

EFEITO DA DENSIDADE DE LOTAÇÃO E DA RENOVAÇÃO DA ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DO PACU (*Piaractus mesopotamicus*)¹

Delma Machado Cantisani Padua², Paulo César Silva³, João Teodoro Padua³, Cintia Maria Fernandes⁴, Michelle Lobo Andrade⁴ Elisabeth Criscuolo Urbinati⁵

ABSTRACT

Performance of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Reared in Different Stocking Density and Water Flow

The performance of juvenile pacu, *Piaractus mesopotamicus*, held at three different stocking densities, 14, 28 and 42 fishes/ m³, and two levels of tanks water renovation, 1½ and 3 h, with two replication, was tested in a 3 by 2 factorial design. A series of 12 concrete rectangular shaped tanks (4,0 m x 1,5 m x 0,8 m deep), installed outdoors was utilized. The result of this study suggests that stocking density has a marked effect on the growth of juvenile pacu. It was observed that an increase of treefold in density and decreased water flow were related to increased mortality,

KEY WORDS: Fish, pacu, *Piaractus mesopotamicus*, stocking density, water flow

RESUMO

O desempenho produtivo de juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, submetidos a três densidades de lotação, 14, 28 e 42 peixes / m³, e a duas taxas de renovação total da água dos tanques, 1 ½ , 3 h, foi testado em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, com duas repetições. Utilizou-se uma série de 12 tanques de concreto (4,0 x 1,5 m x 0,8 m de profundidade), dispostos a céu aberto. Os resultados demonstraram que a densidade de lotação e a taxa de renovação da água influenciaram o desempenho produtivo do pacu. Observou-se que

1 - Entregue para publicação em junho de 1998.

2 - Doutoranda / Produção Animal UNESP/ UFG - Docente da UCG. E-mail: teodoro@ufg.br

3 - Doutorando / Produção Animal UNESP/ UFG - Docente da UFG.

4 - Estudantes de Veterinária / UFG - Bolsistas PIBIC / CNPq - Setor de Piscicultura

5 - Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal UNESP - FCAVJ - E-mail bethurb@fcavj.unesp.br

o aumento em três vezes da lotação e o decréscimo da renovação da água determinaram menores desempenhos produtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema intensivo, lotação, vazão da água, pacu, *Piaractus mesopotamicus*.

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por peixes e o decréscimo nas capturas marinha e continental têm resultado em altos preços do pescado e em maiores investimentos em aquíicultura, como meio de incrementar mundialmente o suprimento de pescado.

Em sistemas intensivos de produção, a densidade de povoamento é um importante fator na determinação do custo de produção em relação ao investimento de capital. Quanto mais alta a densidade de lotação, mais baixo será o custo de produção por peixe, assumindo crescimento e sobrevivência satisfatórias (Wallace *et al.* 1988).

Investigações recentes têm demonstrado que o desempenho de peixes em cativeiro é influenciado pela densidade de lotação. Segundo Vijayan & Leatherland (1988), vários fatores atuam isolados ou combinados, prejudicando a taxa de crescimento de peixes mantidos em altas densidades. Alguns autores propuseram que fatores comportamentais poderiam estar implicados, como interações sociais, desenvolvimento de hierarquias e estabelecimento de limites territoriais (Symons 1970, Fenderson & Carpenter 1971, Refstie & Kittelsen 1976, Refstie 1977, Trzebiatowski *et al.* 1981, Jobling 1985).

Banks (1994) estudou o efeito de três taxas de lotação (20.000, 40.000 e 60.000 peixes / tanque) e de três níveis de vazão da água 757, 1514 e 2271 l / min / tanque) sobre o desempenho produtivo de alevinos do salmão (*Oncorhynchus tshawytscha*) mantidos em tanques tipo *raceways* de 34,2 m³. Constatou-se que o aumento da lotação e a redução da vazão da água resultaram em aumento de mortalidade, decorrente de doenças bacterianas no fígado.

Estudando a eficiência de sistemas de criação intensivo, Saring (1992) constatou duas limitações, que precisam ser superadas: a piora na conversão alimentar, indicando baixa utilização do alimento, e a elevação da concentração de metabólitos, levando à deficiência crônica da concentração de oxigênio do meio.

Embora esteja em fase de desenvolvimento inicial no Brasil, a prática de sistemas intensivos de criação promete ser bastante lucrativa para espécies que se adaptem à superpopulação e para locais onde haja facilidade de aquisição de rações balanceadas ou ingredientes para seu preparo a baixos custos. Para este trabalho, elegeu-se como modelo biológico o pacu, *Piaractus mesopotamicus*, peixe de reconhecido valor econômico.

Trabalhando com o tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*), em sistema de criação semi-intensivo (0,75 peixes / m²), na região Centro-Oeste,

Silva *et al.* (1997) obtiveram taxa de crescimento instantâneo em peso de 1,63 % do peso por dia e uma conversão alimentar média de 2,6. Padua (1996) obteve taxa média de crescimento instantâneo em peso de 1,48% e conversão alimentar de 1,68, para o pacu (*P. mesopotamicus*) em sistema semi-intensivo de cultivo, mantido em tanques de alvenaria no período de verão, utilizando ração com nível de 26 % de proteína bruta.

Ao avaliar a viabilidade de utilização de uma série de tanques de alvenaria como modelo de parcelas para condução de experimentos com organismos aquáticos, Padua *et al.* (1997) observaram condições limnológicas inadequadas para o cultivo de peixes em tanques com menor renovação d'água. O aumento da biomassa e o decréscimo da renovação d'água levaram a um aumento de mortalidade e da incidência de doenças.

Tendo como base os estudos ora introduzidos, conclui-se que, na avaliação da eficiência de utilização da água para a criação de peixes, a densidade de lotação deve estar associada ao fluxo de água, refletindo diretamente sobre o crescimento dos peixes. Assim pretendeu-se estudar o efeito de diferentes densidades de lotação e taxas de vazão da água sobre o desempenho produtivo de juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Setor de Piscicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, no período de 20 de novembro de 1997 a 30 de abril de 1998, totalizando 161 dias, incluindo 8 dias de condicionamento às instalações experimentais.

Um lote homogêneo de 336 juvenis de pacu foi selecionado para peso médio aproximado, com $75,22 \pm 19,19$ g.

Utilizou-se uma série de doze tanques de alvenaria dispostos paralelamente, medindo $4,0 \times 1,5 \times 0,80$ m, com capacidade para $4,8 \text{ m}^3$ e nivelados pelo sifão de saída para manter um volume de 3 m^3 . Os tanques foram providos de fluxo individual d'água, com registros e tubulações de PVC que permitiram a vazão necessária conforme o tratamento. O sistema de escoamento de água do fundo foi realizado por tubo de PVC, tipo joelho articulado revestido com camisa e tela, permitindo o auto-sifonamento dos resíduos depositados no fundo.

Os tanques foram abastecidos com água proveniente de uma represa à montante e que passa por um sistema de filtro de brita e canaletas de distribuição a céu aberto.

Os peixes foram alimentados com ração comercial para crescimento, com 28 % de proteína bruta, em forma extrusada, fornecida à vontade três vezes ao dia, por volta das 9, 12 e 16 horas, em seis dias da semana, procedendo-se às pesagens da ração consumida nos mesmos intervalos das biometrias para cálculos do desempenho.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3×2 , sendo testados três níveis de lotação, 14, 28 e 42 peixes/ m^3 e duas taxas de renovação da água dos tanques, $1 \frac{1}{2}$ h e 3 h, com duas repetições, ou seja, cada

combinação de fatores foi fornecida a duas unidades experimentais (tanques) de modo inteiramente ao acaso. Dessa forma os tratamentos foram assim compostos:

Tratamentos	Renovação da água (hora)	Lotação (peixes / m ³)
A	1:30	14
B	1:30	28
C	1:30	32
D	3:00	14
E	3:00	28
F	3:00	32

O ganho em peso (GP g) foi calculado pela diferença entre a média de peso dos peixes de cada parcela no início e ao final do experimento. A taxa de crescimento específico (TCE %) ou ganho de peso médio diário em porcentagem foi calculado

segundo Hepher (1988):
$$TCE = \frac{\ln P_F - \ln P_I}{\Delta t} \times 100$$

onde, TCE = taxa de crescimento específico;

P_F = peso final;

P_I = peso inicial;

Δt = intervalo de tempo;

ln = logaritmo neperiano.

A conversão alimentar aparente (CAA) foi calculada pela relação entre as médias de consumo de ração e de ganho em peso por parcela. O número total de sobreviventes em cada parcela foi registrado no final do experimento. Determinou-se o índice de consumo diário (ICD, %), obtido pela média de ração consumida por dia em relação ao peso vivo.

A temperatura da água foi medida diariamente às 8 e às 16 horas. O teor de O₂D e o pH foram obtidos utilizando-se um *kit* de análises de água da marca Alfatecnoquímica. A condutividade elétrica foi determinada por condutivímetro. A taxa de vazão da água foi aferida semanalmente e, caso necessário, o registro de abastecimento era regulado, utilizando-se, para tanto, um recipiente graduado e cronômetro.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias (Tukey a 5 %), conforme procedimentos GLM do SAS (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura da água apresentou variação aproximada de 3 °C, considerando-se os dois períodos (manhã e tarde), o que pode ser observado na Tabela 1. Essa diferença

também ocorre geralmente em viveiros escavados e de maior extensão, conforme relatado por Padua *et al.* (1997) em estudo sobre variação diurna de parâmetros limnológicos.

Quanto ao teor de oxigênio dissolvido (O_2D), observou-se uma tendência de redução à medida que se elevava a taxa de lotação. Esse comportamento ocorreu nos dois grupos de vazão (alta e baixa), sendo que nesta última o decréscimo foi mais acentuado, mantendo-se, porém, as condições adequadas de acordo com as recomendações de Proença & Bittencout (1994) e Sipaúba-Tavares (1995).

A condutividade elétrica (CE), que mede a concentração de íons dissolvidos, é um parâmetro utilizado para avaliação do grau de eutrofização e poluentes da água (Sipaúba-Tavares 1995). Verificou-se uma tendência para valores mais elevados de CE naqueles tratamentos com maior taxa de renovação, contrariando o esperado, sendo uma das prováveis causas a maior ressuspensão de resíduos do fundo devido à maior correnteza.

Tabela 1. Condições ambientais monitoradas: temperaturas médias diárias, manhã e tarde ($^{\circ}C$), médias semanais do potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (O_2D , mg/l) e condutividade elétrica (CE, $\mu S / cm^3$).

Tratamentos ¹	Parâmetros				
	Manhã	Tarde	pH	O_2D	CE
A	24,05 ± 1,44	27,50 ± 2,30	6,8	7,5	41,00
B	23,92 ± 1,49	27,01 ± 2,30	7,5	6,0	57,50
C	23,91 ± 1,48	27,04 ± 2,28	7,3	5,8	47,00
D	23,84 ± 1,5	26,98 ± 2,29	7,4	7,0	34,00
E	23,83 ± 1,5	26,96 ± 2,27	7,4	4,7	46,00
F	23,86 ± 1,5	26,96 ± 2,26	7,3	4,9	40,00

1 - A- 1 ½ h, 14 peixes; B- 1 ½ h, 28 peixes; C- 1 ½ h, 42 peixes; D- 3 h, 14 peixes; E- 3 h, 28 peixes; F- 3 h, 42 peixes.

Nota-se na Tabela 1 que as condições ambientais monitoradas não foram limitantes ao desenvolvimento dos peixes, mesmo no tratamento F, de maior lotação (42 px/m³) e menor renovação de água (3 h), conforme preconizado por Proença & Bittencourt (1994) e Sipaúba-Tavares (1995), para peixes de água doce de clima tropical. Supõe-se, dessa forma, que as duas vazões testadas deram suporte às taxas de lotação utilizadas, uma vez que a qualidade da água permaneceu em todos os casos dentro dos padrões adequados para o bom desenvolvimento dos peixes.

Não houve interação ($P>0,05$) entre a taxa de renovação da água e a densidade de lotação sobre as características analisadas. O efeito desses fatores sobre as médias

das variáveis analisadas é, portanto, apresentado sem desdobramento, tendo seus valores sido comparados pelo teste de Tukey (5%). Os valores médios das variáveis desdobradas para cada taxa de renovação, para melhor visualização do comportamento, encontram-se na Figura 1.

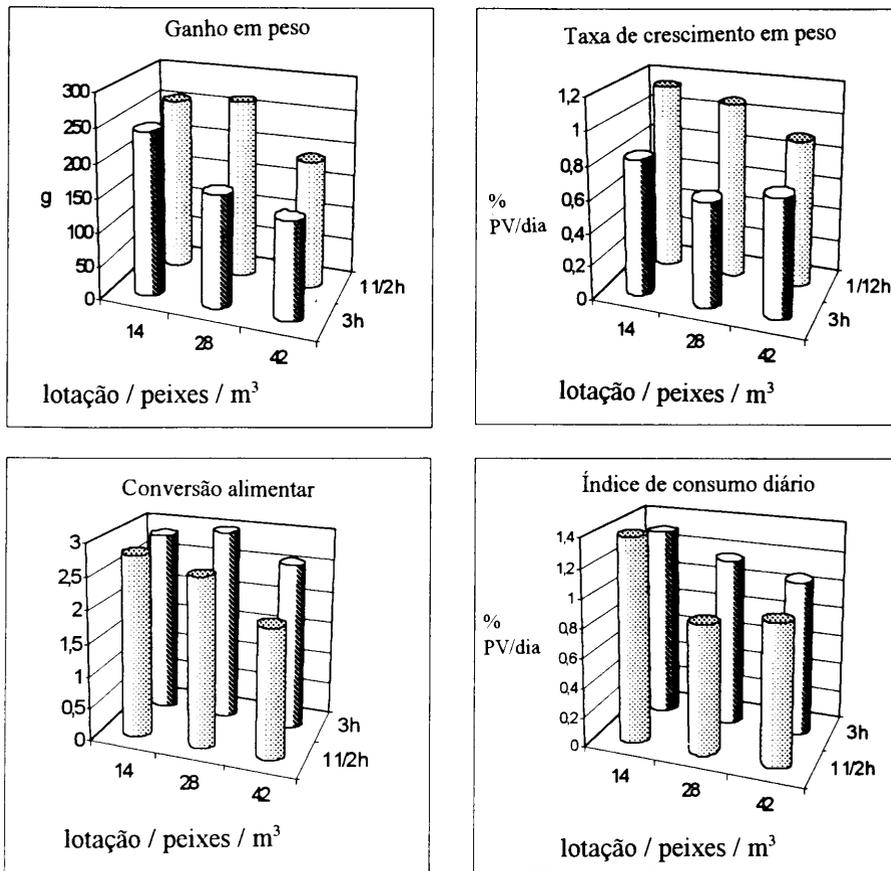


Figura 1. Perfil de comportamento do desempenho produtivo dos peixes submetidos às duas taxas de renovação da água e a diferentes densidades de lotação

- A redução da taxa de renovação da água dos tanques diminuiu em média o ganho em peso, a taxa de crescimento específico em peso e em comprimento, bem como a sobrevivência ($P < 0,05$), enquanto para peso final, conversão alimentar aparente e para índice de consumo diário, verificou-se apenas uma tendência de redução em seus valores médios.

Apesar de não terem sido detectadas alterações negativas nos parâmetros de qualidade da água para as diferentes taxas de renovação (Tabela 1), o comportamento observado para o desempenho produtivo indica que algum outro fator ambiental não analisado pode ter influenciado negativamente o desenvolvimento dos peixes. Fatores limitantes para o crescimento de peixes de qualquer tamanho, sob densidades extremamente altas de lotação, provavelmente sejam mais de natureza física que comportamental, isto é, níveis inadequados de amônia ou suprimento inadequado de oxigênio (Wallace *et al.* 1988). Mas, por outro lado, uma vez que os parâmetros ambientais encontraram-se dentro do limite para a espécie, a redução do desempenho pode ter causas independentes da vazão da água, como as comportamentais sugeridas na introdução.

Nota-se pelos dados da Tabela 2 que o aumento da densidade de lotação correlacionou-se negativamente com as variáveis estudadas. O peso final e o ganho em peso reduziram ($P < 0,05$) quando se triplicou a lotação. Com a duplicação da densidade de lotação houve redução ($P < 0,05$) do índice de consumo diário, e a cada nível de elevação da lotação obteve-se uma menor ($P < 0,05$) sobrevivência. Nas demais variáveis analisadas (TCP, TCC, CAA) ocorreu apenas uma tendência na redução de seus valores com a elevação da densidade de lotação.

Tabela 2. Efeito da taxa de renovação da água e da densidade de lotação sobre o peso final em gramas (PF); ganho de peso em gramas (GP); taxa de crescimento instantâneo em peso (TCP) e comprimento (TCC); conversão alimentar aparente (CAA); percentuais do índice de consumo diário (ICD) e sobrevivência (SBR).

Renovação hora	Características de desempenho produtivo						
	PF (g)	GP (g)	TCP (%)	TCC (%)	CAA (%)	ICD (%)	SBR (%)
1:30	298,07	236,78 ^{a1}	1,03 ^a	0,38 ^a	2,79	1,17	98,14 ^a
3:00	272,07	182,77 ^b	0,72 ^b	0,25 ^b	2,45	1,07	85,84 ^b
Lotação (px/m ³) ²							
14	323,58 ^a	249,33 ^a	0,98	0,36	2,81	1,35 ^a	98,01 ^a
28	298,08 ^a	214,63 ^a	0,85	0,31	2,78	1,01 ^b	96,43 ^b
42	235,57 ^b	165,37 ^b	0,80	0,28	2,27	1,00 ^b	81,54 ^c
CV %	13,86	8,17	14,80	13,54	14,30	8,07	11,80

1 - Valores, nas colunas, seguidos de letras diferentes, para um mesmo parâmetro, diferem ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey. px = peixe

2 - px/m³ - peixe por metro cúbico

Os valores de taxa de crescimento específico em peso, obtidos com o pacu em sistema de criação intensiva (Tabela 1), foram inferiores àqueles citados para o tambacu (Silva *et al.* 1997) e para o pacu (Padua 1996) em sistema semi-intensivo, e iguais, respectivamente, a 1,63 e 1,48 % do peso vivo por dia.

Os resultados deste estudo sugerem que a densidade de lotação tem um efeito marcante sobre o desenvolvimento do pacu. Vários outros estudos relacionando lotação ao crescimento em teleósteos têm demonstrado efeitos semelhantes (Refstie & Kittelsen 1976, Refstie 1977, Trzebiatowski *et al.* 1981, Vijayan & Leatherland 1988, Banks 1994).

Não obstante, Wallace *et al.* (1988) observaram que a alta densidade de lotação estimulou o desenvolvimento do comportamento do cardume, enquanto inibiu simultaneamente o desenvolvimento do comportamento de agressividade em *artic charr*, *Salvelinus alpinus* (L.), refletindo em melhores taxas de crescimento. Isto evidenciou que hierarquias dominantes em peixes são quebradas por altas densidades de lotação (Refstie & Kittelsen 1976) e também que o comportamento do cardume pode afetar positivamente a alimentação (Frost 1977).

No presente trabalho, em que o comportamento foi avaliado indiretamente pelo desempenho de produção, supõe-se que os peixes em ambiente com menor ocorrência de agressividade exibam melhores resultados. Assim a menor densidade de lotação testada já foi suficiente para quebrar a hierarquia, havendo necessidade de pesquisas complementares que confirmem se, em menores densidades, o comportamento de dominância se estabelece, desestimulando o comportamento de alimentação, o que refletiria em menor desempenho.

Uma vez que a taxa de crescimento é dependente do consumo e da conversão alimentar, situações em que esse processo é alterado por fatores comportamentais, devido a um estresse qualquer, alterações de densidade de lotação poderão também afetar o desempenho.

Embora não significativa, ocorreu uma tendência à melhoria na conversão alimentar com o aumento da lotação. Esse resultado sugere estudos complementares, como, por exemplo, uma análise econômica sobre o impacto da utilização de maiores densidades de lotação sobre o desempenho dos peixes.

No presente estudo a elevação da densidade levou a uma redução do índice de consumo diário ($P < 0,05$), resultado também divulgado por Refstie & Kittelsen (1976) e Vijayan & Leatherland (1988) que observaram a diminuição na taxa de alimentação do salmão do Atlântico (*Salmo solar*) e do *brook charr* (*Salvelinus fontinalis*), quando submetidos a taxas crescentes de lotação.

A curva de crescimento em peso dos peixes submetidos aos diferentes tratamentos está representada na Figura 2. Detecta-se que a maior renovação da água (1 ½ h) só não levou a um maior peso final quando se triplicou a lotação (tratamento C); neste caso só é superior ao tratamento mais drástico (tratamento F, 42 peixes / m³ x renovação de 3 em 3 h), que resultou em menor peso médio final. A menor renovação

da água (3 h) possibilitou o maior ganho em peso para a menor densidade de lotação testada (tratamento D). Assim, demonstrou-se que é preciso avaliar com cautela a quantidade e a qualidade da água para a implantação de um determinado sistema de criação.

CURVA DE CRESCIMENTO

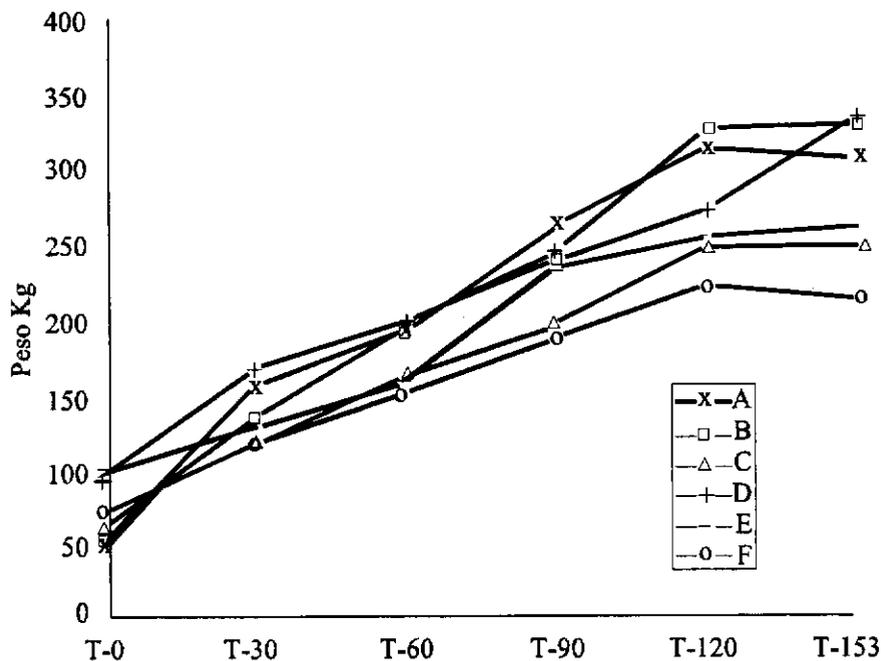


Figura 2. Curva de crescimento em peso dos pacus juvenis submetidos aos diferentes tratamentos ao longo do experimento. Tratamentos: A - 14px 1:30h; B - 28px/1:30h; C - 42px/1:30h ; D - 14px/3h; E - 28px / 3h; F - 42px/ 3h.

CONCLUSÃO

O desempenho de juvenis de pacu, nas condições do presente trabalho, não foi afetado pelas diferentes combinações entre densidade de lotação e taxa de renovação da água. As maiores taxas de renovação corresponderam os melhores índices de desempenho dos peixes. Valores satisfatórios das características estudadas foram observados quando os peixes foram submetidos à menor taxa de lotação.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio de Rações Guabi, Centro Oeste Rações Ltda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banks, J.** 1994. Raceway density and water flow as factors affecting spring Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) during rearing and after release. *Aquaculture*, Amsterdam, 119: 201-17.
- Fenderson, O. D. & M. R. Carpenter.** 1971. Effects of crowding on the behaviour of juvenile hatchery and wild landlocked Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). *Anim. Behav.*, 19 : 439-47.
- Frost, W. E.,** 1977. The food of charr, *Salvelinus willughbii*, in Windermere. *J. Fish Biol.*, 11: 531-47.
- Hepher, B.** 1988. Requirement for protein. In *Nutrition of pond fishes*. Cambridge: Cambridge University Press, p.175-216.
- Jobling, M.** 1985. Physiological and social constrains on growth of fish with special reference to arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 44 : 83-0.
- Padua, D. M. C.** 1996. Utilização da levedura alcoólica (*Saccharomyces cerevisiae*) como fonte protéica na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Pisces, Teleostei): aspectos metabólicos e de desempenho produtivo. Dissertação de Mestrado, CAUNESP/ UNESP, Jaboticabal, SP. 120 p.
- Padua, D. M. C., L. H. Sipaúba-Tavares, P. C. Silva & J. T. Padua.** 1997. Variação diurna de parâmetros limnológicos em viveiros de piscicultura. *Anais Esc. Agron. e Vet.*, 27(1): 93-102.
- Proença, C. E. M. & P. R. L. Bittencourt.** 1994. Manual de piscicultura tropical. Brasília: IBAMA/ DIREN/ DEPAQ/ DIPEA.
- Refstie, T.** 1977. Effect of density on growth and survival of rainbow trout. *Aquaculture*, 11: 329-34.
- Refstie, T. & A. Kittelsen.** 1976. Effect of density on growth and survival of artificially reared Atlantic salmon. *Aquaculture*, 8 : 319-26.
- SAS.** 1985. Statistic guide for personal computers. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 956 p.
- Saring, S.** 1992. The development of polyculture in Israel: a model of intensification. In Shepherd, C.J. & N. R. Bromage. *Intensive fish farming*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 302 - 32.
- Silva P. C., A F. S. França, D. M. C. Padua & G. Jacob.** 1997. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do milho (*Zea mays*) na alimentação do tambaqui

(*Colossoma macropomum*). Boletim do Instituto de Pesca, 24 : 125-31. Ed. Especial.

Sipaúba-Tavares, L. H. S. 1995. Limnologia aplicada à aquicultura. FUNEP, Jaboticabal, SP. 70 p.

Symons, P. E. K. 1970. The possible role of social and territorial behaviour of Atlantic salmon parr in the production of smolts. Tech Rep. Fish. Res. Board Can. , 206 : 1-25.

Trzebiatowski, R., J. Filipiak & R. Jakubowski . 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). Aquaculture, Amsterdam, 22: 289-95.

Vijayan, M. M. & J. F. Leatherland. 1988. Effects of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Aquaculture, Amsterdam, 75: 159-70.

Wallace, J. C., A G. Kolbeinshavn & T. G. Reinsnes. 1988. The effects of stocking density on early growth in arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). Aquaculture. Amsterdam, 73 :101-10.