

Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil

Marcos Tavares-Dias¹; Cleusa Suzana Oliveira Araújo²; Ana Lúcia Silva Gomes²
& Sanny Maria Sampaio Andrade²

¹Embrapa Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N° 2600, Caixa Postal: 10, 68903-419, Macapá, AP, Brasil. E-mails: marcostavares@cpafap.embrapa.br, mtavaresdias@pq.cnpq.br

²Centro Universitário Nilton Lins (UNINILTONLINS), Laboratório de Zoologia Aplicada. Avenida Professor Nilton Lins, 3259. Pq. das Laranjeiras, CEP 69058-040. Manaus, AM, Brasil. E-mails: suzana.araujo@pq.cnpq.br, sanny@interlins.com.br, anapaima@yahoo.com.br

Abstract. Weight-length relationship and relative condition factor (Kn) of the pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) in semi-intensive culture in Amazonas State, Brazil. The pirarucu *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes, Arapaimidae), Amazon basin fish, has fast growth and good tolerance to high stocking densities, resistance to handling and good acceptance of artificial diet when trained in the early life stages, all characteristics important to the culture of fish. In this study, the weight-length relationship equation ($W=a \cdot L^b$) and relative condition factor (Kn) were estimated for alevins, juveniles and young pirarucu kept in semi-intensive fish farm from the Municipality of Manacapuru, Amazonas State, central Amazon, Brazil. Alevins were previously trained to acceptance of artificial diet in the early life stages and following were feed with fish meal containing 45% crude protein. Value estimated for the regression constant (b) of the W-L relationship was 3.068; indicating an isometric growth. The varied from de 0.811 to 1.170, with mean from 1.007 ± 0.059 , which indicated body condition of the fish in culture.

Key words. *Arapaima gigas*, condition factor, culture, pirarucu, isometry.

Resumo. O pirarucu *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes, Arapaimidae), peixe da bacia amazônica, apresenta alta taxa de crescimento e tolerância a alta densidade de estocagem, tem rusticidade ao manuseio e aceita alimentação artificial quando treinado no início da vida, características relevantes para o cultivo de peixe. Neste estudo, a relação peso-comprimento ($W=a \cdot L^b$) e o fator de condição relativo (Kn) foram estimados para alevinos, juvenis e jovens de pirarucus cultivados em piscicultura semi-intensiva no município de Manacapuru, estado do Amazonas, na Amazônia central, Brasil. Alevinos foram previamente treinados para aceitar ração comercial durante no início da vida e depois foram alimentados com ração para peixes contendo 45% de proteína bruta. A equação relação peso-comprimento mostrou crescimento do tipo isométrico, com valor da constante de regressão (b) igual 3,068. O Kn variou de 0.811 a 1.170 (média de 1.007 ± 0.059) e esses valores elevados indicaram boas condições corporais dos peixes nas condições cultivadas.

Palavras-chave: *Arapaima gigas*, fator de condição, cultivo, pirarucu, isometria.

INTRODUÇÃO

O pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 é uma espécie endêmica da bacia amazônica que pode atingir três metros de comprimento e 200 Kg de massa corporal (IMBIRIBA, 2001; CAVERO *et al.*, 2003; BRANDÃO *et al.*, 2006). Na Amazônia a produção do pirarucu se baseia, principalmente, na captura de alevinos em ambientes naturais (IMBIRIBA, 2001), que somada ao esforço de pesca contribuem para a redução desta espécie em algumas regiões desta bacia. Esse é peixe piscívoro é uma das espécies brasileiras que apresenta as melhores perspectivas para a criação em qualquer modalidade na Amazônia. Sua respiração aérea obrigatória facilita sua criação quando em água com baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido (CAVERO *et al.*, 2003; BRANDÃO *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2007), o que não é possível nos peixes de respiração branquial obrigatória. Apresenta grande velocidade de crescimento, pode alcançar de 7 a 10 Kg no primeiro ano de criação (IMBIRIBA, 2001; BRANDÃO *et al.*, 2006), rusticidade ao manuseio e facilidade no treinamento para aceitar ração balanceada (CAVERO *et al.*, 2003; BRANDÃO *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2007), além disso suporta altas densidades de estocagem (CAVERO *et al.*, 2003; BRANDÃO *et al.*, 2006) e pode ser criado também em tanques-rede.

A relação peso-comprimento é uma importante ferramenta usada frequentemente nos estudos de biologia pesqueira e ecologia de diferentes espécies peixes (LE CREN, 1951; SANTOS, 1978; GOMIERO & BRAGA, 2003; LEMOS *et al.*, 2006). Esta relação é útil para determinar o peso e a biomassa, quando apenas as medidas de comprimento são avaliadas, indicando condições e permitindo comparações entre o crescimento de diferentes espécies (SANTOS, 1978;

JOBLING, 2002; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008), se usado o fator de condição relativo (LE CREN, 1951). As medidas em comprimento e peso de espécies de peixe têm sido usadas também para transformar dados coletados de campo em índices apropriados (GOMIERO & BRAGA, 2003; LEMOS *et al.*, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006). Por exemplo, durante as pesquisas de campo como o comprimento pode ser medido mais facilmente e apuradamente que o peso, assim as informações sobre o peso do peixe podem ser estimadas do comprimento, quando a relação peso-comprimento é conhecida para aquela determinada população de peixe (JOBLING, 2002; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006).

A equação da relação peso-comprimento pode fornecer informações sobre o crescimento relativo de uma determinada espécie, usando a equação $W = a.L^b$, onde os valores estimados da constante regressão (b) podem variar de 2.50 a 3.50 (LE CREN, 1951). Essa ampla variação de b ocorre em função de fatores bióticos e abióticos (LE CREN, 1951; ORSI *et al.*, 2002; GOMIERO & BRAGA, 2003; LEMOS *et al.*, 2006). Quando o crescimento é isométrico ($b=3.00$) sugere incremento do peso e comprimento na mesma proporção (JOBLING, 2002; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006; REGO *et al.*, 2008), o que teoricamente é o ideal para peixes (GOMIERO & BRAGA, 2003). Estudos relataram crescimento do tipo alométrico positivo ($b>3.00$) para *A. gigas* cultivado experimentalmente no sudeste do Brasil (SCORVO-FILHO *et al.*, 2004) e no Peru (ALCÁNTARA *et al.*, 2005). Em contraste, crescimento do tipo alométrico negativo ($b<3.00$) também tem sido descrito para *A. gigas* cultivados no Peru (ALCÁNTARA & GUERRA, 2002) e coletados do rio Amazonas (RUFFINO & ISAAC, 1995). REGO *et al.* (2008) sugerem que estudos de alometria devem ser usados para caracterizar as diferentes estratégias

de crescimento dos peixes associados aos fatores ecológicos, comportamentais e fisiológicos das espécies.

A relação peso-comprimento pode ser usada ainda para avaliar o grau de bem estar ou de higidez das espécies peixes através do fator de condição, que pode refletir condições nutricionais recentes, gastos das reservas (LE CREN, 1951; GOMIERO & BRAGA, 2003; JOBLING, 2002; REGO *et al.*, 2008), infecções parasitárias (LE MOS *et al.*, 2007) e outros. Esse índice pode indicar o período reprodutivo da espécie, períodos de alterações alimentares e de acúmulo de gordura (LE CREN, 1951; JOBLING, 2002; GOMIERO & BRAGA, 2003; REGO *et al.*, 2008), assim como mudanças sazonais nas condições do ambiente (LE CREN, 1951; GOMIERO & BRAGA, 2003; REGO *et al.*, 2008). Permite ainda, comparações entre populações que vivem em diferentes condições alimentares, climáticas e de densidade (LE CREN, 1951; LEMOS *et al.*, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008; REGO *et al.*, 2008). Assim, o fator de condição é também um índice bastante utilizado nos estudos de bioecologia de peixes, pois reflete o estado fisiológico do peixe condicionado à interação de fatores bióticos e abióticos (LE CREN, 1951; GOMIERO & BRAGA, 2003; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008). Portanto, este método não-letal de pesquisa fornece informações relevantes que podem ser usadas na compreensão do funcionamento de um ecossistema e como ferramentas para a melhoria do manejo de populações naturais e em cativeiro.

O fator de condição relativo e a relação peso-comprimento têm sido estudado em diversas espécies brasileiras de cultivo (TAVARES-DIAS *et al.*, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008) e ambiente natural (GOMIERO & BRAGA, 2003; LEMOS *et al.*, 2006), mas ainda

não utilizado com a espécie *A. gigas* de cultivo semi-intensivo na Amazônia brasileira. Como existem poucos estudos relacionados à biologia desta espécie amazônica, na região do estudo, então isto denota a importância do objetivo desse estudo, que foi caracterizar a relação peso-comprimento e o fator de condição relativo de *A. gigas* cultivados em piscicultura semi-intensiva de Manacapuru, estado do Amazonas, relacionando-os com as condições do cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Peixes e Condições de Cultivo

Alevinos (30 a 90 dias de idade), juvenis (seis a 12 meses de idade) e jovens (18 a 36 meses de idade) de pirarucu *A. gigas* (N=99) foram coletados em uma piscicultura semi-intensiva no município de Manacapuru, estado do Amazonas (Brasil), no período de fevereiro de 2007 a novembro de 2008, para análises biométricas. Os peixes provenientes de desovas naturais na piscicultura foram previamente treinados para receber ração balanceada para carnívoros. A partir de plâncton produzido na própria piscicultura, via processo de adubação, os alevinos (15 peixes/m³) foram, inicialmente, alimentados esses plânctons até atingirem 10 cm de comprimento. A partir desse comprimento, até atingirem 20 cm, foram alimentados com plâncton e ração moída contendo 45% de proteína bruta (PB), para condicionamento da alimentação artificial. A partir deste comprimento passaram a ser alimentados a cada duas horas, com peixe triturado e ração artificial, elaborado em forma de uma massa pastosa, utilizando apenas o filé de branquinha *Potamorhina latior* (Curimatidae) e charuto *Hemiodus sp.* (Hemiodontidae). Após este período

de treinamento foram mantidos na densidade de 400 peixes/m² e alimentados com ração comercial contendo 45% PB e peixes (branquinha e charuto).

De cada peixe foi obtido o peso total (em gramas) e o comprimento padrão (em centímetros) com auxílio de ictiômetro. De posse desses dados, foram calculados o fator de condição relativo (Kn) e a relação peso-comprimento. Para calcular a relação-comprimento foi usada a equação $P_t = aC^b$, onde P_t é o peso total em gramas e C o comprimento padrão (C_p) em centímetros, a e b são constantes. Estas constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $W = \log a + b \times \log C$. O nível de significância de r foi estimado e o valor de b testado através do teste t para saber se $b=3$ (SANTOS, 1978). O fator de condição relativo foi calculado e testado com o padrão $Kn=1.00$ (LE CREN, 1951), por meio do teste t de Student, a 5% de probabilidade.

Parâmetros Físico-Químicos da Água

Durante as coletas, o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (OD) foram medidos com equipamento digital, para cada finalidade. Os níveis de amônia total foram determinados seguindo as recomendações de VERDOUW (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos da água dos viveiros de *A. gigas* em piscicultura semi-intensiva são mostrados na Tabela 1, e estão dentro dos padrões para peixes tropicais.

O peso, comprimento e Kn dos pirarucus provenientes de cultivo semi-intensivo estão descritos na Tabela 2. O fator de condição relativo (Kn), um índice indicativo de condições de higidez que permite comparar uma mesma espécie em

diferentes ambientes, mostrou que em *A. gigas* variou de 0.811 a 1.170, com média de 1.007 ± 0.059 , indicando que o peso real é maior que o estimado. Portanto, esses resultados indicam boas condições de higidez nas condições de cultivo, pois quanto maior os valores do Kn melhores são as condições de bem-estar dos peixes no ambiente (LE CREN, 1951; SCORVO et al, 2004; TAVARES-DIAS et al., 2006). Valores médios de Kn elevados também foram relatados para *A. gigas* (1.002 ± 0.072) criados durante 16 meses em estufa e sistema fechado de recirculação de água, em São Paulo por SCORVO et al. (2004) e para *I. punctatus* ($1.02 \pm 0,05$) cultivados intensivamente em viveiros escavados (TAVARES-DIAS et al., 2006). Por outro lado, baixos valores de Kn foram relatos para *Ancistrus hoplogenyis* Günther, 1864 e *Hyphessobrycon copelandi* Durbin, 1908, indicando baixa condição corporal associada à privação alimentar (LE MOS et al., 2006).

A análise do diagrama de dispersão da relação Kn-comprimento padrão (Fig. 1) mostra que apesar do aumento do comprimento do peixe, o Kn manteve-se constante, como o esperado. Similarmente, essa mesma correlação tem sido demonstrada para peixes marinhos (BRAGA, 1986), *O. niloticus* (TAVARES-DIAS et al., 2000), *B. amazonicus* e *B. orbignyanus* (TAVARES-DIAS, 2004).

Tabela 1 Parâmetros físico-químicos da água dos viveiros de *Arapaima gigas* em piscicultura semi-intensiva no estado do Amazonas.

Parâmetros	Mínimo-Máximo
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4.0-6.0
pH	5.1-6.6
Temperatura (°C)	28.0-32.0
Condutividade (µS/cm)	7.3-29.5
Amônia (mg/L)	0.10-0.16

Parâmetros	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Peso total (g)	2870,8 ± 10.050,4	5,9	62.000,0
Comprimento padrão (cm)	36,8 ± 26,4	5,3	136
Kn	1,007 ± 0,059	0,811	1,170

Tabela 2 Parâmetros biométricos e fator relativo de condição (Kn) para *Arapaima gigas* (N=99) cultivados em piscicultura semi-intensiva no estado do Amazonas.

A relação peso-comprimento de *A. gigas* com os pares de dados plotados, os valores de coeficientes de determinação (R^2) e a equação correspondente estão demonstrados na Figura 2A-B. A equação que descreve essa relação foi $P_t = 0,0077C_p^{3,068}$. O diagrama de dispersão da Figura 2A mostra cinco animais com tamanhos maiores e com mais idade, os quais não foram homogêneos quanto à amplitude de variação e, além disso, não houve indivíduos amostrados nas faixas de 80 a 110 cm de comprimento.

A relação peso-comprimento pode ser usada para estimar o peso do peixe quando o seu comprimento é conhecido e vice-versa. A equação da relação peso-comprimento que fornece informações importantes sobre o peso e a biomassa dos peixes e permite comparações entre o crescimento de diferentes espécies (GOMIERO & BRAGA, 2003; TAVARES-DIAS *et al.*, 2006). Em *A. gigas* cultivados em piscicultura semi-intensiva na Amazônia central, a equação da relação peso-comprimento demonstrou crescimento isométrico, com $b=3.068$, indicando um incremento de peso e comprimento na mesma proporção, o que teoricamente é o ideal para peixes, principalmente em cultivo. Porém, valor de $b=2.051$ foi relatado para *A. gigas* alimentados somente com peixes vivos (ALCÁNTARA & GUERRA, 1992) e $b=2.790$ para esse mesmo peixe do baixo rio Amazonas (RUFFINO & ISAAC, 1995). Para esta mesma espécie criada em sistema de cultivo intensivo em

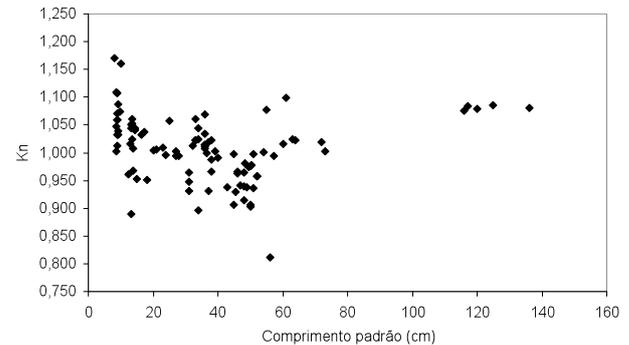


Figura 1 Correlação entre os dados de comprimento padrão e Kn para *Arapaima gigas* (N=99), provenientes de cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas.

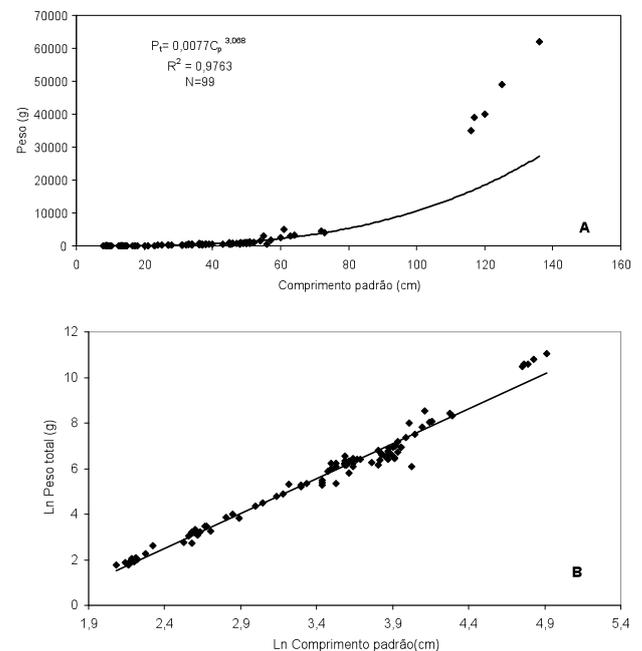


Figura 2 Relação peso-comprimento para *Arapaima gigas* (N=99) cultivados em piscicultura semi-intensiva no estado do Amazonas, com os valores de dados plotados, valores do coeficiente de determinação/ R^2 (A) e regressão linear (B).

São Paulo, *b* foi estimado em 3.147 (SCORVO-FILHO *et al.*, 2004) e para espécimes criados em Loreto, Peru, *b* foi estimado em 3.235 (ALCÁNTARA *et al.*, 2005), indicando um incremento maior em peso do que em comprimento. Estes resultados indicam que o pirarucu não mantém suas proporções corporais ao longo do seu desenvolvimento em cultivo. Em *A. gigas*, durante o crescimento inicial (fase de alevinos) é maior o incremento em crescimento do que em peso (ALCÁNTARA & GUERRA, 1992; CAVEIRO *et al.*, 2003). Embora o crescimento dos peixes aumente com o tempo, o peso pode aumentar ou decrescer na dependência de vários fatores que podem afetar a deposição ou mobilização de reservas corporais (JOBILING, 2002; REGO *et al.*, 2008).

Os resultados deste estudo fornecem valores biométricos de referências para pirarucu *A. gigas* de cultivo semi-intensivo e poderão servir de comparação com dados dessa espécie em outras situações de cultivo, bem como de ambiente natural.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto (Processo: 557108/2005-5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA, F.B. & GUERRA, H.F. 1992. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, utilizando bujurqui, *Cichlassoma bimaculatum*, como presa. **Folia Amazonica** 4:133-144.
- ALCÁNTARA, F.B., ALDEA, M.G., ARRARTE, P.R., VEINTEMILLA, C.V., DEL CASTILLO, D.T. & TELLO, M.S. 2005. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas* en estanques de productores en Loreto, Perú, pp.163-168. *In: Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. Comunicaciones del Primer Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica, Iquitos, Perú. Jean-François Renno, Carmen García, Fabrice Duponchelle y Jesus Nuñez (Eds). RIA: Iquitos, Peru.
- ANDRADE, J.I.A.; ONO E.A.; MENEZES, G.C.; BRASIL, E.M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E.C.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L. & AFFONSO, E.G. 2007. Influence of diets supplemented with vitamin C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. **Comparative Biochemistry Physiology** 146A: 576–580.
- BRAGA, F.M.S. 1986. Estudo entre o fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. **Revista Brasileira de Biologia** 46: 339-346.
- BRANDÃO, F.; GOMES, L.C. & CHAGAS, E.C. 2006. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Acta Amazonica** 36: 349–356.
- CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D.R.; GANDRA, A.L. & CRESCÊNCIO, R. 2003. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 38: 723-728.
- GOMIERO, L.M. & BRAGA, F.M.S. 2003. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande-MG/SP. **Acta Scientiarum** 25:79-86.
- IMBIRIBA, E.P. 2001. Potencial da criação do pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica** 31: 229-316.
- JOBILING, M. 2002. Environmental factors and rates of

- development and growth, pp.97-122. *In*: HART, P.J.B.; REYNOLDS, J.D. (eds). **Handbook of fish biology and fisheries. Fish biology**. Blackwell, USA. 413p.
- LEMONS, J.R.G.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, P.E.M.; AFFONSO, E.G. & ZAIDEN, S.F. 2006. Relação peso-comprimento e fator de condição em espécies de peixes ornamentais do rio Negro, Estado do Amazonas, Brasil. **CIVA 2006 (<http://civa2006.org>)**: 721-725.
- LEMONS, J.R.G.; TAVARES-DIAS, M.; SALES, R.S.A.; NOBRE FILHO, G.R. & FIM, J.D.I. 2007. Parasitos nas brânquias de *Brycon amazonicus* (Characidae, Bryconinae) cultivados em canais de igarapé do Turumã-Mirim, estado do Amazonas, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences 29**: 217-222.
- LE CREN, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology 20**: 201-219.
- ORSI, M.L.; SHIBATTA, O.A. & SILVA-SOUZA, A.T. 2002. Caracterização biológica de populações de peixes do rio Tibagi, localidade de Sertanópolis. pp. 425-432. *In*: MEDRI, M.E.; SHIBATTA, O.A.; BIANCHINI, E. & PIMENTA, J.A. (Orgs.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina, PR.
- REGO, A.C.L.; PINESE, O.P.; MAGALHÃES, P.A. & PINESE, J.F. 2008. Relação peso-comprimento para *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) e *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Characiformes) no reservatório de Nova Ponte –EPDA de Galheiro, rio Araguari, MG. **Revista Brasileira de Zootecias 10**: 13-21.
- RUFFINO, M.L. & V.J. ISAAC. 1995. Life cycle and biological parameters of several Brazilian Amazon fish species. **Naga 18**: 41-45.
- SANTOS, E.P. 1978. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. EDUSP, São Paulo. 129p.
- SCORVO-FILHO, J.D.; ROJAS, N.E.T; SILVA, C.M & KONOIKE, T. 2004. Criação de *Arapaima gigas* (teleostei osteoglossidae) em estufa e sistema fechado de circulação de água, no Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca 30**: 161-170.
- TAVARES-DIAS, M. 2004. Características bioquímicas de *Brycon cephalus* e *Brycon orbignyanus*, teleósteos dulciaquícolas brasileiros de importância econômica. **CIVA2006 (<http://civa2006.org>)**: 282-285.
- TAVARES-DIAS, M.; SCHALCH, S.H.C.; SILVA, E.D.; MARTINS, M.L. & MORAES, F.R. 2000. Características hematológicas de *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) cultivada intensivamente em “pesque-pague” do município de Franca, São Paulo, Brasil. **Ars Veterinaria 16**:76-82.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. & MARTINS, M.L. 2006. Equação da relação peso-comprimento, fator de condição, relação hepato e esplenosomática de 11 teleósteos dulciaquícolas cultivados no Brasil. **CIVA2006 (<http://civa2006.org>)**: 713-720.
- TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, J. R. G.; FIM, J.D.I.; AFFONSO, E.G. & ONO, E.A. 2008. Índices de condição corporal em juvenis de *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) na Amazônia. **Boletim do Instituto de Pesca 34**: 197-204.
- VERDOUW, H., VAN ECHTED, C.J.A., DEKKERS, E.M.J. 1978. Ammonia determination based on indophenol formation with sodium silicylate. **Water and Research 12**: 397-402.

