

EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A TAXA METABÓLICA DA CARPA-COMUM (*Cyprinus carpio* LINNAEUS, 1758).

Pollyanna de Moraes França FERREIRA^{1*}, José Milton BARBOSA², Elton Lima SANTOS³,
Mislene Ricarte LIMA³, George André de Lima CABRAL¹.

¹ Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

² Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

³ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

*e-mail: pollyanna.ferreira@yahoo.com.br

Recebido em: 13 de maio de 2009

Resumo - O objetivo deste trabalho foi à avaliação da taxa metabólica, através do cálculo do consumo de oxigênio, de juvenis de carpa-comum (*Cyprinus carpio*), submetidos a três diferentes temperaturas: T1) $30,2 \pm 2,1^\circ\text{C}$; T2) ambiente, $27,05 \pm 0,85^\circ\text{C}$ e T3) $25,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$. As mensurações do oxigênio dissolvido foram realizadas através de um oxímetro digital, utilizando-se 18 aquários com 52 L, cada. Foram utilizados 72 juvenis de carpa-comum, com peso médio de $9,0 \pm 0,5$ g. Constatou-se um maior consumo de oxigênio na primeira hora do experimento e um menor consumo de oxigênio na temperatura mais baixa (T3) quando comparado com os outros dois tratamentos.

Palavras-chaves: Peixes; bem-estar; consumo de oxigênio.

EFFECT OF THE TEMPERATURE ON THE METABOLIC TAX OF THE COMMUM CARP (*Cyprinus carpio* LINNAEUS, 1758).

Abstract - The objective of this work was to the evaluation of the metabolic tax, through the calculation of the oxygen consumption, of youthful of commum carp (*Cyprinus carpio*), submitted the three different temperatures: T1) $30,2 \pm 2,1^\circ\text{C}$, T2) ambient, $27,05 \pm 0,85^\circ\text{C}$ and T3) $25,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$. The measurements of the dissolved oxygen had been carried through a digital oximeter, using 18 aquariums with 52 L, each. Youthful ones of commum carp had been used 72, with average weight of $9,0 \pm 0,5$ g. One evidenced a bigger consumption of oxygen in the first hour of the experiment and a lesser consumption of oxygen in the temperature most cold (T3) when compared with the others two treatments.

Keys-word: Fishes; welfare; consumption of oxygen.

INTRODUÇÃO

A carpa-comum, *Cyprinus carpio*, é uma espécie gregária largamente utilizada na piscicultura mundial. Esta espécie pertence à Ordem Cypriniformes, família Cyprinidae apresenta hábito alimentar onívoro, com tendência a iliofagia (Froese, & Pauly, 2007). É uma espécie típica de ambientes lênticos e se presta para criações confinadas, intensivas ou semi-intensivas, suportam também uma ampla faixa de pH, sendo o ideal entre 7,0 e 7,4. (Albuquerque Filho, 1977). Com relação ao oxigênio dissolvido esses animais suportam níveis bem baixos (3,2 mg/L) podendo assim viver em águas paradas (Macedo, Silva, Ferreira, Marcelino & Araújo, 2007). A temperatura ideal para seu bom desenvolvimento varia de 24 a 28°C, porém apresentam um faixa tolerável de 8 a 30°C, sendo assim um peixe rústico e de fácil adaptação (Graeff & Pruner, 1999).

A produção de carpa no mundo cresceu de 7.490.870 ton em 1993 para 16.692.147 ton em 2002. Já no Brasil a produção de carpas é de 45.170 ton, principalmente o Sul e Sudeste, que correspondem a 76,7% da produção nacional (Echevengúá, 2006).

O oxigênio dissolvido na água provém principalmente da atmosfera e da fotossíntese. A quantidade de oxigênio dissolvido é de suma importância para a manutenção da vida dos animais aquáticos, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução na solubilidade desse gás (Esteves, 1988). A solubilidade do oxigênio na água é bastante baixa, mas essa deficiência é compensada pela capacidade desse gás em se ligar a substâncias transportadoras no sangue, no caso dos peixes, a hemoglobina (Schmidt-Nielsen, 2002), com exceção dos peixes antárticos (Família Channichthyidae) (Molen, 2003).

A concentração de oxigênio no meio é uma variável ecológica fundamental para os organismos aquáticos, pois está diretamente ligada à obtenção da energia necessária aos processos biológicos essenciais. Pode ser também um fator condicionante da distribuição espacial e temporal da ictiofauna e, se associado à temperatura, tornam-se fatores determinantes à sobrevivência da fauna existente (Oliveira, 2003).

Os baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (hipóxia) podem ser provocados pelo consumo do oxigênio por peixes e por outros organismos, pela decomposição da matéria orgânica e pelo aumento da temperatura. Os peixes compensam a falta deste gás aumentando a taxa de ventilação, que conseqüentemente promove um aumento no consumo desse gás (Rosso, Bolner & Baldisserotto, 2006).

A taxa metabólica refere-se à quantidade de energia necessária para a manutenção das funções vitais de um organismo, num determinado tempo. Desde o século XIX a medição dessa taxa pode ser feita através da determinação da quantidade de calor produzido pelo organismo,

ou ainda pela estimativa do consumo de alimento, que pode dar margem a informações contraditórias, pois se um animal jejua por alguns dias, a tomada de alimento pode ser nula, mas os processos metabólicos continuam. Por outro lado, a estimativa da taxa metabólica a partir da quantidade de oxigênio consumido, utilizado na realização dos processos oxidativos para obtenção de energia é tecnicamente fácil e dá bons resultados. E, de fato, tem sido utilizado frequentemente, a ponto de quando nos referimos à taxa metabólica, geralmente nos referimos à taxa de consumo de oxigênio (Wahrlich & Anjos, 2001).

A temperatura é um dos parâmetros mais discutidos com relação à adaptação bioquímica, pois é o fator físico que mais afeta a vida de um organismo, a ponto de determinar o seu nicho ecológico. Ela pode interferir na atividade reprodutiva e alimentar dos animais, na integridade estrutural, funcional e bioquímica, além de potencializar o efeito negativo de agentes tóxicos ou, ainda, interagir com outros fatores abióticos (Oliveira, 2003).

No geral, os animais apresentam uma larga faixa de tolerância à variação da temperatura, entretanto a faixa de conforto ambiental que proporciona as condições ideais para o crescimento e reprodução, é específica, sendo essa variante um fator de controle do crescimento dos peixes (Schmidt-Nielsen, 2002; Pough, Heiser & McFarland, 1993).

A vida no ambiente aquático é extremamente influenciada pela temperatura, que desempenha um importante papel nos processos biológicos dos animais, em peixes, isso vem a afetar diretamente as taxas em que as reações químicas ocorrem, interferindo assim, em processos vitais como: consumo de oxigênio, atividade alimentar e digestibilidade (Piedras, Moraes & Pouey, 2006). Daí a vantagem das regiões tropicais, cujas médias de temperatura são elevadas, para a piscicultura possibilitando, desse modo, que os peixes tenham um alto consumo de alimentos, praticamente durante todo o ano (Caldas, 2007).

A temperatura ótima de uma espécie é aquela que lhe proporciona maior crescimento, quando o animal atinge a temperatura corpórea ideal, o alimento consumido é otimizado, liberando a energia necessária à multiplicação celular e ao crescimento (Piedras, Moraes & Pouey, 2006). Animais expostos a temperaturas inferiores ao seu ótimo têm o consumo de alimento limitado a sua taxa metabólica basal, já animais expostos a temperaturas acima do seu ótimo resultam num maior desvio energético para obtenção de oxigênio, isto ocorre porque a ligação entre a hemoglobina e o oxigênio torna-se mais fraca, conseqüentemente a hemoglobina libera o oxigênio mais rapidamente, dessa forma a elevação da temperatura é normalmente acompanhada do aumento da taxa metabólica (consumo de oxigênio) (Schmidt-Nielsen, 2002). Em geral, a taxa de reações químicas e biológicas dobra quando há um aumento de 10°C

na temperatura. Isso faz com que os organismos utilizem duas vezes mais oxigênio dissolvido a cada elevação de 10°C na temperatura (Oliveira, 2003).

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi verificar a relação entre a temperatura da água e o consumo de oxigênio numa espécie gregária, carpa-comum.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Avaliação Ponderal em Animais Aquáticos do Departamento de Pesca e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Juvenis de carpa-comum (*Cyprinus carpio*), provenientes da Estação de Aqüicultura Continental Prof. Johei Koike, foram mantidos em um reservatório de 500L durante uma semana, dotado de filtro biológico, com aeração constante e recirculação de água, os animais receberam alimento *ad libitum* manualmente, duas vezes ao dia (9:00 e 17:00 h), de uma ração comercial extrusada (36,0% PB), onde as variáveis limnológicas temperatura, amônia total, nitrito total, dureza, oxigênio dissolvido e pH foram constantemente monitorados até a data da realização do experimento.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, baseado na metodologia usada por Bastos (1982) e Furlan (1992), foram utilizados setenta e dois juvenis de carpa-comum sem distinção de sexos, com peso médio de $9,0 \pm 0,5\text{g}$. Os animais foram colocados nos aquários experimentais (4 animais/aquário) por 24 h, a fim de que se adaptassem ao novo ambiente.

Os animais foram acondicionados em 18 aquários de vidro (40cmx40cmx50cm), contendo 52L d'água, cada um, equipados com um tubo de PVC, sendo uma extremidade submersa na água (fechada com uma tela) e a outra fora da água, fechada por um "CAP", para tomada das variáveis. Esta extremidade manteve-se fechada, sendo aberta apenas para a tomada das variáveis. A superfície da água dos aquários foi vedada com uma camada de óleo vegetal, evitando o contato da água do aquário com o ar atmosférico. Para a tomada das variáveis limnológicas foi utilizado um oxímetro digital (Figura 1A e B).

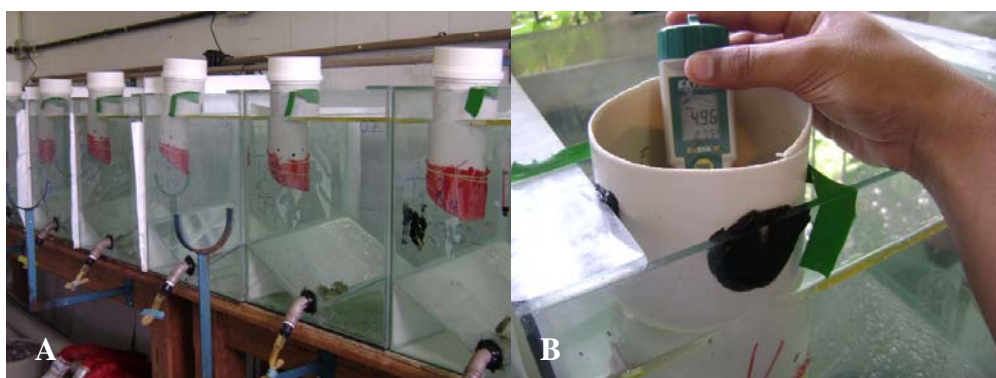


Figura 1 - A: aquários utilizados como unidades experimentais; B: oxímetro utilizado para a tomada das variáveis.

Foram delineados três diferentes tratamentos: T1) temperatura de $30,2 \pm 2,1$ °C obtida a partir do uso de um termostato de 150 W; T2) temperatura ambiente de $27,05 \pm 0,85$ °C e T3) temperatura de $25,4 \pm 1,1$ °C, obtida através do resfriamento do ambiente a partir de um condicionador de ar de 7.500 Btus, direcionado para os aquários; para cada tratamento foram feitas seis replicas.

A tomada das variáveis limnológicas foi realizada a cada hora durante três horas, totalizando quatro mensurações, sendo a primeira no início do experimento (tempo 0), logo após os animais serem colocados no aquário e fechado sua superfície com óleo; e posteriormente a cada hora até terceira hora do experimento, de forma a evitar-se um estresse maior ou o óbito dos animais.

Todos os dados obtidos foram avaliados e submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação de médias de Tukey, pelo programa ASSISTAT versão 7,5 beta (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis físico-químicas (temperatura e pH) por tratamentos, foram as seguintes: T1) $30,2 \pm 2,1$ °C e pH $6,45 \pm 0,1$; T2) $27,05 \pm 0,85$ °C e pH $6,45 \pm 0,1$ e T3) $25,4 \pm 1,1$ °C e pH $6,6 \pm 0,2$. Desta forma, verificou-se que a temperatura do tratamento T1 foi superior às taxas ideais para o melhor crescimento da carpa, preconizadas por Arrignon (1979), Makinouchi (1980) e Castagnolli (1986) apud Graeff & Pruner (1999): 24,0 a 28,0 °C. Já os valores de pH nos três tratamentos ficaram abaixo da faixa relatada por Albuquerque Filho (1977) como sendo ideal para a criação de carpas entre 7,0 e 7,4.

Macedo, Silva, Ferreira, Marcelino & Araújo (2007) afirmam que águas com teores de oxigênio dissolvido em torno de 4-5 mg/L ocorre a mortalidade de algumas espécies de peixes. As espécies de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e carpa-comum (*Cyprinus carpio*) são bastante resistentes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido, variando entre 1,2 mg/L e 3,2 mg/L, respectivamente.

Na figura 2 é possível visualizar o comportamento da quantidade de oxigênio dissolvido na água dos aquários durante todo experimento. Os níveis de oxigênio dissolvido se mantiveram dentro do limite estabelecido para as carpas (3,2 mg/L), sendo o menor valor observado de 3,75 mg/L no tratamento T2. Dessa forma, os animais não sofreram com os baixos níveis de oxigênio na água (hipóxia), sugerindo que o consumo de oxigênio não foi decorrente da condição de estresse gerada pela redução desse gás, pois segundo Oliveira (2003) os peixes expostos à hipóxia promovem ajustes cardíacos (bradicardia hipóxica), vasculares e bioquímicos para manter a transferência do oxigênio do ambiente até os tecidos.

Conforme relatado por Bastos (1982) pesquisas para determinar a influência do pH no consumo de oxigênio em piau *Leporinus* sp. e cangati *Trachycorystes* sp. mostraram um maior consumo de oxigênio na primeira hora das experiências. Corroborando essa idéia pode-se observar neste estudo que em todos os tratamentos a média do oxigênio consumido foi maior na primeira hora (Tabela 1). Isso pode ser justificado pelo fato da oferta de oxigênio no início do experimento ser maior.

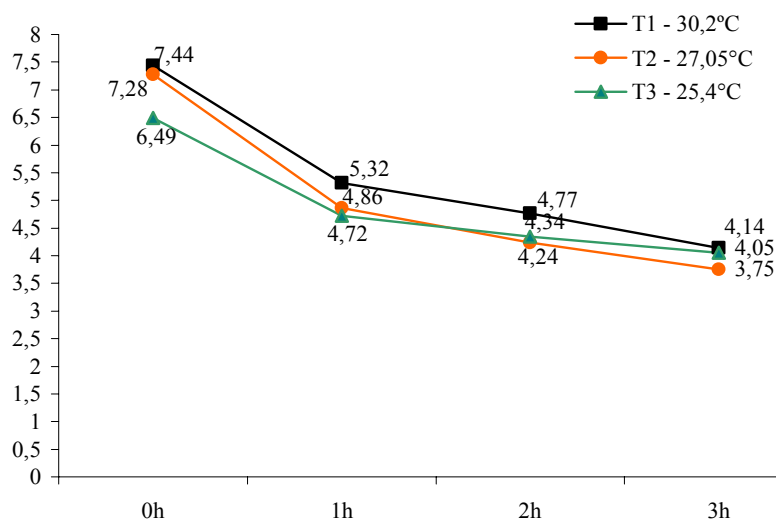


Figura 2 - Comportamento da quantidade de oxigênio dissolvido na água dos aquários durante todo o experimento.

Tabela 1 - Médias da quantidade de oxigênio consumido com os respectivos desvios padrões do consumo específico de oxigênio (mg/L), a cada hora do experimento (1h; 2h; 3h), para cada tratamento aplicado T1) $30,2 \pm 2,1$ °C; T2) $27,05 \pm 0,85$ °C e T3) $25,4 \pm 1,1$ °C).

Tratamento	1h (mg/L)	2h (mg/L)	3h (mg/L)
T1) 30,2°C	2,11 ($\pm 0,40$)	0,56($\pm 0,35$)	0,63($\pm 0,35$)
T2) 27,05°C	2,43($\pm 0,48$)	0,62($\pm 0,40$)	0,64($\pm 0,32$)
T3) 25,4°C	1,77($\pm 0,31$)	0,46($\pm 0,10$)	0,28($\pm 0,19$)

A análise estatística da primeira hora do experimento apresentou uma diferença estatística significativa entre si ($F = 3,9207$, $p < 0,05$), o Teste de Tukey revelou, a 5% de significância, que a média dos tratamentos T1 e T2 não diferem estatisticamente entre si, sendo que T1 também não difere de T3, por outro lado a média dos tratamentos T2 e T3 diferem estatisticamente, visto que a média de consumo de oxigênio em T3 foi a mais baixa e em T2 a mais alta. Já na segunda

e terceira hora não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos aplicados (Figura 3).

Pode-se observar uma pequena diferença na quantidade total de oxigênio consumido nos tratamentos T1 e T2, sendo o maior consumo registrado para T2. A análise estatística para esse consumo apresentou uma diferença significativa entre si ($P < 0,01$). Os tratamentos T1 e T2 não diferem estatisticamente, porém ambos os tratamentos apresentam médias superiores a observada no tratamento T3, como expresso na Figura 4.

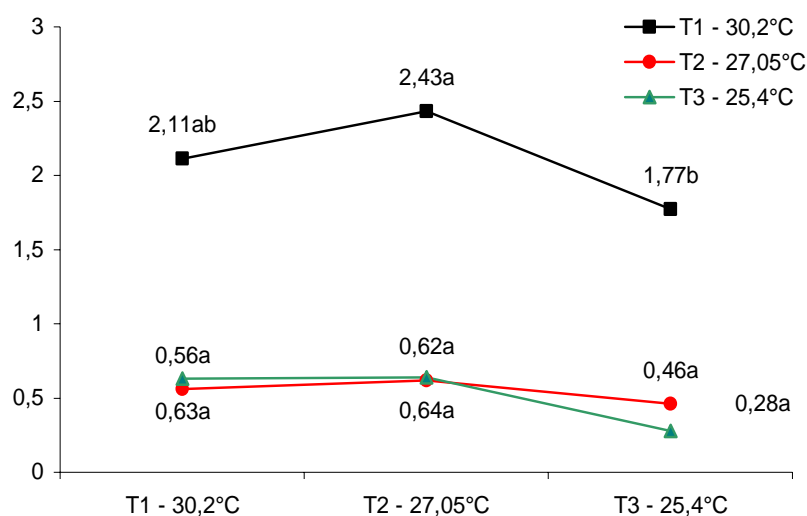


Figura 3 - Consumo de oxigênio em função de cada tratamento aplicado, durante o experimento, valores médios de seis repetições. Os valores com ao menos uma letra coincidente representam igualdade estatística ($p < 0,05$; DMS (10%) = 0,60563; $n = 6$).

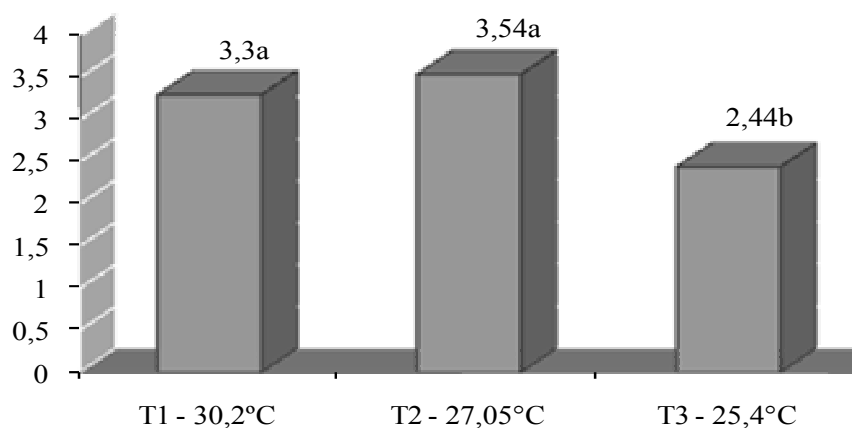


Figura 4 - Consumo total de oxigênio em função de cada tratamento aplicado, valores médios de seis repetições. Os valores com ao menos uma letra coincidente representam igualdade estatística ($p < 0,05$; DMS (10%) = 0,81617; $n = 6$).

Segundo Oliveira (2003) as taxas de reações químicas e biológicas dobram quando há uma elevação de 10 °C na temperatura. Isso faz com que os organismos utilizem duas vezes mais oxigênio dissolvido a cada elevação de 10 °C, assim justificando a pequena diferença encontrada neste experimento, em relação à quantidade de oxigênio consumido em cada tratamento T1) 3,30; T2) 3,54; T3) 2,44, pois as temperaturas foram muito próximas, o que ocasionou uma variação pequena na quantidade de oxigênio consumido.

Schmidt-Nielsen (2002) relata que animais expostos a temperaturas baixas apresentam o consumo de oxigênio limitados a sua taxa metabólica basal, dessa forma haveria um menor consumo em temperaturas baixas. Neste experimento o consumo de oxigênio dos animais expostos ao tratamento T3) $25,4 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$; 2,44 mgO₂/L foi menor, se comparado aos outros dois tratamentos T1) $30,2 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$; 3,30 mgO₂/L e T2) $27,05 \pm 0,85^{\circ}\text{C}$; 3,54 mgO₂/L.

Rajdhunge (2003) estudando a tomada de oxigênio da carpa-comum *Cyprinus carpio* var *communis* verificou a influência do peso no consumo de oxigênio, onde animais com 9,2 g mantidos a uma temperatura de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ consumiram 0,18260 (mgO₂/g), sendo esse valor 2,28 vezes maior que o nosso menor valor (T3 = 0,08 mgO₂/g) e 1,66 vezes maior que o nosso maior valor (T2 = 0,11 mgO₂/g). Contudo devemos considerar que esse autor trabalhou com uma metodologia diferente, a partir de um respirômetro e seu estudo teve uma duração duas vezes maior. É possível que a metodologia utilizada por este autor tenha aumentado o nível de estresse nos peixes, com conseqüente aumento do metabolismo, pois segundo Lima *et. al.* (2006) a resposta ao estresse em peixes inclui um aumento na taxa de absorção de oxigênio pelas brânquias.

Valbuena, Santamarí & Casallas (2006) em estudos sobre o efeito do peso corporal sobre o consumo de oxigênio em matrighã (*Brycon amazonicus*) constataram que há uma relação inversa entre a taxa de consumo de oxigênio e o peso corporal visto que os animais de menor tamanho registraram um maior consumo de oxigênio por unidade de peso que aqueles com peso superior.

Nesse estudo os animais de 100g consumiram $288,5 \pm 32,4$ (mg/kg/h) de oxigênio, em nosso experimento os animais (9g) do tratamento T1 consumiram $103,07 \pm 16,03$ (mg/kg/h), do tratamento T2 consumiram $110,47 \pm 23,45$ (mg/kg/h) e do tratamento T3 consumiram $76,09 \pm 8,37$ (mg/kg/h). Visto que nossos animais pesavam 9g, aproximadamente 11 vezes menores que os animais do estudo de Valbuena, Santamarí & Casallas (2006), a quantidade de oxigênio estimada que deveria ser consumida pelos nossos animais seria 25,965 (mg/kg/h), sendo que valores obtidos em nosso experimento foram em todos os tratamentos superiores ao valor estimado, dessa forma corroborando a idéia que há uma relação inversa entre a taxa de consumo de oxigênio e o peso corporal.

No presente experimento foi possível observar que existe variação no consumo de oxigênio em função da temperatura, visto que em temperaturas superiores o consumo é maior. E, nas primeiras horas do experimento, o consumo de oxigênio é superior às seguintes. Por outro lado, existe uma relação inversa entre o peso corporal do animal e o consumo de oxigênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque filho, G. C. (1977). *Piscicultura Continental*. Editora Veja.
- Bastos, J. A. M. (1982). Influência do pH, no consumo de oxigênio dos pexes: Piau (*Leporinus* sp.) e Cangati (*Trachycorystes* sp.). *Coletânea de trabalhos técnicos. Pesca e piscicultura minter-DNOCS*, pp. 239-250.
- Caldas, M. E. M. R. (2007). *Criação racional de peixes*. CEPLAC/CENEX. Acessado em 20 de janeiro de 2008 em <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo14.htm>.
- Echevengúá, M. M. (2006). *Avaliação da qualidade da carne da carpa húngara (Cyprinus carpio) de diferentes sistemas de cultivo da região Sul do Brasil*. [Dissertação de mestrado]. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande.
- Esteves, F. A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência.
- Froese, R. & Pauly, D. (2007). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Acessado em 20 de janeiro de 2008 em <http://www.fishbase.org>.
- Furlan, F. A. (1992) *A Susceptibilidade a estressores na Tilápia-do-Nilo depende da hora do dia*. [Monografia, Bacharelado em Ciências Biológicas] São Paulo: UNESP.
- Graeff, A. & Pruner, E. N. (1999). Efeito da densidade de estocagem na produtividade final de carpas, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (var. *specularis*) na fase de engorda período - inverno. *Ciênc. Agrotec.* 23 (4): 958-967.
- Lima, L. C. et al., *Estresse em Peixes*. Revista Brasileira Reprodução Animal, 30(3/4): 113-117, Belo Horizonte. Disponível em www.cbra.org.br. Acessado em 29/03/07. 2006.
- Macêdo, H. R.; Silva, A. J. N.; Ferreira, D. M.; Marcelino, J. F. & Araújo, D. M. (2007). Estudo de parâmetros físico-químicos para a criação de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em água doce. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa. *Anais II CONNEPI*, 4.
- Molen, S. V. D. (2003). *Estudio sobre la reproducción de Notothenioidei (Pisces: Perciformes) del Océano Austral*. [Tese de Doutorado]. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

- Oliveira, R. D. (2003). *Efeitos da temperatura nas respostas cardio-respiratórias e na respiração aérea acessória de jeju, **Hoplerythrinus unitaeniatus** (Erythrinidae) aclimatação a 15, 20, 25 e 30°C e submetidos a variações de O₂ ambiental*. [Tese de Doutorado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- Piedras, S. R. N.; Moraes, P. R. & Pouey, J. L. O. F. (2006). Desempenho de juvenis de catfish (*Ictalurus punctatus*) em diferentes temperaturas. *R. Bras. Agrociência*. 12(3): 367-370.
- Pough, F. H.; Heiser, J. B. & Mcfarland, W. N., (1993). *A Vida dos Vertebrados*. Editora: Atheneu.
- Rajdhunge, B. (2003). Oxygen Uptake of German Carp *Cyprinus carpio* var. *communis* L. *Our Nature*. 1.
- Rosso, F. L.; Bolner, K. C. S. & Baldisserotto, B. (2006). Ion fluxes in silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. *Neotropical Ichthyology*, 4(4): 435-440.
- Schmidt-Nielsen, K, (2002). *Fisiologia animal*. Editora Santos.
- Valbuena, M.; Velasco-Santamarí, Y. M. & Cruz-Casallas, P. (2006). Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz 1829): reporte preliminar. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 19(2):s/p.
- Wahrlich, V. & Anjos, L. A. (2001). Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cad. Saúde Pública*. 17(4): 801-817. ❀