
TURBIDEZ	-0,654269	-0,577389

**Figura 10.** Análise dos Componentes Principais das variáveis limnológicas dos pontos estudados no Reservatório de Santa Cruz, nos dias 9 e 10 de novembro de 2010. A) Representação dos dois primeiros eixos componentes da ACP; B) Valores de correlação das variáveis: nitrogênio total, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, fósforo total (P-TOTAL), clorofila *a*, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH e turbidez. Legenda: As letras "C" e "T" correspondem ao controle e tanques-rede, respectivamente. As letras "S"; "M" e "F", correspondem à superfície, meio e fundo, respectivamente. Os números correspondem às horas de coleta.

**Tabela 2.** Classificação dos pontos de coleta no reservatório de Santa Cruz - RN, baseada no índice de estado trófico para as variáveis P-total e clorofila *a*, e sua ponderação.

PONTOS	IET P-total	Classificação	IET Cl <sub>a</sub>	Classificação	Ponderação	Classificação
CT	57,01	Mesotrófico	51,15	Oligotrófico	54,08	Mesotrófico
TQ	57,92	Mesotrófico	48,22	Oligotrófico	53,07	Mesotrófico

Legenda: Controle (CT); Tanque rede (TQ); Índice de estado trófico (IET); Fósforo total (P-total); Clorofila *a* (Cl<sub>a</sub>).

## DISCUSSÃO

No presente estudo não foi possível observar diferenças e alterações no estado trófico entre os dois locais no reservatório de Santa Cruz, sendo classificados como ambientes mesotróficos.

A estratificação em reservatório é considerada estável quando se constata um gradiente de temperatura  $>0,3^{\circ}\text{C}$  por metro (HAMBRIGHT *et al.*, 1994). Desta forma, não foi constatada estratificação térmica tanto em CT quanto em TQ. Este fato pode estar relacionado com o estado trófico do reservatório, permitindo a maior penetração de luz e calor na massa de água. Em intervalos longos de tempo em regiões que apresentam dias ensolarados, o processo de difusão de calor da superfície lentamente será difundido por toda a coluna de água do reservatório, terminando por ocorrer uma completa homogeneização da temperatura da massa de água. A difusão de calor na coluna d'água pode acontecer mesmo com a ausência da circulação de massas d'água no reservatório.

No início do período da tarde (15:00 e 18:00 h), os valores de temperatura foram mais elevados, sendo que o resfriamento da coluna d'água ocorreu no período da noite (24:00; 03:00 e 06:00 h). Os resultados obtidos no presente estudo foram semelhantes aos encontrados no reservatório de Carneiros - PB, onde foi constatada reduzida diferença de temperatura entre a superfície e o fundo (CAVALCANTE, 2012).

Os valores de oxigênio dissolvido foram maiores durante o período da tarde (15:00 e 18:00 h), provavelmente devido à atividade fotossintética realizada pelo fitoplâncton, e menores durante o período da noite (24:00, 03:00, 06:00 h) em decorrência do predomínio do processo de respiração.

Os resultados obtidos no presente estudo foram semelhantes aos constatados no reservatório de Carneiro - PB, onde foram encontradas concentrações mais elevadas de oxigênio dissolvido na superfície da coluna d'água ( $13,8 \text{ mg L}^{-1}$ ), na região próxima ao cultivo de peixes em tanques-redes (CAVALCANTE, 2012). É importante ressaltar que não foi observada situação de anoxia na coluna de água. No entanto, foram constatados valores menores de oxigênio dissolvido nas regiões mais profundas dos dois locais de coleta. Este fato provavelmente ocorreu devido ao predomínio do processo de decomposição da matéria orgânica, acarretando na redução das concentrações deste gás nas regiões mais profundas do reservatório de Santa Cruz.

Os valores de pH obtidos no reservatório de Santa Cruz mantiveram-se constantes durante o período observado (24 horas), demonstrando uma característica de tamponamento da coluna de água deste reservatório. Observações semelhantes foram encontradas na criação de peixes nativos em tanques-rede no refugio biológico do município de Santa Helena - PR (DIEMER *et al.*, 2010). Registros de pH elevado foram comumente descritos para muitos ecossistemas aquáticos de áreas semiáridas, sendo este aspecto explicado principalmente pela riqueza de carbonatos e bicarbonatos na composição química dos solos onde os reservatórios de água e as respectivas bacias de drenagem estão inseridos (BARBOSA, 2002; DINIZ, 2005).

A turbidez observada no reservatório de Santa Cruz permaneceu reduzida nos locais amostrados, demonstrando que o incremento de material alóctone pela atividade de piscicultura não alterou as características da coluna de água. Níveis elevados de turbidez, com consequente

redução da transparência e limite da zona eufótica restringem, não apenas a distribuição de calor, favorecendo a estratificação, bem como processo fotossintético, que tende a ser um dos principais responsáveis pelo aporte de oxigênio para o meio aquático. Os resultados encontrados no presente estudo foram diferentes dos observados nas pisciculturas do município Itapecuru Mirim – MA, onde foi verificado um aumento de turbidez na área próxima à criação, relacionado com o aumento do aporte de nutrientes oriundos desta atividade (SANTOS *et al.*, 2009). O fitoplâncton tende a ser a maior fonte de turbidez em criações de peixes, sendo que técnicas de manejo, como a adição de ração, podem potencializar o crescimento de algas, diminuindo assim a penetração de luz no sistema (MERCANTE *et al.*, 2006).

O sistema de criação de peixes em tanques-rede é um importante fornecedor de compostos nitrogenados para os reservatórios. No entanto, no presente estudo, pode-se observar que a atividade não modificou as concentrações de N-NH<sub>3</sub> e N-NO<sub>2</sub>. Estas concentrações baixas de NH<sub>3</sub> e N-NO<sub>2</sub> podem estar relacionados com o aporte reduzido de nutrientes oriundos da piscicultura em relação ao volume do reservatório, sendo um indicador de que a atividade ainda não modificou as concentrações destes íons na coluna d'água durante as 24 horas observadas. Resultados diferentes foram observados nos reservatórios de Rio das Pedras - SP (PADIAL *et al.*, 2009), Allage e Yemlo, na Etiópia (DEGEFU *et al.*, 2011), nos quais as atividades de piscicultura favoreceram o acúmulo de N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub> e N-NO<sub>2</sub> em áreas próximas aos tanques-rede, devido aos excretas dos peixes confinados somados ao fornecimento de ração. No entanto, os autores comentam que valores elevados foram encontrados em pontos mais distantes da atividade de piscicultura nestes reservatórios, podendo ser consequência das ações da agropecuária.

A atividade de piscicultura no reservatório de Santa Cruz não alterou a concentração do N-total na coluna de água, podendo estar relacionada à pequena biomassa total de peixes confinados nos tanques-rede em relação à capacidade de ciclagem do ambiente. Os resultados do presente estudo corroboram os observados no reservatório Nova Avanhandava, no qual os autores

descrevem que o aporte de nutrientes alóctones oriundos da piscicultura não foi significativo para alterar as concentrações de N-total (MALLASEN *et al.*, 2008).

A introdução da atividade de piscicultura em tanques-rede em reservatórios pode acarretar o incremento de fósforo na coluna d'água, que é limitante para produtividade primária deste ambiente. O presente estudo identificou um aumento nas concentrações de fósforo na área próxima aos tanques (TQ), embora não suficiente para uma alteração no estado trófico da região. Entretanto, o acúmulo de fósforo oriundo da atividade de piscicultura pode, ao longo dos anos, modificar o estado trófico do ambiente. Resultados observados nos reservatórios de Nova Avanhandava (MALLASEN e BARROS, 2010) e de Chavantes (AYROZA *et al.*, 2009) foram semelhantes ao deste estudo, onde foi observado um acréscimo de fósforo nas regiões próximas aos tanques-rede, provavelmente devido à alimentação dos peixes.

Com a aplicação da ACP não foi possível distinguir diferenças nas características limnológicas entre o local próximo aos tanques-rede e o controle e entre a superfície, meio e fundo do reservatório. Situação diferente foi observada no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings - SP), onde as concentrações dos compostos nitrogenados foram mais baixas na superfície em relação ao fundo, devido à maior absorção destes nutrientes por organismos fotossintetizantes (PADIAL *et al.*, 2009).

As baixas concentrações de clorofila *a* nos pontos amostrados pode estar associada à pequena biomassa de algas no reservatório de Santa Cruz. Portanto, a introdução do cultivo de peixes em tanques-rede não contribuiu para aumento desta biomassa e, conseqüentemente, no aumento das concentrações de clorofila *a*. Os resultados encontrados no presente estudo diferem dos observados na criação em tanques-rede em Pantanal de Miranda – MS (VIERA *et al.*, 2009) e nos reservatórios de Allage e Yemlo, na Etiópia (DEGEFU *et al.*, 2011), onde o aumento da concentração de clorofila *a* está relacionado com a proximidade dos tanques-rede, devido a maior oferta de nutrientes na água oriundos da ração ofertada aos peixes.

O IET encontrado no presente estudo classificou os locais amostrados em ambientes mesotróficos, demonstrando que atividade de criação de peixes em tanques-rede não interferiu no estado trófico do reservatório. No entanto, não se pode descartar a possibilidade de que, ao longo do tempo, a biomassa deste sistema seja alterada devido ao constante aporte de matéria orgânica oriunda das fezes e ração não consumida. Resultados semelhantes foram observados no reservatório de Itaipu, onde a atividade de piscicultura não inferiu na qualidade de água do ambiente devido ao aporte ainda reduzido de nutrientes oriundos da piscicultura em relação ao volume do reservatório (DIEMER *et al.*, 2010; BUENO *et al.*, 2008).

No presente trabalho, os valores de oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio total, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, clorofila *a*, fósforo total permaneceram dentro do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (CONAMA, 2005) para corpos d'água destinados à aquicultura (Classe 2).

## CONCLUSÕES

Não foi identificada estratificação térmica e química nem alterações na coluna d'água no trecho onde a atividade de piscicultura encontra-se instalada. Não foi possível identificar alteração no estado trófico do trecho estudado durante o período de 24 horas, embora tenha se observado um aumento nas concentrações de fósforo na coluna d'água próximo aos tanques-rede. Contudo, é relevante que seja realizado um monitoramento de longo prazo das variáveis limnológicas, biológicas e do sedimento no intuito de inferir sobre os futuros impactos da atividade de piscicultura sobre a qualidade da água do reservatório.

## REFERÊNCIAS

- ANGELINI, R. 2002 Avaliação da capacidade-suporte da represa do Broa para a colocação de tanques-rede. *Revista Saúde e Ambiente*, 3(2): 42-48.
- ARARIPE, M.N.B.A.; FRANÇA SEGUNDO, L.F.; LOPES, J.B.; ARARIPE, H.G. de A. 2006 Efeito de cultivo de peixes em tanques-rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. *Revista Científica de Produção Animal*, 8(2): 56-66.
- AYROZA L.M.S. 2009 *Criação de tilápia-do-Nilo, Oreochromis niloticus, em tanques-rede, na usina hidrelétrica de Chavantes, rio Paranapanema, SP/PR*. Jaboticabal. 92f. (Tese de Doutorado em Aquicultura. Centro de Aquicultura da UNESP). Disponível em: <[http://www.caunesp.unesp.br/pg/trabalhos\\_teses\\_autor.php](http://www.caunesp.unesp.br/pg/trabalhos_teses_autor.php)> Acesso em: 15 jun. 2011.
- BACCARIN, A.E. e CAMARGO, A.F.M. 2005 Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 48(1): 81-90.
- BARBOSA, J.E.L. 2002 *Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoá II: trópico semiárido paraibano*. São Carlos. 208f. (Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade de São Carlos). Disponível em: <[http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/index.php](http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/index.php)>
- BEVERIDGE, M.C.M. 1996 *Cage aquaculture*. Fishing News Books, Oxford. 346 p.
- BOUROCHE, J.M. e SAPORTA, G. 1982 *Análise de Dados*. Rio de Janeiro: Editora Zahar. 116p.
- BUENO, G.W.; MARENGONI, N.G.; JÚNIOR, A.C.G.; BOSCOLO, W.R.; TEIXEIRA, R.A. 2008 Estado trófico e bioacumulação do fósforo total no cultivo de peixes em tanques-rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 30(3): 237-243.
- CAVALCANTE, A.J.M. 2012 *Comunidade zooplânctônica e estado trófico de um reservatório do semiárido paraibano com piscicultura intensiva em tanques-rede*. Campina Grande. 90f. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba). Disponível em: <<http://pos-graduacao.uepb.edu.br/ppgcta/download/dissertacoesdefendidas/>>. Acesso em: 10 jun. 2009.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE 2005 RESOLUÇÃO 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*,

- 18 de março de 2005, Nº 53, p.58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>
- DEGEFU, A.F.; MENGISTU, B.S.; SCHAGERL, M. 2011 Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. *Aquaculture*, 316: 129-135.
- DIAS, J.B. 2006 *Impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia-do-nylo, Oreochromis niloticus, em açudes públicos do semi-árido nordestino, Brasil*. Natal. 69f. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. PRODEMA/UFRN). Disponível em: <<http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/JanandersonBD.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2010.
- DIEMER, O.; NEU, D.H.; FEIDEN, A.; LORENZ, E.K.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R. 2010 Dinâmica nictemeral e vertical das características limnológicas em ambiente de criação de peixes em tanques-rede. *Ciência Animal Brasileira*, 11(1): 24-31.
- DINIZ, C.R. 2005 *Ritmos nictemerais e distribuição espaço-temporal de variáveis limnológicas e sanitárias de dois açudes do trópico semi-árido*. Campina Grande. 193p. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande). Disponível em: <[http://bdtd.uepb.edu.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=514](http://bdtd.uepb.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=514)> Acesso em: 02 jan. 2009.
- DNOCs - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA (*on line*) Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>> Acesso em: 02 set. 2013.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. IBP Handbook, Blackwell Sci. Publ., Oxford. 215p.
- HAMBRIGHT, K.D.; GOPHEN, M.; SERRUYA, S. 1994 Influence of long term climatic changes on the stratification of a tropical, warm monomictic lake. *Limnology and Oceanography*, 29: 1233-1242.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2000 Impacto do lançamento de efluentes urbanos sobre alguns ecossistemas aquáticos do município de Rio Claro (SP). *Revista Ciências Biológicas e do Ambiente*, 2(3): 317-330.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2008 Treatment of shrimp effluents by free-floating aquatic macrophytes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 181-188.
- IVANCIC, I. e DEGOBBIS, D. 1984 The optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. *Water Research*, 18(9): 1143-1147.
- LAMPARELLI, M.C. 2004 *Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. São Paulo. 238f. (Tese Doutorado em Biociência. Universidade de São Paulo). Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/)> Acesso em: 10 abr. 2010.
- MALLASEN, M. e BARROS, H.P. 2010 *Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água*. In: CYRINO, J.E.P.; FURUYA, W.M.; RIBEIRO, R.P.; SCORVO FILHO, J.D. *Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.79-85.
- MALLASEN, M.; BARROS, H.P.; YAMASHITA E.Y. 2008 Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 1(1): 47-51. Disponível em: <[www.apta.sp.gov.br](http://www.apta.sp.gov.br)> Acesso em: 15 jul. 2009.
- MERCANTE, C.T.J.; SILVA, D.; COSTA, S.V. 2006 Avaliação da qualidade da água de pescadores da região metropolitana de São Paulo por meio do uso de variáveis abióticas e clorofila. In: ESTEVES, K.E. e SANT'ANNA, C.L. *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente*, Saúde Pública e Manejo. São Carlos: Rima. p.37-48.
- MURPHY J. e RILEY J.P. 1962 Modified single solution methods for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- NUSCH, E.A. 1980 Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie. Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 14: 14-36.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. 2008 *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: SEAP. p.135-158.
- PADIAL, P.R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. 2009 Heterogeneidade espacial e temporal da

- qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). *Ambi-Agua*, 4(3): 35-53.
- SANTOS, R.M.; ROCHA, G.S., ROCHA O.; SANTOS WISNIEWSKI, M.J. 2009 Influence of net cage fish cultures on the diversity of the zooplankton community in the Furnas hydroelectric reservoir, Areado, MG, Brazil. *Aquaculture Research*, 40(7): 753-761.
- SEMARH - SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (*on line*)
- URL: <[www.semarh.rn.gov.br](http://www.semarh.rn.gov.br)> Acesso em: 02 out. 2013.
- STRICKLAND, J.H.D. e PARSON, T.R. 1972 *A practical handbook of sea water analysis*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 167: 311p.
- VIEIRA, B.H.; PEREIRA, R.H.G.; DERBÓCIO, A.M. 2009 Análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica de um ecossistema aquático utilizado para o cultivo de peixes em tanque-rede, pantanal de Miranda - MS. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(4): 567- 576.