

# Probiótico dietético em sistemas de produção de tilápia do Nilo: efeitos sobre o crescimento, balanço de N e P, retenção de nutrientes e viabilidade econômica

## Dietary Probiotic in production systems of Nile tilapia: effect on growth, balance of N and P nutrient retention and economic viability

Monique Bayer Wild<sup>1\*</sup>; Nilton Garcia Marengoni<sup>2</sup>; Marisa Maria Pletsch Schneider Vivian<sup>3</sup>; Cláudio Yuji Tsutsumi<sup>4</sup>; Milton César de Moura<sup>5</sup>

### Resumo

Objetivou-se estimar o balanço de N e P, a retenção de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr, e a viabilidade econômica em um sistema de cultivo de tilápia do Nilo submetida à adição de *Bacillus subtilis* e *Bacillus cereus* na dieta. As análises de nutrientes na ração e no pescado foram realizadas para posteriores cálculos de taxa de eficiência de retenção de nutrientes (TERn), taxa de eficiência proteica (TEP) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN). O delineamento experimental para a quantidade de nutrientes no solo sobre épocas de coleta e o local de coleta no final do cultivo foi em fatorial 4 x 2 com cinco repetições e para a ERN, TEP e TERn no pescado foi inteiramente casualizado sendo quatro tratamentos e cinco repetições. As análises de variância foram empregadas, seguidas de teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e de análise de regressão. A adição de probióticos na ração influenciou ( $p < 0,05$ ) apenas a eficiência de retenção de Mn. A TEP foi menor ( $p < 0,05$ ) para a adição isolada de *B. subtilis* (0,89%) em comparação à ração com *B. cereus* (1,12%) e à ração isenta de probióticos (1,11%). Os valores médios de N, Cu, Mn e Cr foram maiores no sedimento da caixa de coleta e as concentrações de P foram maiores ( $p < 0,05$ ) no solo. Os nutrientes N, P, Cu e Fe tiveram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no solo e sedimento dos viveiros. A dieta adicionada de *B. subtilis* proporciona piores resultados na TEP e baixa ERN na produção de tilápia em larga escala. O período de cultivo acarreta a retenção de N e P no solo e sedimento da caixa de coleta. Este efeito pode ser minimizado de acordo com o aumento da ERN e da taxa de eficiência de retenção de fósforo (TERP) no pescado.

**Palavras-chave:** *Bacillus* sp., eficiência de retenção, nutrição, poluição, tilápia do Nilo

### Abstract

The objectives were estimate the balance of N and P, the retention of K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb and Cr, and the economic viability in a culture system of Nile tilapia subjected to the addition of *B. subtilis* and *B. cereus* in the diet. The analysis of nutrients in the diet and in the fish were carry out for the calculations of the rate of nutrient retention efficiency (RNRE), protein efficiency ratio (PER)

<sup>1</sup> M.e em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: monique\_bayer525@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-PPZ, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: nmarengoni@hotmail.com

<sup>3</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-PPZ, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: mari.samaria@hotmail.com

<sup>4</sup> Prof. do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-PPGA, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: cytsutsu@uol.com.br

<sup>5</sup> Agente Administrativo da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUC/PR, Toledo, PR. E-mail: milton.moura@pucpr.br

\* Autor para correspondência

and efficiency of nitrogen retention (NER). The experimental design for the content of nutrients in the soil on collection times and collection site at the end of cultivation was in factorial 4 x 2 with five replications and to the NER, and PER in fish RNRE was completely randomized with four treatments and five replicates. The analyses of variance were employed, followed by Tukey test ( $p < 0.05$ ) and regression analysis. The addition of probiotics in the diet influenced ( $p < 0.05$ ) only the efficiency of retention of Mn. The PER it was lower ( $p < 0.05$ ) for the addition of isolated *B. subtilis* (0.89%) in comparison with feed and *B. cereus* (1.12%) and free of probiotic food (1.11%). The average values of N, Cu, Mn and Cr were higher in the sediment of the collection box and P concentrations were higher ( $p < 0.05$ ) in the soil. The nutrients N, P, Cu and Fe had a significant increase ( $p < 0.05$ ) in the soil and sediment of ponds of the culture. The diet added to *B. subtilis* provides worse results of PER and lower NER results in production of large-scale tilapia. The cultivation leads to retention of nitrogen and phosphorus in the soil and sediment collection box. This effect can be minimized in accordance with the increase of ERN and the rate of phosphorus retention efficiency (RPRE) in fish.

**Key words:** *Bacillus* sp., environmental sustainability, Nile tilapia, nutrition, retention efficiency

## Introdução

O desenvolvimento do cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas duas últimas décadas impulsionou drasticamente a produção mundial de peixes de água doce para um total 33,7 milhões de toneladas, concebendo 56,4% do montante produzido no ano de 2010 (FAO, 2012). A aquicultura continental brasileira cresceu continuamente neste período, alcançando em 2010 uma produção de aproximadamente 394.340 toneladas de pescado, enquanto a tilapicultura alcançou o patamar de 155.450,80 toneladas produzidas, que representaram 39,42% das espécies cultivadas (BRASIL, 2012).

Mesmo em crescimento, a tilapicultura enfrenta o aumento da demanda e, requer para isto, a utilização de técnicas aprimoradas de cultivo de modo a reduzir o potencial impacto ambiental da atividade. Conforme Cyrino et al. (2010), a utilização de rações e o consequente manejo nutricional dos peixes definem a severidade do impacto ambiental causado pela piscicultura, em proporção direta com a intensificação dos sistemas de produção, visto que, sobras alimentares e fezes são as principais fontes de poluentes em efluentes de piscicultura intensiva.

O processo de eutrofização ocorre comumente em viveiros de criação de organismos aquáticos por meio do aporte de nutrientes, principalmente compostos nitrogenados e fosforados, advindos

de fontes externas – esterco, ração e material particulado, ou ainda, de fontes internas – fezes e resíduos de plantas. Estes nutrientes contribuem para o enriquecimento artificial da água do viveiro e promovem o crescimento excessivo de algas e plânctons, que influenciam na dinâmica de gases e nutrientes do meio ocasionando mortalidade no cultivo em função da redução nas concentrações de oxigênio dissolvido na água em períodos vespertino e noturno (PIEDRAHITA, 2003; STEPHENS; FARRIS, 2004; ZHANG et al., 2004; BACCARIN; CAMARGO, 2005).

Os aditivos antimicrobianos vivos têm efeito benéfico ao hospedeiro, melhorando a utilização dos nutrientes, e ainda, participam da degradação de matéria orgânica, reduzindo significativamente o material sedimentado, melhorando então, a qualidade da água, a sanidade dos peixes e a segurança alimentar (NAYAK, 2010).

A aplicabilidade e a utilização de probióticos na tilapicultura necessitam de melhor compreensão dos mecanismos que possibilitam o efeito benéfico destes produtos. Diversos estudos foram realizados sobre o efeito da utilização de probióticos sobre o desempenho e proporção sexual, reversão sexual em tilápia do Nilo e em outras espécies (MEURER et al., 2006, 2007; LEITE, 2009; MARENGONI et al., 2010; MELLO, 2012), porém, poucas pesquisas foram efetuadas avaliando sua utilização na absorção de nutrientes pelos peixes, na excreção destes ao

ambiente e na potencialidade de interferência na retenção no solo e no sedimento de viveiros.

Este estudo objetivou estimar o balanço de N e P e a retenção de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr e a viabilidade econômica em um sistema de cultivo de tilápia do Nilo da linhagem GIFT (*Genetic Improved Farmed Tilapia*), submetida à adição de *Bacillus subtilis* C-3102 e *Bacillus cereus* var. *Toyo* na dieta.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (Inpaa), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Toledo-PR, e teve duração de sete meses. O experimento foi desenvolvido em 20 viveiros retangulares de fundo natural, com aproximadamente 0,012 hectare de lâmina de água e profundidade média de 1 m, que apresentavam abastecimento e escoamento de água individual, monge e caixa de coleta. A reposição de água foi realizada apenas para manter a repleção dos viveiros.

Os viveiros foram povoados com 1000 juvenis ( $91,7 \pm 13,7$  g de massa) de tilápia do Nilo, linhagem

GIFT, na densidade de 4,6 indivíduos  $m^{-2}$ . Os juvenis foram alimentados diariamente com dieta composta por ração comercial extruzada Algomix® (ALGOMIX, 2012) para peixes em crescimento contendo no mínimo 32% de proteína bruta. Os probióticos comerciais Toyocerin® (SUMITOMO, 2012) e Calsporin® (CALPIS, 2012) utilizados na dieta foram, respectivamente, *B. cereus* var. *Toyo* ( $5 \cdot 10^9$  UFC  $g^{-1}$ ) e *B. subtilis* C-3102 ( $10 \cdot 10^9$  UFC  $g^{-1}$ ). A inclusão dos probióticos liofilizados na dieta ocorreu utilizando óleo vegetal, de modo que, a adição de probióticos consistiu de ração + 0,5% de *Bacillus cereus* + 2% de óleo vegetal (*B. cereus*); ração + 0,5% de *Bacillus subtilis* + 2% de óleo vegetal (*B. subtilis*); ração + 0,25% de *Bacillus cereus* + 0,25% de *Bacillus subtilis* + 2% de óleo vegetal (*B. cereus* + *B. subtilis*), e ração sem adição de probióticos + 2% de óleo vegetal (Isento). O manejo alimentar consistiu de 3% de ração ajustados em função da biomassa dos viveiros e da temperatura da água, seguindo a frequência de duas vezes ao dia.

A determinação dos parâmetros de desempenho zootécnico obtidos ao final do cultivo (Tabela 1) e a quantidade de nutrientes na ração (Tabela 2) foram utilizados para estimativa dos índices de utilização de nutrientes pelas tilápias.

**Tabela 1.** Valores médios  $\pm$  desvios padrões dos parâmetros de desempenho zootécnico após o cultivo de tilápia do Nilo alimentada com adição de probióticos.

Parâmetro <sup>(1)</sup>	Probiótico			
	Isento	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>
PM (g)	327,51 $\pm$ 68,91	324,81 $\pm$ 66,16	398,51 $\pm$ 23,87	354,72 $\pm$ 51,45
CT (cm)	28,71 $\pm$ 0,76	28,08 $\pm$ 1,41	29,22 $\pm$ 0,47	28,57 $\pm$ 1,17
BM (kg)	13,79 $\pm$ 2,61	13,90 $\pm$ 2,82	17,14 $\pm$ 1,03	15,17 $\pm$ 2,09
CR (kg)	25,36 $\pm$ 5,56	26,33 $\pm$ 5,03	29,98 $\pm$ 1,65	27,30 $\pm$ 3,43
CA	2,80 $\pm$ 0,23	2,92 $\pm$ 0,41	2,40 $\pm$ 0,24	2,62 $\pm$ 0,38
SO (%)	84,50 $\pm$ 3,00	85,60 $\pm$ 0,89	86,00 $\pm$ 0,00	85,60 $\pm$ 0,89
CE (% dia <sup>-1</sup> )	0,63 $\pm$ 0,11	0,62 $\pm$ 0,11	0,73 $\pm$ 0,03	0,67 $\pm$ 0,07
GPD (g)	1,17 $\pm$ 0,34	1,16 $\pm$ 0,33	1,53 $\pm$ 0,12	1,31 $\pm$ 0,26
Kn	1,96 $\pm$ 0,21	2,01 $\pm$ 0,07	1,83 $\pm$ 0,16	2,04 $\pm$ 0,23

<sup>(1)</sup>PM = Peso Médio; CT = Comprimento total médio; BM= Biomassa; CR = Consumo de ração; CA = Conversão alimentar; SO = Sobrevivência; CE = Crescimento específico; GDP = Ganho em peso diário; Kn = Fator de condição

**Fonte:** Elaboração dos autores.

**Tabela 2.** Valores médios de nutrientes encontrados nas rações com diferentes combinações de adição de probióticos para tilápia do Nilo.

Nutriente	Probiótico			
	Isento	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>
<b>Macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
N	5,77	6,21	6,82	6,56
P	12,26	12,20	11,38	12,88
K	6,75	6,15	6,60	6,00
Ca	38,20	33,35	32,00	36,00
<b>Micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>)</b>				
Mg	4,80	4,00	3,90	4,50
Cu	14,00	16,00	14,00	15,00
Fe	671,00	655,00	618,00	693,00
Mn	84,00	63,00	54,00	67,00
Zn	134,00	128,00	125,00	130,00
Cd	<LD <sup>(1)</sup>	<LD	<LD	<LD
Pb	27,00	22,00	21,00	26,00
Cr	<LD	<LD	<LD	<LD

<sup>(1)</sup>LD = Limite de Detecção pelo método de espectrometria de absorção atômica, LD 0,01mg kg<sup>-1</sup>

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A estimativa dos indicadores de receitas e despesas de produção foi realizada com base nos dados de desempenho zootécnico observados no cultivo de tilápia do Nilo com adição de probióticos na dieta para a produção de uma tonelada de pescado, tomando-se como parâmetros os preços de base dos probióticos e da ração de agosto de 2012, atualizados pela Calpis e Co. Ltda (CALPIS, 2012), pela Sumitomo Chemical do Brasil Ltda (SUMITOMO, 2012) e pela Algomix Agroindustrial Ltda (ALGOMIX, 2012).

Amostragens de solo e sedimento da caixa de coleta de cada viveiro foram realizadas anteriormente ao início do cultivo e após o término da safra da tilápia. O solo foi coletado utilizando o trado caneco, modelo SONDATERRA®, em profundidade de 10 a 20 cm, sendo retirada, primeiramente, a fração superficial (sedimento) de 5 cm. As amostras do material sedimentado na caixa de coleta foram recolhidas e acondicionadas em frascos de polietileno, codificadas e encaminhadas ao laboratório. No início e final do cultivo foram coletados cinco juvenis por viveiro. Estes foram

viscerados para análise da quantidade de nutrientes no pescado (carcaça sem vísceras e brânquias).

Todas as amostras compostas dos viveiros foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas e, moídas para serem analisadas quimicamente quanto à concentração de nutrientes. A determinação de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr ocorreu por meio de digestão nítrico-perclórica (AOAC, 2005) e leitura por espectrometria de absorção atômica (WELZ; SPERLING, 1999), modalidade chama, utilizando-se o aparelho da marca GBC, modelo 932 AA. Para determinação do nitrogênio total (N) foi utilizado o método micro-kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 2009). O fósforo total foi determinado pela metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), por meio de leitura em ultravioleta visível (UV-vis).

A taxa de eficiência de retenção de nutrientes (TERn) foi obtida por meio da equação:  $TERn (\%) = [(P_f \times F_f) - (P_i \times F_i)] / CR \times F_f$ , em que, TERn é taxa de eficiência de retenção de nutrientes (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr) no ganho em peso;  $P_f$ , peso médio final dos peixes na parcela

experimental;  $F_p$ , porcentagem média de nutriente corporal final na parcela experimental;  $P_p$ , peso médio inicial dos peixes na parcela;  $F_i$ , porcentagem de nutriente corporal inicial na parcela experimental;  $CR$ , consumo de ração em cada parcela; e  $F$ , porcentagem do nutriente na dieta experimental.

A taxa de eficiência proteica foi calculada de acordo com a equação:  $TEP = GP/PC$ , em que,  $TEP$  = Taxa de eficiência proteica;  $GP$  = ganho em peso (g);  $PC$  = proteína consumida (g). A eficiência de retenção e nitrogênio foi calculada segundo a equação:  $ERN = [(P_f \times N_f) - (P_i \times N_i)]/N_c$ , em que,  $ERN$  é a eficiência de retenção de nitrogênio no ganho em peso;  $P_f$ , peso médio final dos peixes na parcela experimental;  $N_f$ , porcentagem média de nitrogênio corporal final na parcela experimental;  $P_i$ , peso médio inicial dos peixes na parcela;  $N_i$ , porcentagem média de nitrogênio corporal inicial na parcela experimental; e  $N_c$ , nitrogênio consumido (g). A ERN e a TEP foram estimadas para a produção de uma tonelada de filé multiplicando-se a concentração média pelo total de biomassa a despesa.

O efeito da adição de probióticos (Isento, ração + *B. cereus*, ração + *B. subtilis*, ração + *B. cereus* + *B. subtilis*) sobre a ERN, TEP e TERN, P, K, Ca,

Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr na carcaça das tilápias foi avaliado utilizando um delineamento inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos e cinco repetições. O efeito dos probióticos sobre a concentração de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr presentes no solo nas épocas de coleta (no início e no final do cultivo) e no local de coleta no final do cultivo (solo e sedimento), foi avaliado utilizando um delineamento em esquema fatorial 4 x 2 com cinco repetições, sendo quatro tratamentos avaliados em duas épocas ou dois locais.

As análises de variância foram empregadas, seguidas de teste de Tukey, a 5% de probabilidade (UFV/SAEG, 2007) e de análise de regressão, por meio do software Excel®.

## Resultados e Discussão

A adição de probióticos na ração proporcionou efeito ( $p < 0,05$ ) sobre a taxa de eficiência de retenção de Mn no pescado (Tabela 3), com melhores taxas encontradas para as tilápias que receberam somente *B. cereus*, em comparação aos valores daquelas que receberam ração isenta de probióticos. As concentrações de Cr e Cd não foram detectadas no pescado pela metodologia de espectrometria de absorção atômica com chama e LD 0,01mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Taxa de eficiência de retenção de nutrientes (%) no pescado produzido com adição de probióticos *B. subtilis* e *B. cereus* na dieta de tilápia do Nilo.

Probiótico	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
<i>B. cereus</i>	0,45	0,51	0,34	0,16	0,68	0,07	0,05 a <sup>(1)</sup>	0,26	0,41
<i>B. subtilis</i>	0,39	0,20	0,34	0,12	0,68	0,07	0,04 ab	0,25	0,34
<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>	0,36	0,26	0,29	0,15	0,46	0,07	0,04 ab	0,24	0,27
Isento	0,36	0,30	0,34	0,13	0,84	0,06	0,03 b	0,26	0,31
Média	0,39	0,32	0,33	0,14	0,66	0,07	0,04	0,25	0,33
F <sub>CALCULADO</sub>	1,980	1,290	0,190	0,880	0,420	0,150	4,000	0,270	2,270
Probabilidade	0,157	0,312	0,901	0,472	0,740	0,930	0,027	0,846	0,120
CV (%) <sup>(2)</sup>	16,99	85,29	43,14	34,99	81,19	24,33	25,14	27,97	26,80

<sup>(1)</sup>Letras distintas na coluna indicam diferença ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>(2)</sup>CV = Coeficiente de Variação

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Considerando que um dos princípios de ação dos probióticos é a competição por sítios de absorção de nutrientes (SAHU et al., 2008), a adição de *B. cereus* na dieta pode ter resultado na prevenção da colonização de bactérias patogênicas no trato gastrointestinal dos peixes, proporcionando a melhoria na eficiência de absorção, que consequentemente pode ter favorecido a taxa de eficiência de retenção dos nutrientes pelos peixes (Tabela 3).

As combinações de probióticos não influenciaram ( $p>0,05$ ) a eficiência de retenção de nitrogênio (Tabela 4), entretanto, o pescado que recebeu adição isolada de *B. subtilis* apresentou menor ( $p<0,05$ ) TEP (0,89%) quando comparado ao pescado que

recebeu ração com *B. cereus* (1,12%) e ração isenta de probióticos (1,11%). Resultado diferente foi observado por Schwarz et al. (2010), ao avaliar dietas contendo 0, 1, 2 e 3% de prebiótico para juvenis de tilápia do Nilo, observando maior TEP nas dietas contendo 1% de mananoligossacarídeo (2,66%) em comparação com a dieta controle (2,43%) e a dieta contendo 3% (2,38%). Maiores TEP foram encontradas para tilápia do Nilo cultivada em viveiro e alimentada com silagem de resíduo de peixe ou da soja integral como fontes alternativas de proteína à farinha de peixe, de dietas com diferentes níveis proteicos, obtendo valores entre 3,2 e 3,9% (ASSANO et al., 2011).

**Tabela 4.** Valores médios de eficiência de retenção de nitrogênio (ERN, em%) e taxa de eficiência proteica (TEP, em%) obtidos no pescado e estimativa de consumo de nitrogênio (CN, em kg), quantidade de nitrogênio no pescado (NP, em kg) e quantidade de nitrogênio não utilizado para a composição do pescado (QNU, em kg) por tonelada de pescado produzida com adição de probiótico na dieta de tilápia do Nilo.

Probiótico	ERN	TEP	CN	NP	QNU <sup>(3)</sup>
<i>B. cereus</i>	6,55	1,12 a <sup>(1)</sup>	146,82 b	9,55	137,28 b
<i>B. subtilis</i>	6,12	0,89 b	178,74 a	10,94	167,8 a
<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>	6,76	1,02 ab	157,98 ab	10,56	147,42 ab
Isento	6,74	1,11 a	144,37 b	9,64	134,73 b
Média	6,54	1,03	156,98	10,17	146,81
F <sub>CALCULADO</sub>	0,200	6,000	7,190	0,540	6,330
Probabilidade	0,894	0,006	0,003	0,662	0,005
CV (%) <sup>(2)</sup>	22,69	8,83	8,32	20,53	9,1

<sup>(1)</sup> Letras distintas na coluna indicam diferença ( $p<0,05$ ) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>(2)</sup> CV = Coeficiente de Variação; <sup>(3)</sup> Quantidade de nitrogênio obtida pela diferença entre o consumo de nitrogênio e a concentração de nitrogênio no pescado.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Quando estimada a produção de uma tonelada de pescado nestas condições de cultivo, a quantidade de nitrogênio no pescado não sofreria interferência ( $p>0,05$ ) da combinação de probióticos adicionados à dieta (Tabela 4), porém, a utilização de *B. subtilis* proporcionaria maior ( $p<0,05$ ) quantidade de nitrogênio consumido (178,74 kg) e de nitrogênio não depositado no pescado (167,8 kg) quando comparado aos peixes que receberam ração com *B. cereus* e dieta isenta de probiótico. A maior quantidade de N consumido e não utilizado

para a composição do pescado poderia refletir na menor taxa de eficiência proteica encontrada neste tratamento. Esta estimativa é preocupante, uma vez que, se o *B. subtilis* incorporado à ração proporciona maior quantidade de N não depositado no pescado, sua utilização se torna indesejável em decorrência do maior impacto ambiental provocado por este efeito. Deste modo, mesmo que a totalidade restante do nitrogênio fosse incorporada a outros órgãos e vísceras, o impacto poderia ser gerado em outros elos da cadeia produtiva, como por exemplo,

indústrias de processamento e filetagem e ainda, fábricas de rações que, utilizam destes resíduos em suas formulações.

Ainda do ponto de vista econômico, o custo médio da ração Algomix® (ALGOMIX, 2012), para peixes em crescimento, utilizada neste sistema de

cultivo corresponde a R\$ 1,10 kg<sup>-1</sup> (Tabela 5). A adição dos probióticos *B. cereus*, *B. subtilis*, e *B. cereus* + *B. subtilis* em óleo vegetal na ração, provoca um aumento nos custos de R\$ 0,18, 0,12 e 0,11 kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O óleo vegetal na dieta isenta de probióticos gera um adicional de R\$ 0,08 kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 5.** Estimativa dos indicadores de receitas e despesas de produção observados no cultivo de tilápia do Nilo com adição de *B. cereus* e *B. subtilis* na dieta para a produção de uma tonelada de pescado.

Indicadores	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>	Isento
Probiótico (R\$ kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,10	0,04	0,03	0,00
Óleo vegetal (R\$ kg <sup>-1</sup> )	0,08	0,08	0,08	0,08
Ração (R\$ kg <sup>-1</sup> ) <sup>(2)</sup>	1,10	1,10	1,10	1,10
Ração com probiótico (R\$ kg <sup>-1</sup> )	1,28	1,22	1,21	1,18
Nitrogênio consumido (R\$ g <sup>-1</sup> )	0,022	0,021	0,020	0,019
Custo total ração (R\$ t <sup>-1</sup> )	3024,78	3495,40	3086,24	2741,94
Lucratividade (R\$ t <sup>-1</sup> )	1975,22	1504,60	1913,76	2258,06
Retorno sobre o investimento	1,65	1,43	1,62	1,82

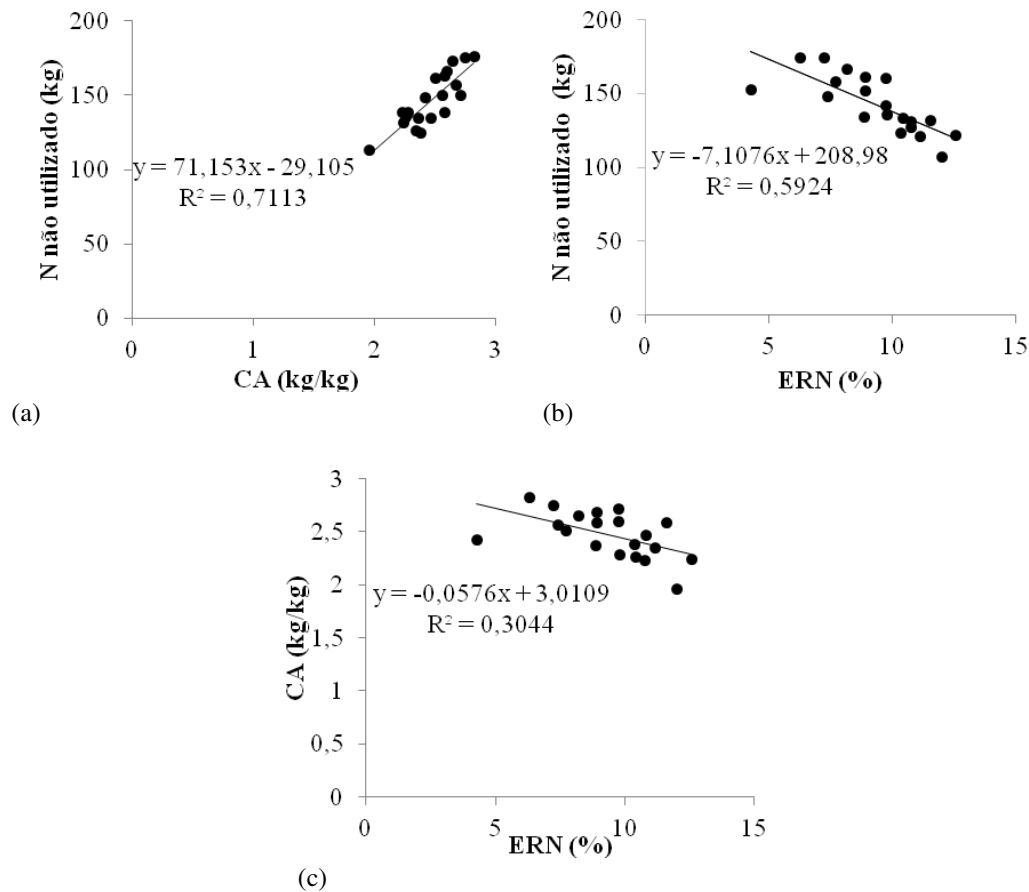
<sup>(1)</sup>Valor atualizado pela Calpis e Co. Ltda e pela **Sumitomo** Chemical do Brasil Ltda- base agosto de 2012; <sup>(2)</sup>Valor atualizado pela Algomix Agroindustrial Ltda – base agosto de 2012.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A dieta com adição de *B. subtilis* proporciona maior custo de produção com ração (3495,40 R\$ t<sup>-1</sup>) refletindo na menor lucratividade (1504,60 R\$ t<sup>-1</sup>) do cultivo (Tabela 5). A dieta com isenção de probióticos apresentou a maior lucratividade (2258,06 R\$ t<sup>-1</sup>) e uma relação de 1,82:1 no retorno sobre o investimento, expressando que, para cada R\$ 1,00 investido, são obtidos R\$ 1,82 na comercialização do pescado. A dieta com *B. cereus* apresentou maior relação (1,65:1) no retorno sobre o investimento que a combinação *B. cereus* + *B. subtilis* (1,62:1) e a ração com e *B. subtilis* (1,43:1).

Segundo o modelo de regressão linear, a quantidade de nitrogênio não utilizada para a produção de uma tonelada de pescado apresenta regressão linear crescente ( $y = 71,15x - 29,10$ ) em função da CA (Figura 1a) e decrescente ( $y = -7,107x + 208,9$ ) em função da ERN (Figura 1b). A CA apresenta comportamento decrescente ( $y = -0,057x + 3,010$ ) em função da ERN (Figura 1c). Portanto, os maiores valores de CA são proporcionados por uma baixa ERN, e propiciam maior quantidade de N não utilizado para a composição química do pescado.

**Figura 1.** Análise de regressão da quantidade de nitrogênio não utilizado para a composição de uma tonelada de pescado em função da conversão alimentar (CA) dos peixes (a) e da eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) das tilápias (b); Análise de regressão da conversão alimentar (CA) em função da eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes do cultivo.



**Fonte:** Elaboração dos autores.

A quantidade de nitrogênio no solo e no material sedimentado na caixa de coleta teve relação polinomial com a ERN (Figura 2). O modelo ajustado resultou em  $R^2 = 94,6\%$  na variação na quantidade de N no solo e  $R^2 = 82,3\%$  da concentração no material sedimentado na caixa de coleta. De acordo com as equações polinomiais, as menores concentrações de N encontradas nestes locais são observadas para valores de ERN superiores a 7,5%.

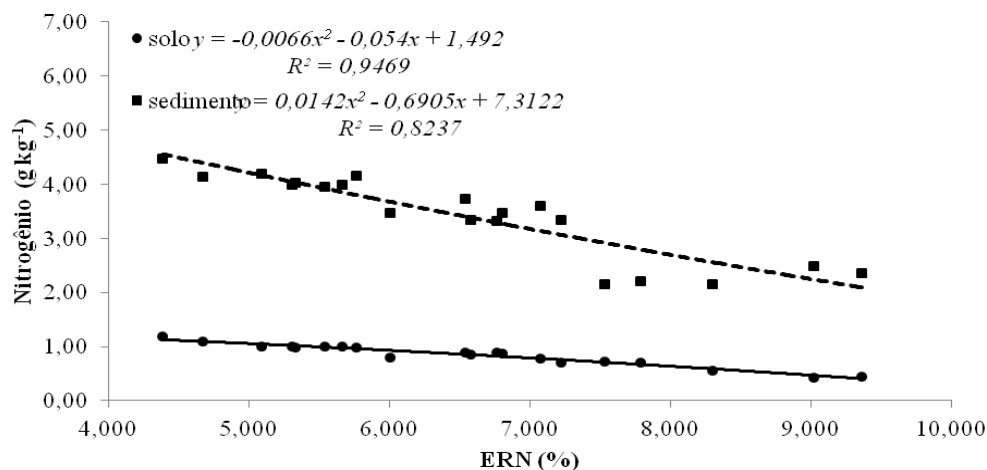
A quantidade de P total no solo em função da TERP apresentou comportamento polinomial, descrito pela equação  $y = 1102x^3 - 1378x^2 + 557,2x - 67,97$  (Figura 3). A linha de tendência apresenta

ponto máximo de concentração de N ( $5,49 \text{ g kg}^{-1}$ ) no solo para as TERP entre 0,34 e 0,35%.

O comportamento polinomial, descrito pela equação  $Y = 1083x^3 - 1308x^2 + 514,9x - 63,83$ , representa a quantidade de P total no sedimento da caixa de coleta em função da TERP. A linha de tendência proporciona valores entre 2,16 e 2,60  $\text{g kg}^{-1}$  de P no sedimento para TERP entre 0,30 e 0,34%. O aumento 0,10 pontos percentuais na TERP leva a redução nas concentrações de P em aproximadamente 1,35  $\text{g kg}^{-1}$  no solo e 0,90  $\text{g kg}^{-1}$  no sedimento da caixa de coleta dos viveiros.

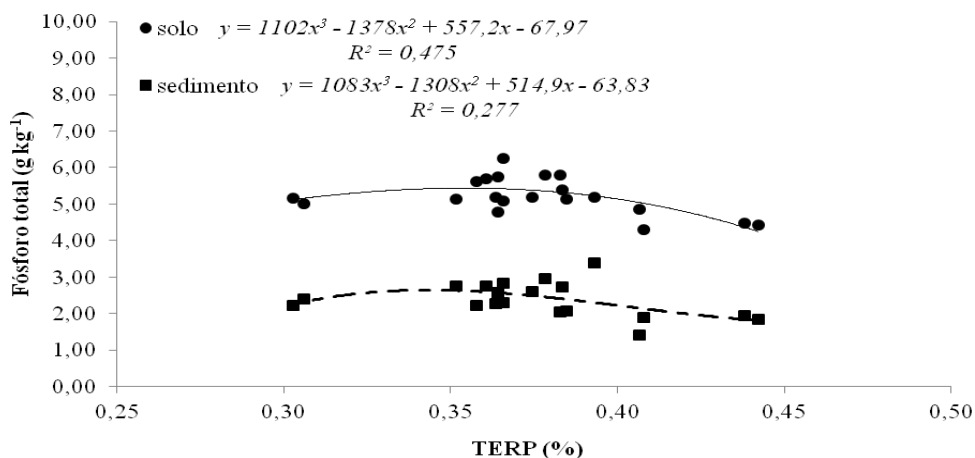


**Figura 2.** Análise de regressão da quantidade de nitrogênio no solo e no sedimento da caixa de coleta dos viveiros após o cultivo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função da eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) no pescado.



Fonte: Elaboração dos autores.

**Figura 3.** Análise de regressão da quantidade de fósforo total no solo e no sedimento da caixa de coleta dos viveiros após o cultivo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função da taxa de eficiência de retenção de fósforo no pescado.



Fonte: Elaboração dos autores.

Não houve efeito de interação ( $p > 0,05$ ) entre as suplementações de probióticos e o local de coleta, bem como entre estas adições e a época de coleta observada (Tabelas 6 e 7). A adição de probióticos não influenciou ( $p > 0,05$ ) as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr observadas no solo e sedimento da caixa de coleta durante o cultivo.

O local de coleta não apresentou efeito ( $p > 0,05$ ) sobre a quantidade de K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cd e Pb (Tabelas 6 e 7). Os valores médios de N, Cu, Mn e Cr encontrados no sedimento da caixa de coleta, com revestimento de alvenaria foram superiores ( $p < 0,05$ ) às concentrações observadas no solo, provavelmente devido ao efeito de lixiviação destes nutrientes no solo dos viveiros.

Os valores médios de P total foram maiores ( $p < 0,05$ ) no solo em comparação com o material sedimentado (Tabela 6). Esta diferença pode ter decorrido da menor fixação do P no sedimento, impossibilitado pelo revestimento de alvenaria

da caixa de coleta. Provavelmente, os principais mecanismos da menor retenção do P no sedimento da caixa de coleta foram uma combinação de processos como, a mineralização no solo, mobilização ou biomagnificação.

**Tabela 6.** Valores médios de macronutrientes N, P, K, Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) no solo e sedimento da caixa de coleta observados no início e no final do cultivo de tilápia do Nilo com adição de *B. cereus* e *B. subtilis* na dieta.

Probiótico	N		P		K	Ca	
<i>B. cereus</i>	2,81		4,20		1,13	29,91	
<i>B. subtilis</i>	2,51		3,20		2,64	30,08	
<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>	2,55		3,56		2,06	22,89	
Isento	2,91		3,81		1,37	31,60	
Solo	0,75	b <sup>(1)</sup>	4,15	a	1,74	27,21	
Sedimento	4,65	a	3,24	b	1,86	30,03	
Início do cultivo	2,26	b	3,16	b	2,12	43,24	a
Final do cultivo	3,14	a	4,22	a	1,48	14,00	b
Média	2,70		3,69		1,80	28,62	
F <sub>CALCULADO</sub>	35,100		5,660		1,620	6,290	
Probabilidade	<0,0001		<0,0001		0,0919	<0,0001	
CV (%) <sup>(2)</sup>	29,34		52,41		28,24	55,98	

<sup>(1)</sup>Letras distintas na coluna indicam diferença ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>(2)</sup>CV = Coeficiente de Variação; **Fonte:** Elaboração dos autores.

**Tabela 7.** Valores médios dos micronutrientes Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e metais pesados tóxicos Cd, Pb e Cr ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no solo e sedimento da caixa de coleta observados no início e no final do cultivo de tilápia do Nilo com adição de *B. cereus* e *B. subtilis* na dieta.

Probiótico	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Pb	Cr					
<i>B. cereus</i>	3,29	329,80	6.764,20	703,55	211,70	2,45	80,85	25,75					
<i>B. subtilis</i>	3,52	303,05	6.313,80	619,55	189,15	2,10	72,85	21,90					
<i>B. cereus</i> + <i>B. subtilis</i>	3,03	302,30	6.706,50	645,35	188,30	2,05	71,90	27,90					
Isento	3,16	319,50	6.513,70	666,50	206,25	2,20	74,85	24,10					
Solo	3,36	301,65	b <sup>(1)</sup>	6404,50	613,45	b	196,13	2,20	74,68	21,73	b		
Sedimento	3,14	325,68	a	6744,50	704,03	a	201,58	2,20	75,55	28,10	a		
Início do cultivo	4,38	a	294,15	b	2252,80	b	667,68	218,33	a	2,63	a	75,50	24,15
Final do cultivo	2,12	b	333,18	a	10896,30	a	649,80	179,38	b	1,78	b	74,73	25,68
Média	3,25		313,66		6574,51		658,74	198,85		2,20		75,11	24,91
F <sub>CALCULADO</sub>	10,330		3,280		12,970		3,210		2,830	2,360		1,130	2,450
Probabilidade	<0,0001		0,0005		<0,0001		0,0006		0,002	0,009		0,347	0,007
CV (%) <sup>(2)</sup>	26,95		22,53		42,58		23,12		20,29	33,13		26,96	30,47

<sup>(1)</sup>Letras distintas na coluna indicam diferença ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>(2)</sup>CV = Coeficiente de Variação. **Fonte:** Elaboração dos autores.

Não foi observado efeito de época de coleta para os valores médios de K, Mn, Pb e Cr, porém, as concentrações de Ca, Mg, Zn e Cd, sofreram redução ( $p < 0,05$ ) durante o cultivo (Tabelas 6 e 7). Os nutrientes N, P, Cu e Fe tiveram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) neste período que pode ser proveniente da ração utilizada, de efluentes industriais lançados no Rio São Francisco Verdadeiro, o qual abasteceu viveiros ou ainda, de alguma fonte de poluição difusa durante o cultivo de tilápia.

A ampliação das concentrações de N e P no solo e sedimento dos viveiros é preocupante se estes forem disponibilizados para a coluna de água, formando efluentes que, ao atingirem os corpos de água adjacentes possam desencadear a eutrofização e a poluição ambiental.

As alterações nas concentrações de N e P estão relacionadas com a ERN e TERP, refletindo na exigência de sérios esforços de pesquisa para a redução da potencialidade poluente da tilapicultura. A utilização de práticas eficazes e simplificadas de manejo da qualidade da água e gerenciamento ambiental, com ostentação na utilização de rações balanceadas com adição de probióticos pode contribuir para a sustentabilidade ambiental da cadeia produtiva. Algumas alternativas mais aprimoradas e onerosas, como a construção de bacias de sedimentação (TACON; FORSTER, 2003) e utilização de biofiltros (RIJN; TAL; SCHREIER, 2006) também atenuam consideravelmente a concentração de N e P no meio e podem ser utilizadas para reduzir o impacto ambiental de efluentes da tilapicultura. A ação coordenada de piscicultores, das indústrias de rações, dos órgãos governamentais e das instituições de ensino e pesquisa pode definir os parâmetros e programas de utilização sustentável dos recursos hídricos para a produção de alimentos.

## Conclusões

A adição de *B. cereus* não teve efeito negativo sobre o desempenho dos peixes. A dieta com adição de *B. subtilis* influencia negativamente na eficiência de retenção de nutrientes, proporcionando maior quantidade de nitrogênio não utilizado pelos peixes.

O período de cultivo acarreta a retenção de N e P total no solo dos viveiros e sedimento da caixa de coleta, entretanto, este efeito pode ser minimizado de acordo com o aumento da eficiência de retenção de nitrogênio e da taxa de eficiência de retenção de fósforo no pescado.

A adição de probióticos, apesar de, proporcionar maior custo de produção e conseqüente redução da lucratividade no sistema de cultivo, pode contribuir para sustentabilidade ambiental em sistemas de produção de tilápia do Nilo.

## Comitê de Ética e Biossegurança

Os procedimentos adotados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética na Experimentação Animal e Aulas Práticas (CEEAAP) da Unioeste, sob o protocolo 81/2009.

## Agradecimentos

À Fundação Araucária pelo suporte financeiro recebido.

À empresa Algomix Agroindustrial LTDA pelo fornecimento da ração utilizada no experimento.

Ao Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) pelo apoio na realização das análises químicas.

Ao Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (Inpaa), Toledo-PR, pela disponibilidade do local para realização do experimento.

Ao Grupo de Estudos em Tilapicultura (GET) pelo auxílio na realização das análises.

## Referências

- ALGOMIX. *Ração para peixes em crescimento*. 2012. Disponível em: <<http://www.algomix.com.br>>. Acesso em: 30 jul. 2012.
- ASSANO, M.; RAMIREZ, A. P. M.; STECH, M. R.; HONORATO, G. A.; MALHEIROS, E. B.; CARNEIRO, D. J. Desempenho de tilápia-do-Nilo cultivadas em viveiros alimentadas com diferentes fontes e níveis proteicos. *Ensaio e Ciência: Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde*, Campo Grande, v. 15, n. 5, p. 81-90, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods of analysis*. Maryland: AOAC, 2005.
- BACCARIN, A. E.; CAMARGO, A. F. M. Characterization and evaluation of the feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 81-90, 2005.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura – 2010. Brasília: MPA, 2012. 129 p.
- CALPIS. *Promoting health of body and mind*. 2012. Disponível em: <<http://www.calsporin.com/portuguese/faq/index.html>>. Acesso em: 30 jul. 2012.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 39, p. 68-S87, 2010. Suplemento.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *The state of world fisheries and aquaculture, 2012*. Roma: FAO, 2012. 209 p.
- LEITE, M. J. C. *Utilização de microrganismos eficazes como probiótico no cultivo da tilápia do Nilo*. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- MARENGONI, N. G.; ALBUQUERQUE, D. M.; MOTA, F. L. S.; PASSOS NETO, O. P.; SILVA NETO, A. A.; SILVA, A. I. M.; OGAWA, M. Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob a inclusão de probiótico em água mesohalina. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 59, n. 227, p. 403-414, 2010.
- MELLO, H. *Bacillus cereus e Bacillus subtilis na suplementação dietária de juvenis de tilápias-do-nilo (Oreochromis niloticus) e seu efeito probiótico*. 2012. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; COSTA, M. M.; FRECCIA, A.; MAUERWERK, V. L. *Saccharomyces cerevisiae* como probiótico para alevinos de tilápia-do-nilo submetidos a desafio sanitário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1219-1224, 2007.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; COSTA, M. M.; MAUERWERK, V. L.; FRECCIA, A. Utilização de *Saccharomyces cerevisiae* como probiótico para tilápias-do-nilo durante o período de reversão sexual submetidas a um desafio sanitário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1881-1886, 2006.
- NAYAK, S. K. Probiotics and immunity: A fish perspective. *Fish & Shellfish Immunology*, London, v. 29, n. 1, p. 2-14, 2010.
- PIEDRAHITA, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 226, n. 1-4, p. 35-44, 2003.
- RIJN, J. V.; TAL, Y.; SCHREIER, H. J. Denitrification in recirculating systems: theory and applications. *Aquacultural Engineering*, Oxford, v. 34, n. 3, p. 364-376, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG. Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007.
- SAHU, M. K.; SWARNAKUMAR, N. S.; SIVAKUMAR, K.; THANGARADJOU, T.; KANNAN, L. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. *Indian Journal of Microbiology*, Calcutta, v. 48, n. 3, p. 299-308, 2008.
- SCHWARZ, K. K.; FURUYA, W. M.; NATALI, M. R. M.; MICHELATO, M.; GUALDEZI, M. C. Mananoligossacarídeo em dietas para juvenis de tilápias do Nilo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 197-203, 2010.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 235 p.
- STEPHENS, W.; FARRIS, J. L. A biomonitoring approach to aquaculture effluent characterization in channel catfish fingerling production. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 241, n. 1-4, p. 319-330, 2004.
- SUMITOMO. *The dream of chemistry in your life*. 2012. Disponível em: <<http://www.sumitomo-chem.co.jp>>. Acesso em: 30 jul. 2012.

TACON, A. G. J.; FORSTER, I. P. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 226, n. 1-4, p. 181-189, 2003.

TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BIASSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solos, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

WELZ, B.; SPERLING, M. *Atomic absorption spectrometry*. 3. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 941 p.

ZHANG, M.; ZHOU, Y.; XIE, P.; XU, P.; LI, J.; ZHU, D.; XIA, T. Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphatase activity in a hypereutrophic lake, People's Republic of China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v. 73, n. 5, p. 927-932, 2004.

