

## Utilização de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) no incremento de oxigênio dissolvido em cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

*Hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) utilization for the increment of dissolved oxygen in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) culture*

João Paulo Viana de Lima<sup>1\*</sup>, Luis Otavio Brito<sup>2</sup>, Weruska Melo Costa<sup>3</sup>,  
Wanessa de Melo Costa<sup>3</sup>, Alfredo Olivera Gálvez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escritório Regional do Cabo, Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Cabo de Santo Agostinho, PE, Brasil

<sup>2</sup>Escritório Regional da Ilha de Itamaracá, Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Ilha de Itamaracá, PE, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Maricultura Sustentável (LAMARSU), Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

\*autor correspondente

✉ joao.paulo@ipa.br

**RESUMO:** A utilização do peróxido de hidrogênio em viveiros de camarão pode ter uma grande importância prática, no que se refere à aeração de emergência, durante o período em que ocorrem níveis críticos de oxigênio dissolvido. O objetivo da pesquisa foi avaliar a utilização de peróxido de hidrogênio no incremento de oxigênio dissolvido no cultivo de camarão marinho. O experimento foi conduzido em tanques retangulares de 40 m<sup>3</sup>, com dois tratamentos (com e sem aplicação de peróxido de hidrogênio a 5 ppm) e duas repetições. Para análise estatística, foi utilizado o teste com a distribuição “t”, de Student ( $\alpha = 5\%$ ). Em relação à temperatura e ao pH não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ). Entretanto, os níveis de oxigênio dissolvido na água foram mais elevados ( $P < 0,05$ ) nos tanques com a aplicação de peróxido de hidrogênio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aeração, provisão de oxigênio dissolvido, qualidade de água, cultivo de camarão, peróxido de hidrogênio.

**ABSTRACT:** The use of hydrogen peroxide in shrimp ponds can have great practical importance concerning emergency aeration during the period of critical levels of dissolved oxygen. The objective of this research was to evaluate the use of hydrogen peroxide in the increase of dissolved oxygen in shrimp farming. The experiment was carried out in 40 m<sup>3</sup> rectangular tanks with two treatments (with and without the application of  $H_2O_2$  at 5 ppm) and two replicates. Field data were analyzed through Student's t-test ( $\alpha = 5\%$ ). There was no significant difference ( $P \geq 0.05$ ) regarding temperature and pH; however, dissolved oxygen levels in water were higher ( $P < 0.05$ ) in the tanks with hydrogen peroxide application.

**KEYWORDS:** Aeration, dissolved oxygen supply, water quality, shrimp culture, hydrogen peroxide.

## Introdução

O oxigênio é o mais vital dos elementos necessários para a vida de qualquer organismo que respire (BARBIERI JUNIOR; OSTRENSKY, 2002). Segundo Boyd (1998, 2008a), é a mais importante variável de qualidade da água na aquicultura. Por este motivo, os produtores necessitam entender a dinâmica e os fatores que atuam sobre as concentrações deste gás na água. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido influenciam o desenvolvimento das espécies aquícolas e podem ser ocasionadas por densos florescimentos de fitoplâncton e pelo

alto acúmulo de matéria orgânica no sedimento dos viveiros (NUNES, 2001; BOYD, 2002).

Alguns estudos têm investigado os efeitos do oxigênio dissolvido sobre o comportamento metabólico de camarões peneídeos, principalmente em relação a condições de hipóxia (ROSAS et al., 1999; WU; LAM; WAN, 2002; LI; LI; WANG, 2006; VINATEA et al., 2009). Seidman e Lawrence (1985) indicam que concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 2 mg de  $O_2$ /L reduzem significativamente a taxa de crescimento de *Litopenaeus vannamei* e *Penaeus monodon*. Rosas et al. (1997) têm relatado níveis críticos entre 4,5 e 5 mg de  $O_2$ /L para pós-larvas de *P. setiferus* e *P. schmitti*. Martinez-Cordova et al. (1997) e McGraw et al. (2001) correlacionam altas taxas de aeração a concentrações mais elevadas de oxigênio dissolvido e melhores resultados de crescimento, sobrevivência e produção dos camarões marinhos.

Em aquicultura, a aeração artificial é requerida sempre que a biomassa estocada necessita de maior disponibilidade de oxigênio dissolvido e que fontes como o vento, a fotossíntese ou trocas de água podem proporcionar (PETERSON; WALKER, 2002). Além de melhorar os níveis de oxigênio dissolvido, a aeração torna-se uma alternativa para o incremento da produção aquícola (MARTINEZ-CORDOVA et al., 1997; MCGRAW et al., 2001), embora aumente significativamente os custos de produção. Boyd (1998, 2008b) descreve os principais métodos de aeração artificial utilizados na aquicultura.

Segundo Marathe, Huilgol e Patil (1975), o peróxido de hidrogênio pode ser usado para impulsionar a provisão de oxigênio dissolvido e, de acordo com Taylor e Ross (1988), pode ser empregado no transporte de alevinos de tilápia *Oreochromis niloticus* (~1,0 g), contanto que sejam soluções bastante diluídas deste produto (0,15 mL/L de  $H_2O_2$  a 12% m/v). Considerado um produto ambientalmente compatível (BRAVO et al., 2010), o peróxido de hidrogênio é um metabólito natural produzido por muitos organismos (ROQUE et al., 2010) e não oferece nenhum tipo de agressão quando em meio aquoso, pois é totalmente miscível e decompõe-se em oxigênio molecular e água (MATTOS et al., 2003; BURRIDGE et al., 2010).

Produtos à base de peróxido de hidrogênio e ácido peracético vêm sendo utilizados em larga escala em alguns cultivos de camarão na Ásia, visando maior sanidade dos organismos cultivados (CHANRATCHAKOOL, 1994, 1995). Segundo Chanratchakool (1995), o peróxido atua no controle da densidade de algas e no controle microbiano, na desinfecção dos ambientes de cultivo, na preparação dos viveiros (oxidação da matéria orgânica), na detoxificação e na oxigenação das águas de cultivo.

Conhecimentos sobre a utilização do peróxido de hidrogênio em cultivo de camarão têm importância prática, no que se refere ao manejo da aeração de emergência, durante o período em que ocorrem níveis críticos de oxigênio dissolvido. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do peróxido de hidrogênio sobre o incremento de oxigênio dissolvido em tanques de cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).

## Material e Métodos

O experimento foi realizado nas instalações da Aquicultura Campo Novo Ltda., fazenda de cultivo de camarão marinho, localizada no Engenho Campo Novo, Rodovia PE-60, altura do Km 49, no município de Rio Formoso, PE.

Foram utilizados tanques retangulares com 40 m<sup>3</sup>, providos de sistema de abastecimento de ar (compressores radiais) e preenchidos com água salobra a 30‰, proveniente do canal de abastecimento da fazenda. Os tanques foram povoados com camarões marinhos da espécie *L. vannamei* (~5,0 g), na densidade de 30 camarões/m<sup>2</sup>.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e duas repetições: 1) PEROX (com aplicação de peróxido de hidrogênio a 5 ppm) e 2) CTL – controle (sem aplicação de peróxido de hidrogênio).

A aplicação de peróxido de hidrogênio ocorreu em dois momentos: primeiro às 23h00 (compressores ligados) e, depois, às 04h00 (compressores desligados), com distribuição do peróxido de forma homogênea na superfície do tanque. Em cada aplicação, foram utilizados 400 mL de Interrox®  $H_2O_2$  50-20 (Peróxidos do Brasil Ltda.), produto em solução aquosa com peróxido de hidrogênio a 50% em massa (m/v), para que, na água, atingisse a concentração desejada de 5 ppm de  $H_2O_2$ . A dosagem aplicada foi calculada com base na equação:

$$\Delta_{\text{Peróxido}} = [(C \times Vt) \times \%H_2O_2^{-1}] \times 0,1 \quad (1)$$

onde:  $\Delta_{\text{Peróxido}}$ : dosagem do produto (L); C: concentração de peróxido de hidrogênio na unidade experimental (ppm); Vt: volume de água nas unidades experimentais (m<sup>3</sup>);  $\%H_2O_2$ : concentração do produto ( $H_2O_2$  em % de massa); e 0,1: fator de conversão para litros.

As variáveis físico-químicas de qualidade da água, como temperatura e oxigênio dissolvido – OD (oxímetro digital YSI-550A, YSI Incorporation) e pH (pHmetro digital 1002PH, Homis), foram monitoradas ao longo de 24 horas (ciclo nictemeral), com intervalos de 1 hora entre cada medição, visando-se traçar o perfil de oscilação diária destas variáveis.

Para análise estatística das variáveis de qualidade da água, utilizaram-se dos métodos descritivo e experimental, conforme Zar (1996). O teste com a distribuição “t” de Student foi utilizado para verificar a existência de diferença significativa entre os tratamentos, ao nível de probabilidade de 5%.

## Resultados e Discussão

As variáveis físico-químicas de qualidade da água estão sumarizadas na Tabela 1. Neste estudo, não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre os tratamentos, quanto aos valores de temperatura e pH, que se mantiveram adequados ao cultivo do *L. vannamei*. Segundo Boyd (1998), as espécies cultivadas em águas tropicais crescem melhor em temperaturas de 25 °C a 32 °C. No cultivo de *L. vannamei*, as temperaturas mais adequadas ao crescimento estão entre 28 °C e 30 °C. Sob temperaturas entre 22 °C e 24 °C, o consumo de alimento cai praticamente pela metade (KUBITZA, 2003). Temperatura e

salinidade são duas variáveis que influenciam na solubilidade do oxigênio dissolvido (BOYD, 2008b).

A concentração hidrogeniônica da água não sofreu variações bruscas ao longo do experimento. A água estuarina normalmente apresenta valores de pH que variam de 8 a 9, com menores flutuações diárias, se comparados com a água doce. As aplicações do peróxido de hidrogênio não influenciaram mudanças bruscas de temperatura e pH, o que poderia trazer perdas significativas na produção, devido ao estresse.

Ao longo do primeiro dia de estudo, observaram-se, inicialmente, valores bem aproximados de OD entre os tanques de cultivo. Entretanto, após as aplicações de peróxido de hidrogênio, a concentração média de oxigênio na água foi

diferente estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Houve picos nas concentrações de OD da água do tanque do tratamento PEROX (5,43 e 5,10 mg/L), representando acréscimos de até 1,2 mg de O<sub>2</sub>/L uma hora após a aplicação do produto (Figura 1). Devido a sua alta decomposição em água, o peróxido de hidrogênio teve um tempo de ação bastante curto (2 a 3 horas), sofrendo variações de acordo com os níveis de agitação do corpo d'água (existência de compressores e/ou aeradores mecânicos). Resultados similares foram obtidos com alevinos de tilápia nilótica, nos quais foram utilizados 40 mL de peróxido de hidrogênio (6% em peso) para o transporte de 70 g de peixes/18 horas (TAYLOR; ROSS, 1988).

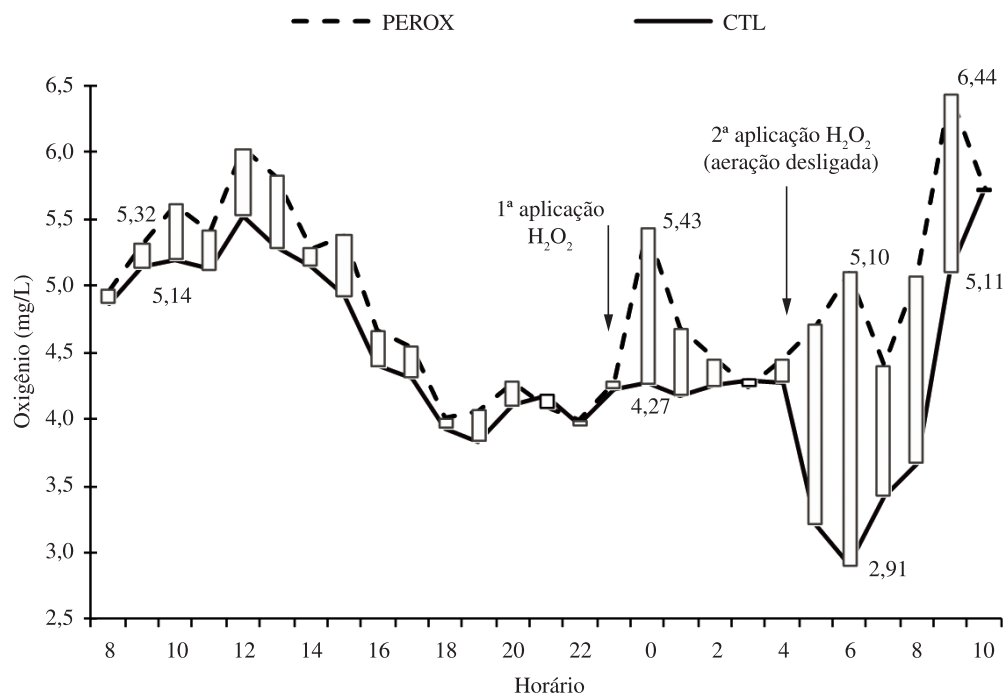
Examinando a Figura 1, nota-se uma diferença bastante expressiva na concentração de OD da água, entre os tanques com e sem aplicação de peróxido de hidrogênio. A maior amplitude de OD entre os tanques (2,19 mg de O<sub>2</sub>/L) foi registrada às 06h00 (segundo dia), momento em que o sistema de aeração mecânica encontrava-se desligado. Comparando os valores de OD para o tanque em que houve a aplicação de peróxido, às 09h00, nota-se uma elevação de 21% na concentração de OD em referência ao dia anterior, passando de 5,32 mg/L para 6,44 mg/L. Quanto ao tanque sem peróxido, os níveis de OD permaneceram iguais.

As concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente no período noturno, podem cair a níveis tão baixos que ocasionam a morte dos animais aquáticos. Os efeitos adversos das baixas concentrações se manifestam, com maior frequência, na redução do crescimento e na grande susceptibilidade a enfermidades (BOYD, 2002). Em concentrações cronicamente baixas, os animais comem menos e não convertem alimentos

**Tabela 1.** Variáveis físico-químicas de qualidade da água em tanques de cultivo experimental de *L. vannamei* (~30 camarões/m<sup>2</sup>), durante ciclo nictemeral com e sem aplicação de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Variáveis	Tratamentos*	
	PEROX	CTL
Temperatura (°C)	32,1 a ± 1,00 (30,8-33,9)	32,0 a ± 0,97 (30,7-33,8)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,90 a ± 0,68 (3,8-6,5)	4,42 b ± 0,72 (2,7-5,7)
pH	7,7 a ± 0,47 (7,3-8,7)	7,8 a ± 0,37 (7,4-8,5)

\*Valores fornecidos como média ± desvio padrão, mínimo e máximo entre parênteses. Letras distintas (a,b) na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste com distribuição "t" de Student. PEROX – Aplicação de peróxido de hidrogênio a 5 ppm (50% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> m/v); CTL (controle) – Sem aplicação de peróxido de hidrogênio.



**Figura 1.** Variação nictemeral da concentração média de oxigênio dissolvido em tanques de cultivo experimental de *L. vannamei* (~30 camarões/m<sup>2</sup>) com e sem aplicação de peróxido de hidrogênio. PEROX – Aplicação de peróxido de hidrogênio a 5 ppm (50% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> m/v); CTL (controle) – Sem aplicação de peróxido de hidrogênio.

em carne tão eficientemente quanto o que fazem em viveiros com níveis normais deste gás (ALVES; MELLO, 2008).

O mínimo de oxigênio para o metabolismo orgânico (carbônico) é de 0,5 mg O<sub>2</sub>/L e valores maiores que 2,0 mg O<sub>2</sub>/L para a oxidação dos compostos nitrogenados. Períodos curtos de exposição dos camarões a concentrações abaixo de 2 mg O<sub>2</sub>/L causam estresse na respiração e, abaixo de 1 mg O<sub>2</sub>/L, causam mortalidade (FASTER; LANNAN, 1992; PRIMAVERA, 1993). Durante o período de aplicação do peróxido de hidrogênio (23h00 às 07h00), o valor médio de OD na água do tanque sem peróxido ficou em 3,89 mg de O<sub>2</sub>/L, enquanto que, para o tanque com peróxido, este valor foi de 4,64 mg de O<sub>2</sub>/L.

Clark (1986) observou mortalidade e inibição da muda, quando indivíduos de *Penaeus semisulcatus* foram submetidos a um nível constante de 2 mg O<sub>2</sub>/L durante 17 dias, no entanto, quando isto foi restabelecido para 5 mg O<sub>2</sub>/L, a mortalidade cessou e o processo de muda voltou à normalidade.

Vinatea (2004) registrou concentrações de 1,9 mg O<sub>2</sub>/L em experimento com *L. vannamei* e *P. monodon*, não afetando o crescimento dos camarões. Seidman e Lawrence (1985) constataram que o crescimento dos camarões *L. vannamei* e *P. monodon* não foi afetado em concentrações constantes de 1,9 mg O<sub>2</sub>/L a 4,9 mg O<sub>2</sub>/L, porém foi significativamente reduzido em uma concentração de 1,2 mg O<sub>2</sub>/L. Vinatea et al. (2009) informam que a água com 4,1 mg O<sub>2</sub>/L, em sistema superintensivo de *L. vannamei* (856 camarões/m<sup>3</sup>), chega a níveis críticos de OD (0,65 mg/L) 30 minutos após desligamento do sistema de aeração.

Os melhores resultados de crescimento e sobrevivência são obtidos com concentrações de oxigênio dissolvido entre 4 mg O<sub>2</sub>/L e a concentração de saturação (BOYD; FASTER, 1992). Segundo Kubitz (2003), durante o cultivo, as concentrações de oxigênio dissolvido devem ser mantidas preferencialmente acima de 60% da saturação ou, de maneira geral, acima de 4 mg O<sub>2</sub>/L. Chien (1992) recomenda valores OD acima de 4 mg O<sub>2</sub>/L para cultivo em água com salinidade de 25‰. De acordo com Nunes (2002), a dinâmica do oxigênio dissolvido reflete, de maneira geral, as condições ambientais da fazenda.

Neste experimento, a aplicação do peróxido de hidrogênio proporcionou valores médios próximos dos recomendados pela literatura para o cultivo de camarão (>4 mg O<sub>2</sub>/L). Devido a sua alta decomposição em água, o peróxido de hidrogênio teve um tempo de ação de três horas, sofrendo variações, de acordo com os níveis de agitação do corpo d'água (acionamento dos compressores).

## Conclusões

O peróxido de hidrogênio a 5 ppm promove um efetivo aumento nos níveis de oxigênio dissolvido da água de cultivo, porém seu efeito tem duração relativamente curta (2 a 3 horas), devido a sua alta decomposição em água.

## Agradecimentos

Agradecemos a COREMAL – Comércio e Representações Maia Ltda., distribuidora registrada da Peróxidos do Brasil

(Grupo Solvay) o fornecimento do peróxido de hidrogênio e financiamento do projeto de pesquisa. Agradecemos também à Aquacultura Campo Novo o apoio técnico prestado e por ceder suas instalações para a realização dos trabalhos de campo.

## Referências

- ALVES, C. S.; MELLO, G. L. **Manual prático de monitoramento de qualidade de água e solo em aquicultura**. Recife: FAEPE, 2008. 47 p.
- BARBIERI JUNIOR, R. C.; OSTRENSKY, A. N. **Camarões marinhos**: engorda. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 352 p.
- BOYD, C. E. Pond water aeration system. **Aquacultural Engineering**, v. 18, p. 29-40, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00019-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00019-3)
- BOYD, C. E. **Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. Recife: ABCC, 2002. 200 p.
- BOYD, C. E. Dissolved oxygen management in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, v. 7, p. 60-62, 2008a.
- BOYD, C. E. Overview: mechanical pond aeration. **Global Aquaculture Advocate**, v. 7, n. 4, p. 59-60, 2008b.
- BOYD, C. E.; FASTER, A. W. Pond monitoring and management. In: FASTER, A. W.; LESTERY, L. J. (Eds.). **Marine shrimp culture: principles and practices**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 497-513.
- BRAVO, S. et al. Effectiveness of hydrogen peroxide in the control of *Caligus rogercresseyi* in Chile and implications for sea louse management. **Aquaculture**, v. 303, p. 22-27, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.007>
- BURRIDGE, L. et al. Chemical use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. **Aquaculture**, v. 306, p. 7-23, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.020>
- CHANRATCHAKOOL, P. **Minimum bactericidal concentration of Proxitane 1507 against various shrimp pathogen**. Bangkok: Aquatic Animal Health Research Institute-AAHRI, 1994. 4 p.
- CHANRATCHAKOOL, P. **Effect of oxymaster on bacterial flora and plankton in shrimp pond**. Bangkok: Aquatic Animal Health Research Institute-AAHRI, 1995. 17 p.
- CHIEN, Y. H. Water quality requirements and management for marine shrimp culture. In: SPECIAL SESSION ON SHRIMP FARMING, 1992, Baton Rouge. **Proceedings...** Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1992. p. 144-156.
- CLARK, J. Inhibition of moulting in *Penaeus semisulcatus* (De Haan) by long-term hypoxia. **Aquaculture**, v. 52, p. 253-254, 1986. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90367-4](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(86)90367-4)
- FASTER, A. W.; LANNAN, J. E. Pond dynamic process. In: FASTER, A. W.; LESTERY, L. J. (Eds.). **Marine shrimp culture: principles and practices**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 431-456.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiá: F. Kubitz, 2003. 229 p.
- LI, Y.; LI, J.; WANG, Q. The effects of dissolved oxygen concentration and stocking density on growth and non-specific immunity factors in Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. **Aquaculture**, v. 256, p. 608-616, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.036>



- MARATHE, V. B.; HUILGOL, N. V. ; PATIL, S. G. Hydrogen peroxide as a source of oxygen supply in the transport of fish fry. **Progressive Fish Culturist**, v. 37, n. 2, p. 117-128, 1975. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1975\)37\[117:HPAASO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1975)37[117:HPAASO]2.0.CO;2)
- MARTINEZ-CORDOVA, L. R. et al. Effect of aeration rate on growth, survival and yield of white shrimp *Penaeus vannamei* in low water exchange ponds. **Aquacultural Engineering**, v. 16, p. 85-90, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609\(96\)01010-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(96)01010-2)
- MATTOS, I. L. et al. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 373-380, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422003000300015>
- McGRAW, W. et al. Higher minimum dissolved oxygen concentration increase penaeid shrimp yields in earthen ponds. **Aquaculture**, v. 199, p. 311-321, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00530-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00530-0)
- NUNES, A. J. P. **Fundamentos de engorda de camarões marinhos**. Recife: Purina, 2001. 48 p.
- NUNES, A. J. P. O impacto da temperatura no cultivo de camarões marinhos. **Revista da ABCC**, v. 4, n. 1, p. 43-48, 2002.
- PETERSON, E. L.; WALKER, M. B. Effect of speed on Taiwanese paddlewheel aeration. **Aquacultural Engineering**, v. 26, p. 129-147, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609\(02\)00009-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8609(02)00009-2)
- PRIMAVERA, J. H. A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. **Reviews in Fisheries Science**, v. 1, n. 2, p. 191-201, 1993. <http://dx.doi.org/10.1080/10641269309388539>
- ROQUE, A. et al. Physiological stress responses of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) to hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) exposure. **Aquaculture**, v. 304, p. 104-107, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.024>
- ROSAS, C. et al. Critical dissolved oxygen level to *P. setiferus* and *P. schmitti* postlarvae (PL<sub>10-18</sub>) exposed to salinity changes. **Aquaculture**, v. 152, p. 259-272, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01516-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01516-5)
- ROSAS, C. et al. The effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 234, n. 1, p. 41-57, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00139-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00139-7)
- SEIDMAN, E.; LAWRENCE, A. Growth, feed digestibility, and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 16, p. 333-346, 1985.
- TAYLOR, N. I.; ROSS, L.G. The use of hydrogen peroxide as a source of oxygen for the transportation of live fish. **Aquaculture**, v. 70, p. 183-192, 1988. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90016-6](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(88)90016-6)
- VINATEA, A. L. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2.ed. rev. e amp. Florianópolis: UFSC, 2004. 231 p.
- VINATEA, A. L. et al. Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* juveniles in heterotrophic medium with zero water exchange. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 534-538, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500014>
- WU, R. S. S.; LAM, P. K. S.; WAN, K. L. Tolerance to, and avoidance of, hypoxia by the penaeid shrimp (*Metapenaeus ensis*). **Environmental Pollution**, v. 118, n. 3, p. 351-355, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00298-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00298-6)
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

Recebido: 27/05/2011  
Aprovado: 24/11/2011