



Efeito dos polissacarídeos sulfatados da rodofícea *Kappaphycus alvarezii* em pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a situações de estresse

Jefferson Pablo de Sousa Saboya*, Glacio Souza Araujo, José William Alves da Silva, José de Sousa Junior, Rafael Lustosa Maciel e Wladimir Ronald Lobo Farias

Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, s/n, 60356-000, Fortaleza, Ceará, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: jeffersonsaboya@hotmail.com

RESUMO. O trabalho avaliou o efeito da administração oral dos polissacarídeos sulfatados (PS) extraídos da macroalga marinha *Kappaphycus alvarezii* na sobrevivência e ganho de peso de pós-larvas da tilápia do Nilo, durante a reversão sexual em situação de estresse. Os PS foram extraídos por digestão enzimática e incorporados à ração antes da adição do hormônio 17- α -metiltestosterona, sendo administrados nas doses de 0,05; 0,1 e 0,2 mg g⁻¹ de peso vivo e um controle (sem PS), durante 28 dias. Na última semana da reversão sexual foi estabelecida uma situação de estresse, pela supressão da aeração e renovações de água. Os dados de sobrevivência e ganhos de peso foram submetidos à análise de variância (Anova) e teste de Tukey para diferenciação das médias, aos níveis de significância de 1 e 5%. Os ganhos de peso foram maiores nos animais que receberam os PS, independente da dose utilizada e as melhores sobrevivências obtidas quando os PS foram administrados nas doses de 0,05 e 0,1 mg g⁻¹, com valores de 79,90 \pm 5,68 e 77,60 \pm 1,80%, respectivamente. O estudo revelou que pequenas doses dos PS, foram capazes de melhorar a sobrevivência, o ganho de peso diário e o peso médio final das tilápias submetidas a situações de estresse.

Palavras-chave: alga marinha, imunostimulante, reversão sexual.

Effect of sulfated polysaccharides from the Rodophyta *Kappaphycus alvarezii* in post larva of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) submitted to a stress situation

ABSTRACT. The study evaluated the effect of oral administration of sulfated polysaccharides (SP) extracted from the marine macroalga *Kappaphycus alvarezii* on survival and weight gain of Nile tilapia post larvae during sex reversal in a stress situation. SP were extracted from the seaweed by enzymatic digestion and incorporated into the diet before the addition of the hormone 17- α -methyltestosterone, and administered at the doses of 0.05, 0.1 and 0.2 mg g⁻¹ of body weight and a control (without SP), for 28 days. In the last week of sex reversal a stress situation was established by removing the aeration and water renewal. Survival and weight gains data were subjected to a variance analysis (ANOVA) and Tukey's test for averages differentiation at significance levels of 1 and 5%. Weight gains were greater in animals that received SP, regardless of the used dose and better survivals were obtained when SP were administered at the doses of 0.05 and 0.1 mg g⁻¹, with values of 79.90 \pm 5.68 and 77.60 \pm 1.80%, respectively. The study revealed that small doses of the SP were able to improve survival, daily weight gain and final average weight of tilapias submitted to a stress situation.

Keywords: seaweed, immunostimulant, sex reversal.

Introdução

Em sistemas intensivos de criação de peixes, a ocorrência de situações estressantes é inevitável, pois os animais são submetidos a inúmeros manejos e variações ambientais (MELO et al., 2009).

A concentração de oxigênio dissolvido é um dos fatores de qualidade da água que mais afeta os peixes cultivados, que necessitam de bons níveis de oxigênio para manutenção das suas funções vitais (TRAN-DUY et al., 2008). Quando os níveis de

oxigênio dissolvido nos tanques se tornam baixos, os organismos cultivados podem ficar estressados e até mesmo morrerem (GOLOMBIESKI et al., 2005). Muitos casos de depleção de oxigênio dissolvido em tanques com peixes são resultados de altas taxas de respiração noturna pela densa comunidade planctônica (GIST et al., 2009), elevada densidade de estocagem (OLIVEIRA et al., 2010), respiração de organismos bentônicos e decomposição bacteriana (PINTO et al., 2010).

O cultivo de apenas indivíduos machos de tilápia do Nilo é mais vantajoso, por atingirem maior tamanho em relação às fêmeas, além de impedir a reprodução e evitar problemas com superpopulações (VALENTIN-ZABOTT et al., 2008).

Dentre as técnicas existentes para a obtenção de populações monossexo, a mais empregada é a reversão sexual pela administração de hormônios masculinizantes, sendo o andrógeno 17- α -metiltestosterona o mais utilizado (BOMBARDELLI et al., 2007).

De acordo com Lima et al. (2009), o uso de imunostimulantes na aquicultura é recomendado quando os indivíduos são submetidos a várias situações conhecidas de estresse, como transporte, biometria, aclimação, introdução à alimentação artificial, exposições a patógenos e no estágio de desenvolvimento larval, fase em que o animal está particularmente mais suscetível a agentes infecciosos.

A dose ideal e o período de aplicação dos compostos imunostimulantes é uma questão de extrema importância para obtenção de resultados satisfatórios no aumento da resposta imune e na proteção contra organismos patogênicos (SAKAI, 1999). O mesmo autor relata que o efeito destes compostos é diretamente dependente de uma dose ideal, pois doses altas podem não melhorar e até mesmo serem inibidoras da resposta imunológica. Assim, a utilização de testes com diferentes doses é uma estratégia chave para a descoberta de doses ótimas que possam ser mais efetivas durante eventos que promovam estresse, tais como no transporte e no ciclo reprodutivo dos animais aquáticos (BRICKNELL; DALMO, 2005).

As algas marinhas são ricas em polissacarídeos sulfatados (PS), moléculas conhecidas por apresentarem diversas atividades biológicas, tais como anticoagulante, antitrombótica, antiviral, antitumoral, antiproliferativa e anti-inflamatória (ATHUKORALA et al., 2007).

A administração dos PS obtidos da macroalga marinha vermelha *Botryocladia occidentalis* a peixes e camarões apresenta grande potencial para melhorar a produção na aquicultura, seja pelo aumento no crescimento e/ou ganho de peso em alevinos de tilápias ou melhorando a sobrevivência de pós-larvas (pl's) de camarões (BARROSO et al., 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Kappaphycus alvarezii* na sobrevivência e ganho de peso de pós-larvas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a fase de reversão sexual em situação de estresse.

Material e métodos

A alga marinha vermelha *K. alvarezii* foi obtida de um cultivo comercial na restinga da Marambaia, município de Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro, onde foi parcialmente desidratada à luz solar. No Laboratório de Bioquímica Marinha do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, o material foi lavado com água destilada com o intuito de retirar o excesso de sal, completamente desidratada em estufa a 40°C por 12h e cortada, em pequenos pedaços, para posterior extração dos polissacarídeos sulfatados (PS).

Inicialmente, 2 g da alga seca foram hidratadas com 100 mL de tampão acetato de sódio 100 mM pH 5,0 + cisteína 5 mM + EDTA 5 mM e incubadas com uma solução de papaína bruta (30 mg mL⁻¹) a 60°C em banho-maria (modelo Quimis Q-215-2) por 24h. Após a incubação, o material foi filtrado, centrifugado (8.000 x g; 4°C; 20 min.) e, ao sobrenadante, foram adicionados 6,4 mL de cloreto de cetylpiridinium 10% (CPC) para precipitação dos PS por 24h a 25°C. Vale salientar que o resíduo obtido após a filtração foi utilizado para uma segunda incubação com o intuito de otimizar o rendimento da extração. Logo após a precipitação, o material foi lavado com 200 mL de CPC 0,05%, dissolvido em 80 mL de NaCl 2M:etanol absoluto (100:15; v v⁻¹) e submetido a uma nova precipitação por mais 24h a 4°C, pela adição de 200 mL de etanol absoluto. Em seguida, o material foi centrifugado (8.000 x g; 4°C; 20 min.) e submetido a duas lavagens com 200 mL de etanol 80% e uma lavagem com 100 mL de etanol absoluto e finalmente seco em estufa a 60°C por 24h.

Para a incorporação na ração, o extrato bruto de PS foi dissolvido em água destilada e misturado uniformemente à ração seca, contendo 50% de proteína bruta e 2.278 kcal kg⁻¹ de energia digestível, até a obtenção de uma massa úmida e consistente. Posteriormente, a ração úmida foi distribuída em placas de Petri e seca em estufa a 60°C por 24h. Após a secagem, a ração foi triturada e peneirada até atingir a granulometria inicial.

A incorporação do andrógeno foi realizada a partir de uma solução estoque de hormônio masculinizante, preparada com 6 g de 17- α -metiltestosterona (MT) em 1 L de álcool etílico. Em seguida, uma alíquota de 123 mL da solução estoque foi diluída em 820 mL de álcool comercial e misturada uniformemente à ração, obtendo-se uma concentração final de 60 mg MT kg⁻¹. A ração com hormônio foi distribuída em bandejas plásticas em camadas de 5 cm de espessura, as quais foram

dispostas à sombra durante 48h para a completa evaporação do álcool. Após a secagem, a ração foi peneirada e estocada a -4°C.

As pl's de tilápia ($0,012 \pm 0,003$ g) foram obtidas da Estação de Piscicultura Prof. Dr. Raimundo Saraiva da Costa da Universidade Federal do Ceará, utilizando da técnica de coleta de nuvens em um tanque de reprodução de 200 m³, utilizando um puçá de 1,5 mm de malha. Os indivíduos aptos ao processo de masculinização foram selecionados em uma tela de 3 mm de malha e transportados ao Laboratório de Aquicultura do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará em sacos plásticos contendo 1/3 de água e 2/3 de oxigênio.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, o qual consistiu de quatro tratamentos com cinco repetições cada, sendo as pl's estocadas, aleatoriamente, em aquários de 40 L na densidade de 8 pl's L⁻¹, em um total de 20 aquários. No tratamento controle foi utilizada ração sem PS e, nos outros três tratamentos, foram utilizadas as doses de 0,05; 0,1 e 0,2 mg g⁻¹ de peso vivo. A ração foi oferecida em quatro refeições diárias, sendo lançada diretamente na água. Diariamente, foram realizadas contagens das pl's mortas e, no final do experimento, 10% dos indivíduos estocados foram pesados para estimar os ganhos médios de peso diário e final.

A duração do experimento foi de 42 dias, sendo 28 dias para a fase de reversão sexual, na qual o nível de estresse foi progressivamente induzido pela supressão da aeração e renovação de água e mais 14 dias após a reversão, quando as condições ideais de cultivo foram novamente estabelecidas.

Para avaliar o efeito dos PS, diferentes situações de estresse foram induzidas durante o cultivo dos peixes. Nas duas primeiras semanas de reversão sexual foram utilizadas aeração constante e renovação diária de 20% da água dos aquários, caracterizando a situação sem estresse. Para induzir a mortalidade no experimento, as pl's foram submetidas a dois diferentes níveis de estresse. Durante a terceira semana de cultivo, os animais foram submetidos a uma situação de pouco estresse, pela supressão da aeração diurna, sendo mantida a renovação de água e aeração no período noturno. Na quarta semana, uma situação de estresse moderado foi induzida no experimento, suprimindo completamente a aeração do sistema, mas mantendo a renovação de água.

Com o intuito de verificar efeito prolongado dos PS, principalmente com relação ao peso médio final e ganho de peso médio diário, as condições ideais de qualidade de água e oxigênio dissolvido foram

restabelecidas em cada tratamento por um período de 14 dias.

No laboratório foi estabelecido um fotoperíodo de 10h de claro e 14h de escuro, e temperatura em torno de 30°C. A qualidade físico-química da água de cultivo foi monitorada, sendo determinados o pH, a temperatura e o oxigênio dissolvido em cada repetição durante o período de cultivo.

Os dados de sobrevivência e ganhos de peso médio diário e final dos animais foram submetidos à análise de variância com fator único (ANOVA) e, posteriormente, ao teste de Tukey para diferenciação das médias em nível de significância de 1 e 5%, utilizando o programa BioEstat versão 4.0. Os dados de sobrevivência foram transformados para $\arccos \sqrt{\frac{1}{1-4p}}$, em que p é a proporção de indivíduos sobreviventes (MENDES, 1999).

Resultados e discussão

Os rendimentos dos PS ao final da primeira e segunda incubação foram de 33,75 e 0,85%, respectivamente. Esses resultados demonstram a elevada quantidade dessas substâncias extraídas logo durante a primeira incubação.

Os valores do pH e temperatura não sofreram grandes variações durante o cultivo (Tabela 1). Entretanto, a concentração de oxigênio dissolvido na água decresceu bruscamente com a elevação do nível de estresse, caindo de $7,57 \pm 2,27$ mg L⁻¹ (sem estresse) para $5,79 \pm 0,39$ mg L⁻¹ (sem aeração diurna) e para $2,42 \pm 0,17$ mg L⁻¹ (sem aeração), mantendo-se praticamente constante até o final do experimento.

Foi observado aumento na sobrevivência quando foi suprimida a aeração durante o período diurno (de 91,17 a 93,93%), pelos níveis ainda favoráveis de O₂D ($5,79 \pm 0,39$ mg L⁻¹) para a espécie, sendo superior à concentração mínima (3,0 mg L⁻¹) exigida para o desenvolvimento da tilápia (BOYD; TUCKER, 1998). Porém, quando a aeração foi completamente excluída, houve condição de hipóxia, a sobrevivência total foi reduzida (59,17%), diminuindo as chances de sobrevivência dos peixes (MARTINS et al., 2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Variação da concentração de pH da água, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (O₂D) (mg L⁻¹), e a sobrevivência total (ST) das pós-larvas durante o período de cultivo.

Situação	pH	Temperatura (°C)	O ₂ D (mg L ⁻¹)	ST (%)
Situação controle	7,63 ± 0,19	27,07 ± 0,74	7,57 ± 2,27	91,17
Sem aeração diurna	7,39 ± 0,10	28,54 ± 0,18	5,79 ± 0,39	93,93
Sem aeração	7,27 ± 0,07	28,63 ± 0,25	2,42 ± 0,17	59,17

Os valores representam a média de duas determinações diárias.

Campagnolo e Nuñer (2006) observaram que nas menores densidades de larvas de surubim foram verificadas as maiores sobrevivências, sendo que em densidades mais elevadas o aumento das concentrações de amônia e de nitrito na água de cultivo reduz a qualidade da água e consequentemente a sobrevivência dos peixes.

Algumas espécies de peixes toleram baixas concentrações de oxigênio (MAFFEZZOLLI; NUÑER, 2006), esse fator afeta significativamente a saúde e o desempenho dos animais aquáticos (XU et al., 2006). Entretanto, muitas espécies possuem a capacidade de regular seus parâmetros hematológicos de acordo com as condições ambientais, principalmente quando os animais sofrem algum tipo de estresse, tais como variações de pH, temperatura e nível de oxigênio dissolvido (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004).

Os alevinos de tilápia demonstraram resistência a uma situação de cultivo ao final de 28 dias de reversão sexual, quando as condições de cultivo foram extremas. A rusticidade da tilápia do Nilo confere a capacidade de resistir a variações da concentração de amônia, pH, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (KUBITZA, 2000) e elevada densidade de estocagem (MARENGONI et al., 2009).

As sobrevivências semanais das pl's de tilápia do Nilo não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos durante a primeira, segunda e terceiras semanas de reversão sexual dos peixes ($p > 0,05$), já que este período foi caracterizado por uma situação de pouco estresse com a aeração sendo suprimida apenas durante o período diurno.

Porém, com a elevação do nível de estresse durante a última semana de reversão sexual dos peixes, quando ocorreu a situação de estresse moderado, as sobrevivências foram mais elevadas nos tratamentos onde foram acrescentados PS da alga marinha *K. alvarezii*, principalmente nas dosagens de $0,1 \text{ mg g}^{-1}$ ($95,63 \pm 3,26\%$) e $0,05 \text{ mg g}^{-1}$ ($93,75 \pm 2,48$). A maior dosagem ($0,2 \text{ mg g}^{-1}$) apresentou sobrevivência de $82,81 \pm 8,75\%$. Esses três tratamentos apresentaram diferenças significativas com relação ao tratamento sem polissacarídeo ($p < 0,01$) ($59,38 \pm 1,36\%$), mas não entre si (Tabela 2).

Com relação à sobrevivência total da fase de reversão, os maiores valores, $79,90 \pm 5,68$ e $77,60 \pm$

$1,80\%$, foram observados quando os PS foram administrados nas doses de $0,05$ e $0,1 \text{ mg g}^{-1}$, respectivamente, sendo significativamente diferente ($p < 0,01$) da obtida no controle ($26,25 \pm 0,31\%$) e na dose de $0,2 \text{ mg g}^{-1}$ ($52,92 \pm 3,07\%$), mas não entre si (Tabela 2).

As taxas de sobrevivência, após o período de 14 dias, com o restabelecimento de condições favoráveis de cultivo, não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), com um valor médio de $98,78\%$, ou seja, os animais apresentaram elevadas taxas de sobrevivência quando as condições foram novamente favoráveis.

A administração oral dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata* na ração de tilápias do Nilo, durante a fase de reversão sexual, melhorou a taxa de sobrevivência dos peixes, após a indução de uma situação extrema de estresse no cultivo (ARAÚJO et al., 2008). O mesmo autor ainda relata que a melhora da sobrevivência variou com a dosagem de PS ofertada.

Estudos envolvendo imunostimulantes relatam que os efeitos negativos do estresse em organismos aquáticos, em diversas fases de desenvolvimento, podem ser minimizados mediante diferentes formas de administração. Park e Jeong (1996) observaram aumento significativo na sobrevivência de juvenis de tilápia do Nilo, infectados pela bactéria *Edwardsiella tarda* quando foram alimentados com ração suplementada com $0,1 \text{ mg g}^{-1}$ de polissacarídeo extraído do fungo *Coriolus versicolor*.

A administração oral de quitosana, um polissacarídeo obtido de crustáceos, aumentou em 80% a sobrevivência de carpa comum, *Cyprinus carpio*, após infecção com a bactéria *Aeromonas hydrophila* (GOPALAKANNAM; ARUL, 2006).

As sobrevivências observadas na última semana de reversão sexual nos tratamentos em que foram administradas as doses de $0,05$ e $0,1 \text{ mg g}^{-1}$ foram maiores em relação ao controle (s / PS) e à maior dose utilizada ($0,2 \text{ mg g}^{-1}$). Os peixes que não receberam o polissacarídeo (controle) ficaram mais susceptíveis aos efeitos negativos advindos da má qualidade de água durante esse período. Enquanto as pl's dos tratamentos com as maiores sobrevivências foram mais resistentes ao elevado grau de estresse.

Tabela 2. Sobrevivência semanal das pós-larvas de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, durante a reversão sexual (28 dias) e 14 dias pós-reversão.

Semana	Sem polissacarídeo	$0,05 \text{ mg g}^{-1}$	$0,1 \text{ mg g}^{-1}$	$0,2 \text{ mg g}^{-1}$	p
1	$88,13 \pm 1,08$	$90,52 \pm 4,61$	$87,60 \pm 3,73$	$87,60 \pm 2,95$	$> 0,05$
2	$89,27 \pm 4,51$	$97,19 \pm 0,31$	$95,83 \pm 0,79$	$93,23 \pm 2,43$	$> 0,05$
3	$89,48 \pm 2,65$	$98,44 \pm 0,63$	$98,54 \pm 0,36$	$89,27 \pm 6,32$	$> 0,05$
4	$59,38 \pm 1,36^a$	$93,75 \pm 2,48^b$	$95,63 \pm 3,26^b$	$82,81 \pm 8,75^b$	$< 0,01$
Sobrevivência total (%)	$26,25 \pm 0,31^a$	$79,90 \pm 5,68^b$	$77,60 \pm 1,80^b$	$52,92 \pm 3,07^b$	$< 0,01$
Sobrevivência (%) após 14 dias	$99,17 \pm 0,48$	$98,13 \pm 0,63$	$99,58 \pm 0,18$	$98,23 \pm 0,79$	$> 0,05$

Letras diferentes nas linhas indicam diferenças significativas ($p < 0,01$).

A administração da dose maior (0,2 mg g⁻¹) não resultou em melhoria da taxa de sobrevivência ao final dos 28 dias de reversão sexual. Lima et al. (2009) sugerem que experimentos de atividade biológica, utilizando PS de algas marinhas, são extremamente importantes para a determinação da dose ideal e método de administração para a obtenção de melhores resultados.

No final da reversão sexual (28 dias), os ganhos médios de pesos diários e os pesos médios finais das pl's que receberam os PS na ração foram significativamente maiores dos observados no controle (p < 0,01) (Tabela 3).

Tabela 3. Ganhos médios de peso diários (g dia⁻¹) e pesos médios finais (g) das pl's de tilápia do Nilo, ao término do período de reversão sexual.

Tratamentos	Peso médio final (g)	Ganho médio de peso diário (g dia ⁻¹)
Sem polissacarídeo	0,095 ± 0,010 ^a	0,00296 ± 0,00001 ^a
0,05 mg g ⁻¹	0,149 ± 0,016 ^b	0,00489 ± 0,00057 ^b
0,1 mg g ⁻¹	0,165 ± 0,011 ^b	0,00546 ± 0,00038 ^b
0,2 mg g ⁻¹	0,165 ± 0,011 ^b	0,00548 ± 0,00039 ^b

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas em nível de 5%.

Farias et al. (2004) utilizaram diferentes doses de PS (0,05; 0,1 e 0,2 mg g⁻¹) da alga marinha vermelha *B. occidentalis* durante a reversão sexual de tilápias e determinaram maior incremento de biomassa nos peixes quando foi utilizada a dose de 0,1 mg g⁻¹. Por outro lado, Araújo et al. (2008) indicaram que a administração oral de PS da macroalga vermelha *Gracilaria caudata* na dieta de pl's de tilápia não surtiu efeito no ganho de peso dos animais em situação de estresse.

Fülber et al. (2009) encontraram menores ganhos de peso e pesos finais em duas linhagens de tilápia do Nilo (Bouaké e GIFT) cultivadas em elevada densidade de estocagem. Souza et al. (2010) observaram que a tilápia do Nilo, var. Chitralada apresentou menor peso final quando submetida ao estresse salino.

Os imunostimulantes se traduzem como as melhores ferramentas na indução do crescimento e melhoria da sobrevivência em camarões (AZAD et al., 2005), sendo também a melhor alternativa na prevenção de doenças infecciosas ocasionadas pelo estresse que agridem o sistema imune em camarões (ALDAY-SANZ, 2007).

Com o intuito de verificar a influência dos polissacarídeos sulfatados após a reversão sexual (período experimental), ao final de 14 dias foram determinados o peso médio final (g) e ganho médio de peso diário (g dia⁻¹) dos peixes (Tabela 4).

Podemos observar que ao final dos 14 dias, os pesos médios finais e os ganhos médios de peso diário dos peixes foram mais elevados ao se

acrescentar polissacarídeos sulfatados na ração nas doses de 0,1 e 0,2 mg g⁻¹. O melhor resultado foi obtido no tratamento onde foi utilizada a dosagem de 0,1 mg g⁻¹, diferente significativamente do tratamento controle (p < 0,01), mas não com relação ao tratamento com inclusão de 0,2 mg g⁻¹ na dieta dos animais.

Tabela 4. Peso médio final (g) e ganho médio de peso diário (g dia⁻¹) das pós-larvas de tilápia do Nilo, ao término de 14 dias após o período experimental.

Tratamentos	Peso médio final (g)	Ganho médio de peso diário (g dia ⁻¹)
Sem polissacarídeo	0,236 ± 0,028 ^a	0,00200 ± 0,01007 ^a
0,05 mg g ⁻¹	0,263 ± 0,012 ^a	0,00114 ± 0,00817 ^a
0,1 mg g ⁻¹	0,397 ± 0,055 ^b	0,00394 ± 0,01660 ^b
0,2 mg g ⁻¹	0,386 ± 0,043 ^b	0,00713 ± 0,01586 ^b

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas em nível de 5%.

Rodrigues et al. (2006) testaram a eficácia de diferentes doses de PS extraídos da alga marinha vermelha *Solieria filiformis* em pl's de camarão *Litopenaeus vannamei* submetidas a estresse e verificaram que não houve melhora significativa no ganho de peso dos animais.

Rodrigues et al. (2009) demonstraram que a adição de pequenas doses diárias de PS extraídos da alga marinha parda *Lobophora variegata*, na água de cultivo durante aclimação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo, proporcionaram significante aumento no ganho de peso e melhoria no quadro aparente de saúde dos animais, quando expostos ao aumento de salinidade.

Efeito imunostimulante foi evidenciado pelo aumento da atividade fagocítica e da produção de ânion superóxido, após a administração da microalga *Spirulina platensis* na dieta da carpa comum *Cyprinus carpio* (WATANUKI et al., 2006).

No presente trabalho, a inclusão de 0,1 mg g⁻¹ de polissacarídeos sulfatados na dieta dos peixes resultou nos melhores pesos médios finais, ganhos médios de pesos diários e sobrevivência dos animais. Assim os PS utilizados nessa pesquisa foram capazes de otimizar a sobrevivência e crescimento da tilápia do Nilo.

Conclusão

A adição dos PS na ração da tilápia do Nilo melhorou a taxa de sobrevivência, peso médio final e ganho médio de peso diário dos peixes ao final da fase de reversão sexual, após o estabelecimento de uma situação de estresse no cultivo. O efeito positivo dessas macromoléculas foi constatado no peso médio final e ganho médio de peso diário dos peixes ao término de 14 dias após a reversão, com o retorno das condições favoráveis de cultivo, quando

os animais que receberam as maiores doses de PS apresentaram resultados superiores aos dos peixes alimentados sem os PS na ração.

Agradecimentos

O presente trabalho contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/Procad), pelas concessões de bolsas.

Referências

- ALDAY-SANZ, V. Why shrimp cannot be vaccinated? **Global Aquaculture Advocate**, v. 10, n. 1, p. 84, 2007.
- ARAÚJO, G. S.; FARIAS, W. R. L.; RODRIGUES, J. A. G.; TORRES, V. M.; PONTES, G. C. Administração oral dos polissacarídeos sulfatados da rodófitca *Gracilaria caudata* na sobrevivência de pós-larvas de tilápia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 548-554, 2008.
- ATHUKORALA, Y.; LEE, K. W.; KIM, S. K.; JEON, Y. J. Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 9, p. 1711-1716, 2007.
- AZAD, I. S.; PANIGRAHI, A.; GOPAL, C.; PAULPANDI, S.; MAHIMA, C.; RAVICHANDRAN, P. Routes of immunostimulation vis-a-vis survival and growth of *Penaeus monodon* postlarvae. **Aquaculture**, v. 248, n. 1-4, p. 227-234, 2005.
- BARROSO, F. E. C.; RODRIGUES, J. A. G.; TORRES, V. M.; SAMPAIO, A. H.; FARIAS, W. R. L. Efeito do polissacarídeo sulfatado extraído da alga marinha vermelha *Botryocladia occidentalis* nas pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 58-63, 2007.
- BOMBARDELLI, R. A.; SANCHES, E. A.; PINTO, D. F. H.; MARCOS, R. M.; BARBERO, L. Idade de maior sensibilidade de tilápias do Nilo aos tratamentos de masculinização por banhos de imersão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 1-6, 2007.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998.
- BRICKNELL, I.; DALMO, R. A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 19, n. 5, p. 457-472, 2005.
- CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 231-237, 2006.
- FARIAS, W. R. L.; REBOUÇAS, H. J.; TORRES, V. M.; RODRIGUES, J. A. G.; PONTES, G. C.; SILVA, F. H. O.; SAMPAIO, A. H. Enhancement of growth in tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) by sulfated D-galactans extracted from the red marine alga *Botryocladia occidentalis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 0, p. 189-195, 2004.
- FÜLBER, V. M.; MENDEZ, L. D. V.; BRACCINI, G. L.; BARRERO, N. M. L.; DIGMEYER, M.; RIBEIRO, R. P. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 177-182, 2009.
- GIST, N.; SERRET, P.; WOODWARD, E. M. S.; CHAMBERLAIN, K.; ROBINSON, C. Seasonal and spatial variability in plankton production and respiration in the Subtropical Gyres of the Atlantic Ocean. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 56, n. 15, p. 931-940, 2009.
- GOLOMBIESKI, J. I.; MARCHEZAN, E.; MONTI, M. B.; STORCK, L.; CAMARGO, E. R.; SANTOS, F. M. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1263-1268, 2005.
- GOPALAKANNAM, A.; ARUL, V. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan, and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture**, v. 255, n. 1-4, p. 179-187, 2006.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1. ed. Jundiá: F. Kubitz, 2000.
- LIMA, P. C. W. C.; TORRES, V. M.; RODRIGUES, J. A. G.; SOUSA, J. J.; FARIAS, W. R. L. Efeito dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha parda *Spatoglossum Schroederi* em juvenis de *Litopenaeus vannamei*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 79-85, 2009.
- MAFFEZZOLLI, G.; NUÑER, A. P. O. Crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 41-45, 2006.
- MARENGONI, N. G.; SANTOS, R. S.; GONÇALVES JR., A. C.; GINO, D. M.; ZERBINATTI, D. C. P.; LIMA, F. S. Monogenoidea (Dactylogyridae) em tilápias-do-Nilo cultivadas sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, p. 393-400, 2009.
- MARTINS, N. D.; COLVARA, W. A.; RANTIN, F. T.; KALININ, A. L. Microcystin-LR: How it affects the cardio-respiratory responses to hypoxia in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Chemosphere**, v. 84, n. 1, p. 154-159, 2011.
- MELO, D. C.; OLIVEIRA, D. A. A.; MELO, M. M.; JÚNIOR, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; GUIMARÃES, S. R. Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1183-1190, 2009.
- MENDES, P. P. **Estatística aplicada à aquicultura**. Recife: Bagaço, 1999.
- OLIVEIRA, R. P. C.; SILVA, P. C.; BRITO, P. P.; GOMES, J. P.; SILVA, R. F.; SILVEIRA, P. R. F.; ROQUE, R. S. Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia do Nilo no sistema *raceway* com

- diferentes renovações de água. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 482-487, 2010.
- PARK, H. H.; JEONG, H. D. Enhanced resistance against *Edwardsiella tarda* in tilapia (*Oreochromis niloticus*) by administration of protein-bound polysaccharide. **Aquaculture**, v. 143, n. 3, p. 135-143, 1996.
- PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 1, n. 1, p. 69-82, 2010.
- RODRIGUES, A. J. G.; ALENCAR, D. B.; PIRES, K. M. S.; SABOYA, J. P. S.; ARAÚJO, G. S.; TORRES, V. M.; FARIAS, W. R. L. Efeitos dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha parda *Lobophora variegata* em alevinos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidos à diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 2, p. 20-33, 2009.
- RODRIGUES, A. J. G.; SOUSA JÚNIOR, J.; MOREIRA, P. L.; MELO, D. S.; LOURENÇO, J. A.; LIMA, P. C. W. C.; TORRES, V. M.; PONTES, G. C.; FARIAS, W. R. L. Avaliação dos efeitos da imersão de pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas de cultivo com polissacarídeos sulfatados. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 2, n. 2, p. 80-91, 2006.
- SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. **Aquaculture**, v. 172, n. 1, p. 63-92, 1999.
- SOUZA, T. R. P.; SANTOS, C. J. A.; SANTOS, D. L.; QUEIROZ, A. C. S.; MENDES, P. P. Desempenho zootécnico da Tilápia Nilótica linhagem chitralada sob influência da salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 5, n. 1, p. 10-18, 2010.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. **Hematologia de Peixes Teleósteos**. Ribeirão Preto: M. Tavares-Dias, 2004.
- TRAN-DUY, A.; SCHRAMA, J. W.; DAM A, A.; VERRETH, A. J. J. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 275, n. 1-4, p. 152-162, 2008.
- VALENTIM-ZABOTT, M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P. R.; PIAU, R.; TORRES, M. B. A.; RONNAU, M.; SOUZA, J. C. Effects of a homeopathic complex in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) on performance, sexual proportion and histology. **Homeopathy**, v. 97, n. 4, p. 190-195, 2008.
- WATANUKI, H.; WATANUKI, H.; OTA, K.; TASSAKKA, A. C. M. A. R.; KATO, T.; SAKAI, M. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 157-163, 2006.
- XU, J.; LIU, Y.; CUI, S.; MIAO, X. Behavioral responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute fluctuations in dissolved oxygen levels as monitored by computer vision. **Aquacultural Engineering**, v. 35, n. 3, p. 207-217, 2006.

Received on April 21, 2011.

Accepted on July 25, 2011.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.