

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP  
CAMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DA TEMPERATURA DE CULTIVO NA  
FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DO PACU  
(*Piaractus mesopotamicus*, HOLMBERG, 1887)

*Teresa Cristina Ribeiro Dias*

Zootecnista

JABOTICABAL  
Estado de São Paulo - Brasil  
Julho -1998

*Aos meus pais*

**Djalma e Neiva**

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela orientação, dedicação e amizade.
- À Profa.Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati, pela orientação, amizade e apoio constante nos momentos mais difíceis, e por ter permitido que eu terminasse esta tese.
- Ao Prof. Dr. Newton Castagnolli, pela amizade adquirida no longo tempo de convivência e pelo incentivo.
- À grande amiga Profa. Dra. Marta Verardino De Stéfani, pela amizade, pelo apoio, e incentivo nas horas mais difíceis.
- Ao grande amigo, Ronaldo Vicente Pereira, pela valiosa colaboração na coleta dos dados e pelo carinho e amizade.
- Ao Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros, pela orientação na realização das análises estatísticas.
- Ao Prof. Dr. Paulo de Figueiredo Vieira, pela amizade, e compreensão, pois sem o seu apoio, nada disto teria sido possível.
- Aos amigos, Jacob de Almeida Kehdi, Ubiratan Piovezan, Hermógenes Torres, Rose Meire Vidotti, Monica de Moura, Wamberto Campaner dos Santos e José Adriano Fenerick, que me auxiliaram durante o período experimental.
- Aos grandes amigos, Simone e Paulo Cesar Falanghe Carneiro, pelo carinho, amizade e também pelo auxílio na confecção da tese.

- Aos funcionários Márcio Alves dos Santos e Damares Percim Roviero, pela ajuda na coleta dos dados e realização deste trabalho.
- Aos amigos da Banca examinadora, Doutores Júlio Hermann Leonhardt, Luiz Edivaldo Pezzato, Marta Verardino De Stéfani, Laura Nakaghi Okada, Regina Barbieri Carvalho, pela valiosa contribuição.
- À Juliana Camilotti Castilho, pela companhia constante e auxílio sempre que necessário, na área de informática.
- Aos meus amigos virtuais e reais, Mel\*, Sultão, LøbøSølitáriø, Pica-pau, Fábio, Nety-Yahoo, Pãraçesø, anim@l, TERRÍVEL, \*O Pestinha®, p@ndor@, polo, Roger Rabbit, Moren@, EasyRider, B@H TCHÊ, Super ®, que mesmo de longe, permaneciam conectados enquanto eu escrevia minha tese, incentivando a cada desânimo que aparecia, e torcendo por mim, meu muito obrigado.
- Ao Josemberg Barbosa de Lima, pela convivência e carinho, e pelo incentivo na conclusão deste trabalho.
- Aos amigos do CAUNESP e estagiários que passaram pelo Núcleo de Informática.
- A todos que contribuíram para a realização deste trabalho e a Deus, por não ter permitido que eu fraquejasse nos momentos em que passei por grande provação.

## ÍNDICE

1. RESUMO.....	1
2. INTRODUÇÃO.....	4
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3.1. Considerações sobre a espécie estudada.....	8
3.2. Efeitos da temperatura no desenvolvimento do peixe.....	10
3.3. Parâmetros fisiológicos relacionados com o aproveitamento dos alimentos pelos peixes.....	12
3.3.1. Índice de ingestão alimentar (IA).....	12
3.3.2. Tempo de retorno do apetite (TRA) e Tempo de saciação (TS).....	13
3.3.3. Tempo de trânsito gastrointestinal (TTG).....	16
3.3.4. Tempo de evacuação gástrica (TEG).....	17
3.3.5. Aspectos metabólicos envolvidos no controle do apetite.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Condições experimentais.....	23
4.2. Parâmetros de avaliação da alimentação pelo pacu.....	25
4.2.1. Tempo de retorno do apetite.....	25
4.2.2. Consumo alimentar e tempo de saciação .....	26
4.2.3. Índice de ingestão alimentar.....	27
4.2.4. Tempo de trânsito gastrointestinal.....	28
4.2.5. Tempo de esvaziamento gástrico (índice de repleção)...	29
4.3. Parâmetros metabólicos.....	30
4.3.1. Glicemia.....	31
4.3.2. Glicogênio hepático.....	31
4.3.3. Lipídeo total no fígado.....	32
4.4. Análises estatísticas.....	32

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1. Caracterização da água dos aquários experimentais.....	34
5.2. Parâmetros de avaliação de alimentação do pacu.....	35
5.2.1. Consumo de ração, velocidade de consumo dos alimentos, tempo de saciação.....	36
5.2.2. Consumo alimentar diário e índice de ingestão.....	38
5.2.3. Tempo de retorno do apetite.....	40
5.2.4. Tempo de trânsito gastrointestinal.....	44
5.2.5. Tempo de esvaziamento gástrico.....	47
5.3. Parâmetros metabólicos.....	51
5.3.1. Glicemia.....	51
5.3.2. Glicogênio hepático.....	57
5.3.3. Lipídeo total hepático.....	59
6. CONCLUSÕES.....	62
7. SUMMARY.....	64
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tempo de retorno do apetite do pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).....	42
Figura 2. Tempo de trânsito gastrointestinal do pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).....	47
Figura 3. Tempo de esvaziamento gástrico do pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).....	50
Figura 4. Níveis de glicemia, glicogênio hepático e lipídeo no fígado de juvenis de pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Valores médios de temperatura e parâmetros químicos da água.....	35
Quadro 2. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para consumo alimentar, velocidade de ingestão e tempo de saciação.....	37
Quadro 3. Médias de tempo de ingestão de alimento e velocidade de ingestão na interação de temperatura e velocidade de ingestão por períodos .....	37
Quadro 4. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas nas variáveis consumo alimentar diário e índice de ingestão .....	39
Quadro 5. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas na variável tempo de retorno do apetite (TRA).....	41
Quadro 6. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para o tempo de trânsito gastrointestinal (TTG).....	45
Quadro 7. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para o tempo de esvaziamento gástrico (TEG).....	49
Quadro 8. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para glicemia, glicogênio hepático e lipídeo total hepático.....	53



## 1. RESUMO

O presente trabalho teve como por objetivo avaliar os efeitos da temperatura de cultivo na ingestão de alimentos pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*), de forma a caracterizar o comportamento alimentar através das observações de tempo de retorno do apetite, tempo de saciação, tempo de trânsito do alimento, tempo de esvaziamento gástrico (índice de repleção), bem como parâmetros metabólicos.

Foram utilizados 96 juvenis de pacu com peso aproximado de 160g, alojados em aquários de 150 litros com fluxo de água contínuo. Utilizou-se uma ração extrusada comercial, contendo 25% de proteína bruta e as temperaturas de cultivo analisadas foram 23 e 27°C.

Os delineamentos experimentais utilizados foram em blocos casualizados ou inteiramente casualizado, de acordo com as características de cada ensaio.

Para a determinação das variáveis metabólicas, quatro peixes eram capturados após os diferentes tempos de jejum e anestesiados com MS222. O sangue heparinizado era coletado por punção da veia caudal. A seguir, os animais eram pesados, medidos e abertos ventralmente para retirada do fígado, onde se determinaram os níveis de glicogênio e lipídeo.

Observou-se que os peixes alimentavam-se melhor e mais avidamente à tarde (6,53 e 3,97g para o período da tarde e manhã, respectivamente), embora o tempo para a ingestão da ração tenha sido semelhante ao gasto no período da manhã, 8,18 e 7,84min (para os períodos da manhã e tarde, respectivamente).

O consumo diário de ração foi influenciado pela temperatura, proporcionando índices de ingestão de 2,29 e 2,97% do peso vivo dos peixes ao dia para as temperaturas 23 e 27°C, respectivamente.

As duas temperaturas estudadas proporcionaram o mesmo TRA (Tempo de retorno do apetite) dos peixes (10,43g) com maior valor de consumo de alimento registrado com jejum de 11:00h.

Os valores de TTG (tempo de trânsito gastrointestinal) foram acentuadamente influenciados pelas temperaturas, com médias de 36h e 14h para 23 e 27°C, respectivamente.

A digestão do alimento foi mais lenta para a menor temperatura do que em 27°C, que alcançou menores índices de repleção (média de 0,36) em um tempo 166,67% mais rápido (21h).

A glicemia mostrou valores menores a 23°C com pico após aumento da ingestão de alimentos. À 27°C registrou-se queda acentuada desta variável após 21h de jejum e que coincidiu com conseqüente aumento da ingestão de alimentos.

O glicogênio hepático, à 27°C, apresentou teores menores no período de redução do consumo alimentar.

O lipídeo total hepático mostrou-se em quantidades bastante reduzidas no experimento realizado a 27°C. Assim, as modificações no comportamento alimentar são dependentes da temperatura da água e podem ser avaliadas por parâmetros metabólicos.

## **2. INTRODUÇÃO**

A alimentação e a nutrição de peixes toma importância cada vez maior, devido ao crescente interesse pelo cultivo de espécies autóctones, que tem demonstrado um grande potencial de exploração. O alimento natural, apesar de proporcionar bom desenvolvimento para as diversas espécies de peixes, apresenta a limitação de nem sempre atender, em quantidades suficientes, as necessidades de uma produção industrial de peixes para consumo ou de alevinos (CARNEIRO, 1983).

O desconhecimento das características biológicas, ecológicas e morfológicas do peixe dificulta a exploração de resultados obtidos em ensaios de alimentação e nutrição de peixes. Essas dificuldades parecem ser agravadas em países de clima tropical, como o Brasil, devido à grande diversidade de ecossistemas, de espécies e

de hábitos alimentares, além da grande variação sazonal na alimentação e no dispêndio de energia (TACON, 1988).

Para se ter êxito na produção de peixes, com bom desenvolvimento e máxima rentabilidade no cultivo, é necessário um fornecimento adequado na quantidade e qualidade das rações, evitando-se a degradação das condições da água, através do excesso de nutrientes acumulados nos tanques de cultivo.

As recentes tentativas de adaptação do cultivo de espécies de peixes nacionais, potencialmente viáveis para a piscicultura intensiva ou semi-intensiva, têm enfatizado a importância de se obter informações sobre sua biologia e fisiologia adaptativa dessas espécies, como ponto de partida para o seu aproveitamento (CARNEIRO, 1990)

Muitos dos efeitos do estado nutricional de um organismo estão intimamente relacionados à taxa metabólica, pois esta situação determina quando o animal está em processo fisiológico de manutenção, catabolismo ou anabolismo (Lanno et al., 1989 citado SOUZA (1994). Desta forma, além do conhecimento a respeito dos fatores nutricionais e ambientais, as informações sobre o metabolismo intermediário dos peixes são importantes e escassas.

De acordo com BRASTROP et al. (1991), o ciclo de vida de várias espécies de peixes tem períodos onde a ingestão de alimento é escassa, como por exemplo durante o inverno ou durante a fase migratória para a reprodução. Porém, as respostas metabólicas à privação de alimentos variam de acordo com as espécies de peixes. Esta situação induz a alterações metabólicas específicas, que permitem ao peixe mobilizar seus substratos de reserva acumulada (carboidratos e lipídios).

Poucos são os estudos realizados sobre comportamento alimentar das espécies nativas, e esta falta de informações dificulta os estudos de nutrição dos peixes.

## **OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos da temperatura de cultivo na ingestão de alimentos pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*), de forma a se caracterizar o comportamento alimentar através das observações de tempo de retorno do apetite, tempo de saciação, tempo de trânsito do alimento, tempo de esvaziamento gástrico (índice de repleção) bem como de parâmetros metabólicos, glicemia, glicogênio hepático e lipídio total no fígado.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Considerações sobre a espécie estudada**

O pacu, membro da família Characidae e sub-família Serrasalminae, até recentemente era conhecido pelo nome específico de *Colossoma mitrei* (Berg, 1895), mas foi redescoberta sua classificação mais antiga e voltou a ter o nome de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887).

O pacu alimenta-se basicamente de folhas e frutas de árvores, o que leva a crer que tenha uma habilidade especial na digestão e absorção de alimentos grosseiros, ricos em carboidratos. É uma espécie onívora, mas apresenta hábito alimentar especificamente frugívoro e herbívoro, do tipo podador, e de caráter oportunista. SILVA (1985) observou, através de estudos realizados no Pantanal do Mato



Grosso, que esta espécie apresenta adaptações alternativas de sua alimentação, não só na composição, mas também no grau de fracionamento dos alimentos encontrados no seu trato digestivo. Na época das secas, as folhas e, principalmente, os frutos e sementes são bastante triturados antes de chegar ao estômago, mas com a cheia dos rios, estes alimentos são parcialmente fracionados e digeridos. Portanto, é uma espécie que além de possuir características de precocidade, rusticidade, carne saborosa e ótimo crescimento, e por se tratar de uma espécie que aceita muito bem o arraçoamento, propicia o sucesso da criação em sistemas de cultivos intensivos.

O pacu, também conhecido como pacu-guaçú ou pacu-caranha, é um dos peixes de água doce que vem sendo mais estudado nas regiões sul e sudeste do país. Originário do Rio Prata e do Pantanal do Mato Grosso habita também o Rio Paraná, Mogi-guaçú, Paraíba e baixo Tietê. Segundo MAGALHÃES (1931), é um peixe com carne de ótima qualidade e rápido crescimento. Ordinariamente cresce até 45 - 50 cm de comprimento, tendo forma discoidal, isto é, muito deprimida nos flancos, notando-se que a sua estatura alcança dois terços do comprimento total.

Apesar de todas essas características, ainda há necessidade de informações a respeito desta espécie.

### **3.2. Efeitos da temperatura no desenvolvimento do peixe.**

Segundo LAGERSPETZ (1974), um dos fatores ecológicos mais estudados é a temperatura, que afeta os organismos vivos direta e indiretamente. Ela determina a taxa e a forma do desenvolvimento das reações químicas e dos processos metabólicos, afeta as condições da água e modifica as propriedades básicas da matéria viva.

Segundo ROBERTS (1981), os peixes tem um limite superior e inferior de tolerância térmica e apresentam uma temperatura ótima para crescimento, reprodução, melhor conversão alimentar e resistência a doenças.

Nos peixes a temperatura da água pode alterar a atividade, pelo fato de regular as taxas metabólicas, interagir com outros fatores ambientais, restringir a reprodução e ser um agente diretivo quando existir gradiente desse fator no ecossistema CARNEIRO (1990).

CARNEIRO et al. (1990a) testaram três temperaturas (24, 28 e 32°C) para o desempenho de produção de alevinos de pacu. As médias de ganho de peso foram muito maiores para as temperaturas de 28 e 32°C (39,54 e 37,54 g, respectivamente), comparadas à da temperatura de 24°C (17,44g).

Mudanças na temperatura da água alteram a exigência nutricional dos peixes, determinada pelo acréscimo ou decréscimo nas taxas de crescimento, na atividade e, conseqüentemente, no consumo de oxigênio (CARNEIRO, 1990).

Segundo COWEY e SARGENT (1979), a temperatura ideal para um melhor desempenho de produção de peixes deve ser aquela na qual é máxima a assimilação da energia ingerida para manutenção e crescimento.

SALVATORE et al. (1987) estudaram a influência da temperatura da água no trânsito gástrico e na atividade de alimentação do "gizzard shad", *Dorosoma cepedianum*, com dietas pulverizadas. Os peixes mantidos a 5°C mostraram pouca atividade para alimentação. A freqüência alimentar e a atividade aumentaram significativamente com a temperatura, reduzindo o tempo de trânsito para 8,5, 4,8 e 4,4 horas nos peixes estudados nas temperaturas de 10, 14 e 20°C.

SANTOS et al. (1991) estudaram relações funcionais para descrever os possíveis efeitos do peso corporal (262 - 2066 g), da temperatura (1 a 4°C) das quantidades de presa e do consumo de alimento (0,4 a 8,4% do peso corporal) sobre as taxas de evacuação gástrica do bacalhau alimentado com dietas naturais. As diferenças observadas para os peixes alimentados "*ad libitum*" foram relativamente maiores

que as observadas para os outros fatores. Quando os peixes, de diferentes tamanhos, foram alimentados com proporções fixas de seu peso corporal, o tempo de evacuação foi constante e independente do tamanho dos peixes. Houve uma relação exponencial entre temperatura e tempo de evacuação gástrica, e efeitos sazonais foram de menor importância.

### **3.3. Parâmetros fisiológicos relacionados com o aproveitamento dos alimentos pelos peixes**

#### **3.3.1. Índice de ingestão alimentar (IA)**

GARCIA e ADELMAN (1985) estudaram a ingestão alimentar diária para carpa *Cyprinus carpio* L., em duas temperaturas de cultivo (14 e 26,5°C) através do consumo de ração em intervalos de quatro semanas, e observaram que os índices de ingestão de alimento pelos peixes variaram de 0,39% do peso vivo a 14°C para 4,08% a 26,5°C.

Boonyaratpalin (1978), citado no NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1983), observou que o nível de energia da dieta influencia na ingestão de alimento do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*). Na mesma linha de pesquisa, Brown (1957) citado por HEPHER (1988) observou que a ingestão alimentar da truta parda (*Salmo trutta*) para suprir as exigências de energia aumentaram

consideravelmente com a temperatura até 9 e 11°C, tornando-se mais moderados acima de 11°C. Quando a temperatura chegou próxima a 20°C, o autor não observou aumento na ingestão de alimento para esses peixes de clima frio.

### **3.3.2. Tempo de retorno do apetite (TRA) e Tempo de saciação (TS)**

A estimativa da taxa de consumo alimentar e, conseqüentemente da quantidade de alimento consumida por um peixe por dia (ração diária) tem sido um aspecto importante de estudos alimentares e energéticos. Mais recentemente, o consumo alimentar diário tem se tornado um componente importante dos modelos de estudos pesqueiros de espécies individuais e de grupos de espécies. Nesses modelos, a ração consumida diariamente para crescimento é influenciada pela quantidade de energia disponível ao consumidor, e nos modelos multiespecíficos é determinada também pelo efeito que a população do consumidor exerce na dinâmica das populações de presas e competidores. A aplicação desses modelos trofodinâmicos à comunidades complexas requer a estimativa da ração diária para um grande número de espécies (SAINSBURY, 1986).

LI e LOVELL (1992) testaram os níveis de alimentação à vontade (até a saciação) ou com restrição, para o *catfish* (*Ictalurus punctatus*), através de dietas contendo 26, 32 ou 38% de proteína bruta, para avaliar uma possível interação

entre taxa de alimentação e concentração de proteína na dieta sobre o ganho de peso, eficiência e utilização de proteína e composição corporal. Os autores observaram que a taxa de alimentação influenciou no ganho de peso e composição corporal do catfish. Este peixe pode obter nutrientes suficientes para o seu desenvolvimento com o menor nível protéico (26%), através da alimentação à vontade, mas, quando há restrição alimentar, ele precisa de dietas com níveis mais altos de proteína.

CARNEIRO et al. (1992) analisaram as interações entre teor de proteína bruta na dieta e nível de arraçoamento diário, no crescimento do pacu. Alevinos de pacu (peso médio inicial de 5,73g) foram alimentados com dietas apresentando diferentes níveis protéicos (16, 22, 28 e 34%) e três níveis de arraçoamento (A = à vontade, B = 75% do nível de arraçoamento diário de A, e C = 50% do nível A). Os melhores resultados para o consumo à vontade ou com restrição de 25% no arraçoamento foram proporcionadas pela dieta contendo 22% de proteína bruta (35,06 e 23,96 g para ganho de peso e índices de 7,27 e 7,71 para conversão alimentar, respectivamente). Já para o menor nível de arraçoamento (50% do consumo máximo), os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar (23,42 e 5,6g, respectivamente) foram obtidos com dietas contendo 28% de proteína bruta.

WAGNER (1993) estudou o desempenho de produção do pacu, cultivado em três densidades de estocagem (0,25, 0,50 e 0,75 peixes/m<sup>2</sup>), com quatro dietas

isocalóricas contendo 16, 22, 28 e 34% de proteína bruta. O autor observou que o consumo médio final não foi muito diferenciado entre os tratamentos, tanto para as densidades de estocagem dos peixes, quanto para os teores protéicos usados nas dietas. Na densidade mais baixa, o aumento no teor protéico não promoveu um padrão definido de resposta para o consumo, e nas densidades médias e alta, o consumo alimentar do pacu só aumentou para a dieta de menor valor protéico (22%), passando então a decrescer com o aumento na concentração desse nutriente. Já para as dietas contendo 28 e 34% de proteína bruta, a maior concentração desse nutriente explica a diminuição ou estabilização da ingestão, por atingir as necessidades diárias do pacu. O autor observou também, que os valores médios de consumo final da ração com 22% de proteína bruta mostraram melhor o comportamento típico dessa espécie nos tanques de cultivo. O baixo consumo alimentar na densidade mais baixa melhorou proporcionalmente quando o número de peixes aumentou nos tanques (0,5 peixes/m<sup>2</sup>), provavelmente, porque o pacu, se alimenta em grupos, e um maior número de peixes estimula a competição pelo alimento.

As estratégias do controle da ingestão de alimento no sistema nervoso central é relativamente bem conhecida. O hipotálamo contém centros de saciação de alimentos e estes agem pela inibição do centro do apetite (Hightower and Janowitz, 1973 citados por VAHL, 1979). Segundo o autor, a ingestão de alimento induz à saciação e estimula os mecanismos inibitórios para os reflexos de alimentação e o jejum, por outro lado, induz ao apetite e estimula o centro da fome.

De acordo com SINGH e SRIVASTAVA (1985) são necessários  $44,44 \pm 5,56$  minutos para a saciação do apetite do *Heteropneustes fossilis* com 11,38 - 15,30 g de peso corporal. A ingestão voluntária de alimento (apetite) mostrou uma relação sigmóide com o tempo e não excedeu a 1,73% do peso corporal. Uma redução no conteúdo estomacal foi associada ao aumento na ingestão voluntária, indicando que o retorno do apetite é regulado pelo esvaziamento gástrico. O aumento acentuado do apetite ocorreu entre 8 e 12 horas de jejum.

### **3.3.3. Tempo de trânsito gastrointestinal (TTG)**

Um dos fatores que regulam a transformação dos alimentos dentro do tubo digestivo e a absorção dos nutrientes é a velocidade de trânsito dos alimentos. O tempo de retenção dos alimentos também ocorre em função da temperatura de aclimação dos peixes influenciando igualmente na quantidade de alimento consumido espontaneamente pelos peixes (POSSOMPES et al. 1973).

CARNEIRO et al. (1990b) estudaram o tempo de trânsito gastrointestinal de ração em alevinos de pacu, cultivados em três temperaturas (24, 28 e 32°C) recebendo quatro dietas contendo dois níveis protéicos (20 e 30%) e dois níveis de energia bruta (3600 e 4000 kcal). Observaram que apenas as temperaturas da água dos aquários experimentais tiveram efeito marcante sobre o tempo de trânsito gastrointestinal das dietas. Foram determinados os valores médios de



34:33, 11:42 e 13:39 horas, para as temperaturas de 24, 28 e 32°C, respectivamente.

FAUCONNEAU et al. (1983) observaram o tempo de trânsito do alimento através do trato gastrointestinal da truta arco-íris (*Salmo gairdineri*) cultivada em duas temperaturas (9-10 e 18°C). Na temperatura de 9°C, o tempo de trânsito médio foi de 34 horas, enquanto que para a temperatura mais alta foi de 26:30 horas, no primeiro dia de experimento.

EDWARDS (1971) observou a relação entre temperatura e taxa de passagem de alimento no intestino de *Pleuronectes platessa*, através do método de Raio-X, usando sulfato de bário como contraste. O autor utilizou cinco temperaturas de cultivo (1, 5, 9, 14 e 20°C). A taxa de trânsito do alimento diminuiu linearmente com a diminuição da temperatura.

#### **3.3.4. Tempo de evacuação gástrica (TEG)**

Por evacuação gástrica entende-se o tempo necessário para um peixe esvaziar completamente seu estômago de alimento (WINDELL, 1968). Vários modelos vêm sendo utilizados para estimar as taxas de evacuação, e para relacioná-las a dados de conteúdo estomacal obtidos em campo.

De acordo com KOLOK e RONDORF (1987), a taxa de evacuação gástrica estimada em experimentos de laboratório com salmão *chinook* juvenil, *Oncorhynchus tshawytscha*, foi influenciada pela temperatura e alimento consumido. Os peixes mantidos a 10°C ingeriram menos alimento do que aqueles mantidos a 15°C. A média de peso úmido do conteúdo estomacal no início do experimento foi de  $0,20 \pm 0,11$  g e  $0,61 \pm 0,24$ g, respectivamente. A taxa de evacuação gástrica foi mais alta a 10°C, de  $R = 0,142$ , comparada com  $R = 0,092$  a 15°C, obtidas através da fórmula:  $Y = \alpha e^{-RX}$ , onde, Y = peso seco do alimento (mg) no estômago; R = taxa de evacuação gástrica e X = tempo (horas) após a alimentação.

PERSON (1979) observou que a taxa de evacuação dos peixes aumenta rapidamente no início, com a elevação da temperatura, mas depois se mantém ou diminui, se a temperatura continuar a subir.

De acordo com KARJALAINEN et al. (1991) o tipo de presa animal influenciou na evacuação gástrica de larvas de *vendace* (*Coregonus albula* L.) cultivada em diferentes temperaturas (6, 12 e 18°C). As larvas foram alimentadas com zooplâncton vivo: nauplius de copépoda e copepodito. As variações na composição do conteúdo intestinal indicaram uma menor taxa de evacuação gástrica a 6°C aumentando com a elevação da temperatura. Para as larvas que haviam reabsorvido recentemente o saco vitelino, os nauplius de copepoda

foram mais aceitáveis do que os copepoditos. Os nauplius foram evacuados mais rapidamente e, presumivelmente, foram também digeridos mais eficientemente.

De acordo com BERG (1979), o grau de repleção do tubo digestivo do peixe, ou seja, o volume de alimento ingerido é uma indicação das condições do nicho ecológico, uma vez que é influenciado pela competição alimentar, diminuição da oferta de alimento, condição fisiológica do peixe e fatores abióticos.

PARRISH e MARGRAF (1990) observaram a taxa de evacuação gástrica (R) de perca branca (*Morone americana*), em experimentos de laboratório e dados de campo. A relação de R e temperatura (T), para a perca branca, foi  $R=0,028 + 0,106 T$  ( $r^2 = 0,98$ ). Essas taxas foram bem semelhantes às de outras espécies disponíveis, especialmente para perca *Eurasian*, que possui uma existência térmica semelhante à perca branca, nos Lagos Erie, nos Estados Unidos da América do Norte.

### **3.3.5. Aspectos metabólicos envolvidos no controle do apetite**

Muitos peixes passam por períodos naturais de jejum, como por exemplo: durante o inverno, migração para desova, ou quando a abundância de alimento local diminui e tem desenvolvido grande habilidade em suportar e recuperar-se da falta de

alimentação através de processos bioquímicos, fisiológicos e comportamentais (Larsson e Lewander, 1973; Moon e Johnston, 1980; Morata et al., 1982b e Weatherley e Gill, 1987, in SOUZA, 1994).

De acordo com WEATHERLEY e GILL (1987), o efeito da temperatura auxilia as espécies de clima temperado a suportar os efeitos da diminuição de alimento que ocorre no inverno. A história nutricional do peixe, a qual determina a abundância de energia acumulada, estabelecerá o tempo e severidade do jejum que o peixe suportará.

TASHIMA e CAHILL Jr. (1968) constataram que peixe sapo (*Opsanus tau*), mantido de um a três meses em jejum, ainda mantinha níveis moderados de glicose sanguínea, sendo esses acompanhados por um decréscimo de glicogênio no fígado, indicando um mecanismo bem regulado para o controle da gliconeogênese e concentração de glicose no sangue.

FLETCHER (1984) submeteu *Limanda limanda* a um curto período de jejum (seis dias) e observou que os animais são capazes de regular eficientemente o nível de glicose no sangue, às custas de um aumento na taxa de gliconeogênese.

O glicogênio é um importante produto do corpo animal, sintetizado a partir da glicose e estocado no fígado. (OTTOLENGHI et al., 1981) Ele constitui-se numa das principais fontes de energia e é utilizado, quando necessário, pelo processo

de quebra em glicose CHRISTIANSEN e KLUNGSOYR, 1987). A glicose, por sua vez, é um importante combustível metabólico em vertebrados, com vários mecanismos que asseguram um suprimento constante a diferentes tecidos altamente dependentes dela. A glicose pode originar-se no intestino durante a digestão e absorção de carboidratos ingeridos, pode ser produzida pelo fígado e rim como resultado da glicogenólise, ou através da glicogênese a partir de lactato, aminoácidos e glicerol, sendo sua concentração no sangue dependente da taxa de produção em alguns tecidos e consumo em outros (SUAREZ e MOMMSEN, 1987).

O glicogênio é o principal polissacarídeo de reserva nas células animais. Ele é especialmente abundante no fígado, onde chega a representar 7% da massa úmida do órgão, estando também presente no músculo esquelético (LEHNINGER, 1991).

Quando os peixes são submetidos a períodos de jejum, as interrelações existentes entre os vários constituintes do corpo são muito complexas, o que dificulta a definição da estratégia metabólica predominante, empregada pelas várias espécies para se adaptarem à estes períodos (WEATHERLEY e GILL, 1987).

Segundo OTTOLENGHI et al. (1981), o jejum reduziu o conteúdo de glicogênio hepático do “catfish” (*Ictalurus melas*), de acordo com a estação do ano. A diminuição

foi mais rápida na primavera e verão, enquanto que no outono a diminuição de 50% ocorreu depois de 2 meses de jejum e no inverno essa queda foi muito pequena.

Os aspectos bioquímicos do metabolismo de lipídeos em peixes teleósteos são merecedores de muita atenção, e o fígado é um órgão muito importante em todas as fases desse metabolismo (de Vlaming e Pardo, 1975, in SOUZA, 1994). O estudo biológico dos lipídeos como fonte de energia, no metabolismo de peixes, tem revelado sua importância durante períodos de estresse, especialmente no jejum.

PASTOUREAUD (1991) estudou os efeitos do jejum (7, 14 e 35 dias) em diferentes temperaturas (3, 7 e 11°C) para o “seabass” (*Dicentrarchus labrax*) e observou que à temperatura de 3°C, houve uma diminuição no conteúdo de lipídeos do fígado, à medida em que aumentava o período de jejum. Houve então, uma mobilização no grupo testado a 3°C, enquanto aqueles, testados a 7 e 11 °C, utilizaram-se do glicogênio hepático. Na segunda semana de jejum, o grupo submetido a 11 °C, utilizou-se tanto do lipídeo como do glicogênio como fonte de energia.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Peixes do Centro de Aqüicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, através de ensaios laboratoriais onde foram realizados estudos sobre o comportamento alimentar de alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). O aproveitamento dos alimentos pelo pacu foi avaliado através da determinação de parâmetros descritos a seguir.

##### **4.1. Condições experimentais**

Foram utilizados 96 juvenis de pacu com peso aproximado de 160g, distribuídos em 24 aquários experimentais de fibrocimento, com capacidade de 150 litros, e fluxo de

água contínuo (água de mina). Utilizando delineamento inteiramente casualizado, foram testados dois tratamentos, correspondentes a duas temperaturas de cultivo (23°C e 27°C) com três ou seis repetições, dependendo do ensaio.

O experimento foi realizado em dois períodos do ano, para a obtenção das temperaturas desejadas (23 e 27°C)

O tamanho dos pacus foi escolhido para ser aproximadamente o dos peixes disponíveis no início do período de engorda, logo após o inverno. As duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C) estão próximas às obtidas por CARNEIRO (1990) que observou que, nas temperaturas menores que 24°C, os alevinos não ingeriram alimentos, e que, acima de 28°C, os resultados não foram diferenciados nos parâmetros estudados, não justificando, portanto, a utilização de temperaturas superiores no presente trabalho.

A ração utilizada no experimento foi uma ração comercial extrusada contendo 28% de proteína bruta, 3,0% de gordura, 8,5% de fibra bruta, 9,5% de cinzas e 10% de umidade 1,6% de cálcio e 0,6% de fósforo. Os peixes passaram por um período de adaptação de duas semanas, quando foram condicionados a capturar o alimento assim que ele caísse na água.



Com exceção do ensaio sobre tempo de saciação (com seis repetições), foram realizadas três observações para cada parcela, de forma que somente a sua média foi utilizada como uma das repetições em cada tratamento experimental.

As análises de oxigênio dissolvido foram realizadas no início de cada período de observação.

A temperatura da água foi aferida duas vezes ao dia, pela manhã (8:00 horas) e à tarde (às 16:00 horas), através de um termômetro de bulbo de mercúrio, com escala de 0 a 50°C.

## **4.2. Parâmetros de avaliação de aproveitamento dos alimentos pelo pacu.**

### **4.2.1. Tempo de retorno do apetite**

Nesse ensaio experimental, após um período de adaptação de duas semanas, foram realizadas três observações em cada parcela (caixa experimental). Em um momento considerado como tempo zero, para cada uma das parcelas, os peixes de todas as repetições foram alimentados. A realimentação ocorreu em um aquário de cada vez, a intervalos de 60 minutos. Desta forma, o aquário 1 recebeu a quantidade determinada de ração uma hora após o arraçoamento inicial. O aquário 2 recebeu a ração, duas horas

após o arraçoamento inicial, e assim, sucessivamente para os aquários de um mesmo tratamento, com a finalidade de se obter uma curva de consumo durante 24 horas.

A quantidade de ração ingerida pelos peixes nos aquários foi avaliada em cada observação, através de regressão polinomial com os dados de tempo, de forma que foi possível a determinação do pico de tempo de retorno de apetite.

Os valores médios de tempo de retorno do apetite (TRA), para cada uma das repetições, foram calculados através da média entre os tempos de retorno do apetite, determinados nas três observações consecutivas, ou seja:

$$\text{TRA} = \frac{\sum_{i=1}^{n=3} \text{TRA}}{\text{n. observações}} (\text{min})$$

#### **4.2.2. Consumo alimentar e tempo de saciação**

Neste ensaio experimental, os peixes foram alimentados, repetidas vezes, até que a procura pelo alimento terminasse completamente em cada uma das seis observações em cada aquário.

O tempo foi marcado desde o início da alimentação ( $t_0$ ) até que não houvesse mais procura pelo alimento, por nenhum dos peixes que constituíam uma parcela.

O tempo de saciação (TS) foi calculado em cada repetição, através da média dos tempos de procura pelo alimento, determinado em todas as observações.

De acordo com uma resolução do grupo de trabalho em Nutrição do EIFAC/78, quando forem tomados os cuidados necessários para se evitar a sobra de alimento nos aquários experimentais, a quantidade de alimento oferecida pode ser considerada como consumida. Portanto, o consumo médio de ração (Cs) dos peixes em cada parcela foi calculado através da relação da quantidade total de ração oferecida nas seis observações consecutivas, pelo número de peixes de cada aquário, multiplicado pelo número de observações, ou seja:

$$C_s = \frac{\text{quantidade de ração total oferecida}}{\text{n}^\circ \text{ de peixes de cada aquário} \times \text{n}^\circ \text{ observações}}$$

A eventual sobra de alimento foi sifonada e depois liofilizadora, durante 36 horas, para determinação da matéria seca, a qual foi descontada da quantidade total oferecida.

#### **4.2.3. Índice de ingestão alimentar**

Os valores médios de consumo alimentar dos peixes observados em cada parcela, ainda neste ensaio, foram utilizados para o cálculo do índice de ingestão alimentar

(IA) de ração, mediante a divisão desses dados de consumo de ração, pelo peso médio dos pacus do aquário correspondente, ou seja:

$$IA(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{n=6} Cs \text{ médio de ração na parcela}}{\text{peso médio dos peixes}} \times 100$$

#### **4.2.4. Tempo de trânsito gastrointestinal**

Foram utilizadas duas rações teste com uma mesma constituição básica. Uma delas continha 1% de óxido de titânio, um indicador inerte que provoca uma coloração esbranquiçada das fezes dos peixes, de forma a acentuar o início do efeito do óxido de cromo, outro marcador que confere uma coloração verde, que foi utilizado em seguida, em uma segunda dieta. Desta maneira, os peixes passaram a receber nos próximos dias e horários de alimentação, rações contendo 1% de óxido de cromo, que resultou no final, em fezes verde-escuros.

Após o horário programado de alimentação, as fezes dos peixes de cada aquário experimental foram examinadas a cada período de tempo, alternadamente, de tal forma que os alevinos de cada parcela fossem utilizados novamente, se necessário, após todas as repetições terem sido já utilizadas.

Em cada horário de observação fazia-se uma leve pressão na região abdominal do peixe, próximo ao ânus, para averiguação da coloração das fezes.

As fezes passavam da cor esbranquiçada para verde-escuro. As amostras receberam notas de 0, 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00, de acordo com a intensidade da cor verde. Foi considerado completado o tempo de trânsito gastrointestinal (TTG) dos peixes de um tratamento experimental quando uma das repetições obteve, pela primeira vez, a média máxima de pontos.

#### **4.2.5. Tempo de esvaziamento gástrico (índice de repleção)**

Utilizando-se os dados médios de quantidade de ração consumida e de tempo de arraçoamento, já determinados para cada tratamento, todos os peixes dos 24 aquários experimentais foram alimentados ao mesmo tempo, sendo que nenhum peixe foi realimentado durante esse ensaio.

Todos os peixes de uma mesma repetição foram sacrificados, após o término do período de sua alimentação, em intervalos de 2 e 3 horas para o tratamento de temperatura mais alta e de 4 e 6 horas para a temperatura mais baixa.

O material encontrado no estômago (AE) de cada peixe foi quantificado e relacionado com a quantidade originalmente ingerida durante o ensaio, para se

determinar os índices de repleção a cada período que foram usados nas estimativas do TEG.

A fórmula <sup>1</sup>para se avaliar o índice de repleção foi:

$$\text{TEG} = \frac{\text{conteúdo estomacal (g)}}{\text{estômago (g)}}$$

As médias observadas para essas relações foram estudadas através de análises estatísticas e também através do teste de Tukey, aplicado às médias do tempo decorrido da alimentação, de forma que se pudesse determinar os picos de tempo de esvaziamento gástrico para cada temperatura estudada.

#### **4.3. Parâmetros metabólicos.**

Durante o ensaio da determinação do tempo de esvaziamento gástrico, e antes dos peixes receberem o alimento, quatro deles eram capturados, anestesiados com MS222 e o sangue coletado por punção da veia caudal, com seringas heparinizadas, para a determinação da glicemia.

A seguir, os animais eram pesados, medidos e abertos ventralmente para retirada do fígado e congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior análise dos níveis de glicogênio e lipídeo total.

---

<sup>1</sup> Comunicação Pessoal, Roberto Goiten

#### **4.3.1. Glicemia**

Para a determinação da glicemia foi utilizado o método colorimétrico de KING & GARNER (1947), que consiste primeiramente na mistura de 1,8 ml de solução isotônica, 0,1 ml de sangue e 0,1 ml de solução de tungstato de sódio a 10%. Após 10 minutos de centrifugação a 2000 rpm, o sobrenadante foi retirado e mantido congelado a -20 °C, até a realização da análise. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm.

#### **4.3.2. Glicogênio hepático**

O teor de glicogênio hepático foi dosado pelo método colorimétrico de antrona, de acordo com CARROL et al. (1956).

Amostras de 500 mg de tecido picado foram colocadas em 2 ml de KOH a 30% e, depois de hidrolisadas, foram deixadas em banho-maria, durante 1 hora. Em seguida, foram adicionadas 5 gotas de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> saturado e 4,5 ml de álcool etílico a 95%. As amostras foram centrifugadas a 2000 rpm durante 10 minutos e, após quatro lavagens, adicionou-se o reagente antrona dissolvido em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 95% para desenvolvimento de cor. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620nm.

### **4.3.3. Lipídeo total no fígado**

A extração dos lipídeo total do fígado foi feita através da técnica de BLIGH & DYER (1959).

A porcentagem de gordura do tecido (500 mg de fígado) foi obtida pela extração da mesma com solvente orgânico (clorofórmio-metanol) e pela medida da diferença entre os pesos da amostra colhida e da amostra desengordurada. O método gravimétrico baseia-se na evaporação do homogeneizado em estufa, a 60 °C., durante 24 horas.

### **4.4. Análises estatísticas**

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas utilizando-se delineamentos experimentais que variaram de acordo com as características de cada ensaio. Para o ensaio de tempo de retorno do apetite, utilizou-se o de blocos casualizados, com dois tratamentos, constituídos pelas temperaturas de 23 e 27°C, e três blocos, que controlavam as observações em diferentes dias.

Para os outros ensaios, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado contendo dois tratamentos (temperaturas de 23 e 27°C) e três ou seis repetições, dependendo do ensaio.



Para as análises de variância, realizadas pelo teste F e o teste de Tukey aplicados às médias, os resultados foram processados através do programa estatístico SAS (1995).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Caracterização da água dos aquários experimentais**

Os dados relativos às médias da temperatura da água nos aquários são apresentados no Quadro 1. Houve uma pequena variação nos valores observados, mas as médias de temperatura mantiveram-se bastante próximas da desejada em cada fase para o desenvolvimento do trabalho. De qualquer forma, os ensaios tiveram sempre pouca duração, alcançando no máximo três dias.

Os valores médios observados para os parâmetros químicos da água (pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido), nas determinações efetuadas em cada período experimental, não apresentaram variações acentuadas e mantiveram-se dentro dos

níveis considerados adequados para o desenvolvimento dos peixes (CASTAGNOLLI e CYRINO, 1986), como pode ser observado através do Quadro 1. Os valores de pH da água, estiveram dentro da faixa de 5,0 a 9,0, recomendada como ideal à piscicultura por BOYD (1990) e SIPAÚBA-TAVARES (1995).

QUADRO 1. Valores médios de temperatura e parâmetros químicos da água

Tratamentos	Temperatura	pH	Alcalinidade (meq.l <sup>-1</sup> )	O <sub>2</sub> D (mg.l <sup>-1</sup> )
T <sub>23</sub>	22,98 ± 0,48	6,65	2,17	5,80
T <sub>27</sub>	27,1 ± 0,68	7,85	2,03	5,61

O abastecimento contínuo dos aquários experimentais, com alta taxa de renovação de água, propiciou a estabilidade desses valores e manutenção dos teores de oxigênio dissolvido.

## 5.2. Parâmetros de avaliação de alimentação do pacu

Os estudos nas duas temperaturas escolhidas, foram realizados em seqüência, em função da eventual necessidade de determinação anterior de algum parâmetro. Para a realização de um ensaio, geralmente ocorria a necessidade de conhecimentos dos resultados do ensaio anterior.

### **5.2.1. Consumo de ração, velocidade de consumo dos alimentos e tempo de saciação**

Os resultados para os parâmetros consumo de ração (g), tempo de saciação (min) e velocidade de consumo (g/min), estão demonstrados no Quadro 2. As análises de variância das variáveis consumo de ração por período do dia e velocidade de alimentação não tiveram efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) em função das temperaturas analisadas. Mas o período de alimentação interferiu nas médias estudadas para as variáveis, através do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), mostrando que os peixes alimentam-se melhor à tarde (em média 64,5% a mais) e mais avidamente (30,4% ou 117,4% mais rápido, para os períodos manhã e tarde, respectivamente).

Em contrapartida, os valores observados para o tempo gasto para o consumo até à saciação, nas duas temperaturas analisadas, mostraram diferenças significativas pelo teste F, a 1% de probabilidade (Quadro 2).

Segundo Brett (1979) in ALANÄRÄ (1994), a temperatura é um fator primário controlando o metabolismo, as necessidades nutricionais e o esvaziamento gástrico, e com isso, atividade de alimentação nos peixes. No estudo dos efeitos da interação (Quadro 3), à 5% de probabilidade, os valores médios para o tempo de alimentação dos pacus, apresentaram comportamento diferente nas duas temperaturas, mostrando que à 23°C os peixes gastam mais tempo alimentando-se à tarde, porque

QUADRO 2. Valores de F, Coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para consumo alimentar, velocidade de ingestão e tempo de saciação.

Estatísticas	Variáveis		
	Consumo alimentar (g)	Velocidade de ingestão (g/min)	Tempo de saciação (min)
<i>Parcelas</i>			
F p/ temp (T)	3,36 <sup>NS</sup>	0,99 <sup>NS</sup>	75,04 <sup>**</sup>
CV (%)	34,64	30,89	5,98
<i>Sub parcelas</i>			
F p/período do dia (P)	33,68 <sup>**</sup>	36,16 <sup>**</sup>	2,39 <sup>NS</sup>
Interação T x P	2,51 <sup>NS</sup>	9,64 <sup>*</sup>	48,31 <sup>**</sup>
CV (%)	20,58	21,15	6,60
<i>Médias:</i>			
T <sub>23</sub>	4,57	0,65	7,17
T <sub>27</sub>	5,92	0,73	8,86
<i>Médias:</i>			
Pm <sup>1</sup>	3,97 B	0,51	8,18
Pt	6,53 A	0,87	7,84

<sup>1</sup>Pm = Período da manhã; Pt = período da tarde

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

QUADRO 3. Médias de tempo de ingestão de alimento e velocidade de ingestão na interação de temperatura e velocidade de ingestão por períodos.

Variáveis	Temperaturas	Períodos	
		Manhã	Tarde
Tempo de saciação (TS)	T <sub>23</sub>	6,58 Bb <sup>1/</sup>	7,75 Aa
	T <sub>27</sub>	9,78 Aa	7,94 Ab
Velocidade de ingestão (VI)	T <sub>23</sub>	0,56 Ab	0,73 Aa
	T <sub>27</sub>	0,46 Ab	1,00 Aa

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

apresentam-se menos ávidos, enquanto que à 27°C, demora mais alimentando-se no período da manhã (os pacus mostraram-se 117% mais rápidos à tarde, nesta temperatura).

SINGH e SRIVASTAVA (1985) relataram que são necessários  $44,44 \pm 5,56$ min para a saciação do apetite do *Heteropneustes fossilis* com peso médio corporal de 11,38 a 15,30g.

FERRAZ DE LIMA et al. (1988) observaram que o pacu mostrou-se pouco propenso à alimentação, em temperaturas da água ao redor de 22°C.

### **5.2.2. Consumo alimentar diário e índice de ingestão**

O Quadro 4 apresenta os resultados observados no ensaio para estudo consumo alimentar diário (g) e índice de ingestão de alimentos(%).

Os valores de F observados nas duas análises de variância mostraram-se significativos ao nível de 5% de probabilidade. As médias de consumo diário, analisadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ), mostraram que na temperatura mais alta (27°C) os peixes ingerem mais alimento (11,86g) do que à temperatura de 23°C (9,14g). As médias de ingestão de alimentos mostraram o mesmo comportamento que o consumo alimentar diário (2,29% e 2,97%

para as temperaturas de 23 e 27°C, respectivamente), diferindo entre si, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

QUADRO 4. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas nas variáveis consumo alimentar diário (g) e índice de ingestão(%).

Estatística	Variáveis	
	Consumo de alimento (g)	Índice de ingestão
F p/ temperatura (T)	6,30*	6,30*
CV (%)	17,88	17,86
Médias:		
T <sub>23</sub>	9,14 B	2,29 B
T <sub>27</sub>	11,86 A	2,97 A

<sup>1/</sup>-Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

Segundo COX e COUNTANT (1981), o crescimento ou as taxas de consumo elevam-se com a temperatura até que um pico seja alcançado. De acordo com HIDALGO et al. (1987), o melhor valor para o consumo alimentar pode ser definido por este pico de alimentação.

Hoff e Westman (1966) citados por FERRAZ DE LIMA (1988) sugerem que, provavelmente, a temperatura da água tem, nos peixes, um efeito maior do qualquer outro fator. De outra forma, os peixes se alimentam, de acordo com Kaushik e

Luquet, (1984), **citados por** BOUJARD e MEDALE (1994) prioritariamente, para cobrir suas necessidades de energia, considerando que a ingestão voluntária do alimento é limitada nas dietas contendo alto teor energético.

### **5.2.3. Tempo de retorno do apetite**

O tempo de retorno de apetite (TRA), analisado através dos valores médios de consumo alimentar máximo (em g), após os vários intervalos decorridos do ultimo arraçoamento, são apresentados no Quadro 5.

Observa-se através desse quadro que não houve diferença significativa para os blocos, constituídos por dias diferentes de avaliação. Para os efeitos da temperatura os valores de F mostraram que houve diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, e para o tempo de jejum, as diferenças foram estatisticamente significativas à 5% de probabilidade, mas sem efeitos significativos para a interação entre esses fatores. Este quadro mostra também que as médias de consumo observadas para todo o período foram obviamente maiores na temperatura de 27°C (8,34g) e diferiram significativamente através do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), do que em 23°C (3,31g).



QUADRO 5 . Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas na variável tempo de retorno do apetite (TRA).

<b>Estatísticas</b>	<b>TRA (g)</b>
F p/ Blocos (B)	3,35 <sup>NS</sup>
Temperatura (T)	143,64 <sup>**</sup>
Tempo Jejum (J)	8,91 <sup>*</sup>
Interação T x J	2,55 <sup>NS</sup>
CV (%)	42,17
Médias:	
T <sub>23</sub>	3,31 A
T <sub>27</sub>	8,34 B
Médias:	
T <sub>J1</sub>	1,46 E
T <sub>J2</sub>	1,58 E
T <sub>J3</sub>	1,56 E
T <sub>J4</sub>	1,45 E
T <sub>J5</sub>	1,80 E
T <sub>J6</sub>	2,61 DE
T <sub>J7</sub>	4,80 BCDE
T <sub>J8</sub>	4,53 BCDE
T <sub>J9</sub>	5,48 ABCDE
T <sub>J10</sub>	6,27 ABCDE
T <sub>J11</sub>	10,43 A
T <sub>J12</sub>	9,22 ABC
T <sub>J13</sub>	10,67 A
T <sub>J14</sub>	7,86 ABCD
T <sub>J15</sub>	8,73 ABC
T <sub>J16</sub>	9,54 AB
T <sub>J17</sub>	8,13 ABC
T <sub>J18</sub>	7,60 ABCD
T <sub>J19</sub>	8,56 ABC
T <sub>J20</sub>	7,98 ABCD
T <sub>J21</sub>	6,28 ABCDE
T <sub>J22</sub>	4,07 CDE
T <sub>J23</sub>	4,92 BCDE
T <sub>J24</sub>	6,06 ABCDE

<sup>1</sup>-Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

Dentro do período de jejum de 24 horas, a maior média de consumo, estatisticamente significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi alcançada com 11 horas de jejum (média de 10,43g para as duas temperaturas), caracterizando o tempo de retorno do apetite. Da mesma forma, a Figura 1 comprova que às 11 horas de jejum, tanto para a temperatura de 23°C como para a de 27°C, foram observados os maiores valores de consumo (6,37 e 14,50g, respectivamente).

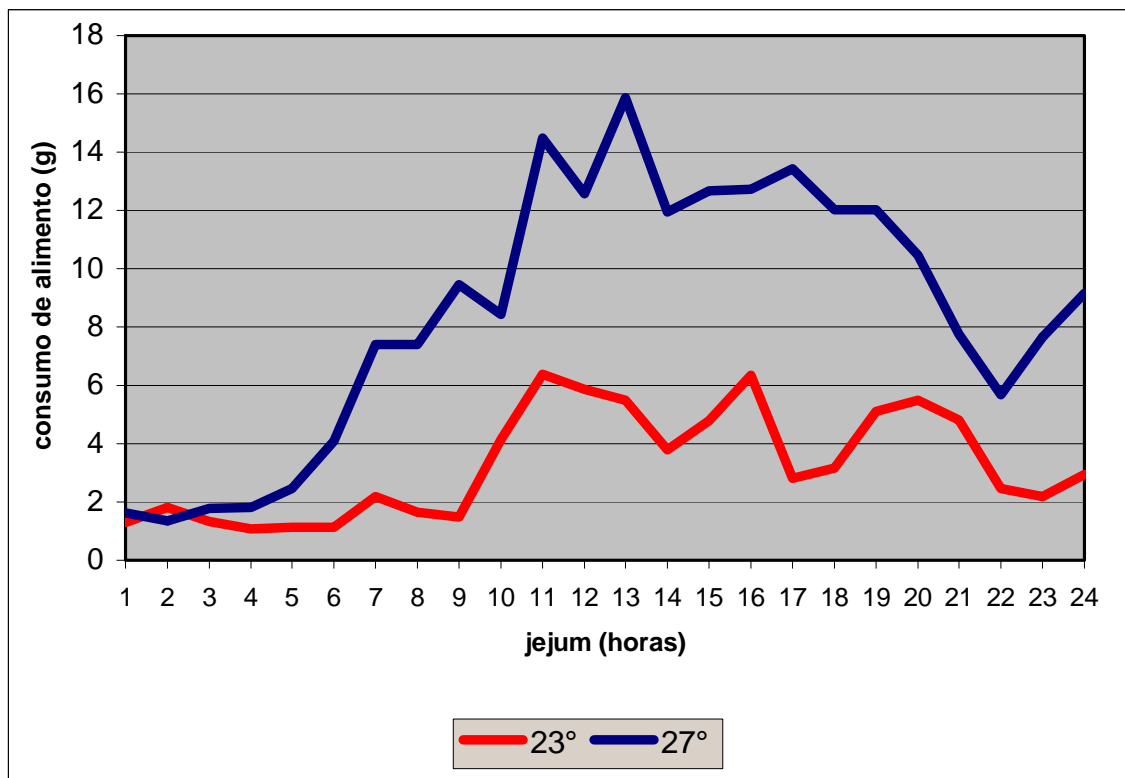


FIGURA 1. Tempo de retorno do apetite do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).

Observa-se também uma diminuição na ingestão de alimentos no final do período, mostrando que as menores médias ocorreram próximas de 22 horas de jejum (2,47 e 5,67g para as temperaturas de 23 e 27°C, respectivamente), mas aumentando ligeiramente a seguir.

Rantin (1978) **citados por** FERRAZ DE LIMA et al. (1988) relatam que as baixas temperaturas da água atuam como um efeito narcótico, restringindo a performance do peixe, e que as altas temperaturas causam uma excessiva demanda na manutenção do organismo.

O retorno do apetite e o esvaziamento gástrico parecem estar positivamente correlacionados (Grove et al., 1985; Singh e Srivastava, 1985 **citados por** SIMS e DAVIES,1994), podendo indicar em futuros estudos para tubarão, outros processos digestivos tais como as taxas de esvaziamento gástrico ou quantidade da entrada da digesta no intestino anterior, podem ser de maior importância na regulação da taxa de consumo de alimento que apenas o nível do metabolismo pós-prandial.

SINGH e SRIVASTAVA (1985) relataram que o tempo de retorno do apetite é regulado pelo esvaziamento gástrico. Uma redução no conteúdo estomacal foi associada ao aumento na ingestão voluntária, ocorrido entre 8 e 12 h de jejum.

SIMPSON et al. (1996) observaram que o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) mostrou um pico marcado na ingestão de alimentos no verão, seguido por uma súbita perda de apetite.

Os autores relatam que esta anorexia não está relacionada com a temperatura e sim com a adaptação antecipada da variação sazonal na disponibilidade do alimento natural.

#### **5.2.4. Tempo de trânsito gastrointestinal**

Os valores médios observados para as notas, segundo a coloração das fezes dos peixes em intervalos decorridos da alimentação com marcadores, são apresentados no Quadro 6.

As análises de variância mostram que houve efeitos estatisticamente significativos ( $P < 0,01$ ) tanto para os efeitos de temperatura como também para o de tempo de coleta, dentro de cada temperatura estudada.

O teste de Tukey aplicado às médias, ao nível de 5% de probabilidade, mostra que na temperatura de 23°C, o maior valor, caracterizando exatamente o tempo de trânsito do alimento foi conseguido 36 horas após o arraçoamento (Quadro 6). Já na temperatura de 27°C, as médias de 0,92 e 1,00 não diferiram por esse mesmo teste ( $P > 0,05$ ), caracterizando o tempo gastrointestinal de 14 horas após a alimentação.

Resultados semelhantes foram obtidos por CARNEIRO et al (1990b), onde foram determinados valores médios de transito gastrointestinal de 34:33, 11:42 e 13:39h para as temperaturas de 24,28 e 32°C.

QUADRO 6 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidos para o tempo de trânsito gastrointestinal.

<b>Estatística</b>		<b>TTG</b>
F p/ temperatura (T)		21,77**
tempo de coleta dentro de T (TC:T)		49,62**
CV (%)		17,47
Médias:		
	T <sub>23</sub>	0,55A
	T <sub>27</sub>	0,44B
Medias para T <sub>23</sub> :		
	0	0,02F
	4	0,19E
	8	0,33E
	12	0,44D
	16	0,46D
	20	0,65C
	24	0,65C
	28	0,81BC
	32	0,92AB
	36	1,00A
Medias para T <sub>27</sub> :		
	0	0,00E
	2	0,01DE
	4	0,07DE
	6	0,32CD
	8	0,32CD
	10	0,53BC
	12	0,78AB
	14	0,92A
	16	1,00A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

CARNEIRO (1990) observou que somente a temperatura teve influencia no tempo de trânsito gastrointestinal das dietas pelos peixes, determinando, à 24°C, valores três vezes maior que 28 e 32°C. O autor observou que não se espera que um menor tempo de trânsito melhore o desempenho de produção dos peixes e nem aumente o aproveitamento das dietas, mas que, o tempo de trânsito observado para a temperatura mais baixa (no caso 24°C), deve ter limitado a ingestão de alimentos e, certamente, o metabolismo dos alevinos de pacu, justificando resultados sempre ruins para os parâmetros observados nesta temperatura.

Esses valores médios obtidos para notas de coloração da fezes também estão representados na Figura 2. Observa-se a grande diferença de tempo de trânsito do alimento, nas duas temperaturas (157,14% mais rápido na temperatura de 27°C), que certamente influirá no aporte de nutrientes para um crescimento maior e mais veloz. Outra grande influência poderá ocorrer na temperatura de 27°C, sobre a diluição dos nutrientes das dietas, permitindo que a exigência diária desses elementos seja atingida mais facilmente com rações comerciais mais baratas, contendo teores relativamente menores.

PIPER et al (1982) citam que a temperatura da água é um fator mais importante do que a alimentação, no crescimento dos peixes. HIDALGO e ALLIOT (1988) citam que a influência da temperatura na utilização dos

nutrientes depende principalmente do efeito do nível de ingestão dos nutrientes.

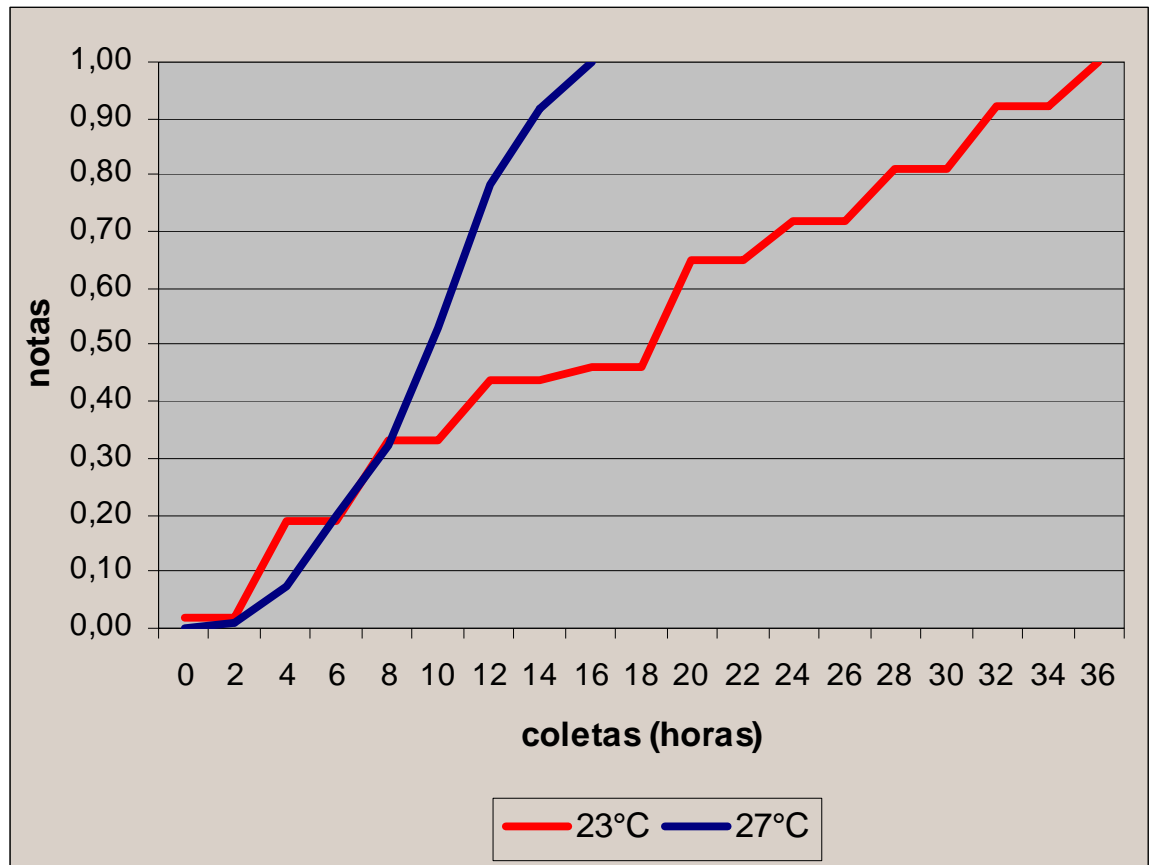


FIGURA 2. Tempo de trânsito gastrointestinal do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).

### 5.2.5. Tempo de esvaziamento gástrico

A influência da temperatura no tempo de esvaziamento gástrico, estudada através dos resultados de índice de repleção estomacal, nos vários

intervalos de observação decorridos da alimentação, está representada no Quadro 7.

A análise de variância dos dados mostrou efeito significativo ( $P < 0,01$ ), tanto para as temperaturas estudadas como para o período de coletas. Observa-se através do Quadro 7, que a aplicação do teste de Tukey, aos valores médios observados para as duas temperaturas, embora de pouco significado prático, teve efeito significativo sobre eles ( $P < 0,05$ ), mostrando que, à 23°C, a quantidade retida no estômago, em geral, é maior do que a 27°C (índices de 1,91 e 0,88, respectivamente).

O teste de Tukey aplicado às médias para os intervalos de coletas, nas duas temperaturas estudadas, mostram uma digestão mais lenta à 23°C ( $P < 0,05$ ), e que o máximo esvaziamento pode ser considerado após 56 horas do arraçoamento. Já para a temperatura da água de 27°C, a aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade, revela médias proporcionalmente mais baixas para a relação alimento consumido/peso do estômago, mostrando uma passagem mais rápida do alimento, de forma que o máximo esvaziamento (índice médio de 0,36) ocorreu em 21 horas após a alimentação. Dessa forma, observa-se que o esvaziamento máximo, na maior temperatura, foi 166,67% mais rápido do que à 23°C (Figura 3).



**QUADRO 7.** Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias obtidas para o índice de repleção gástrica.

Estatística		Esvaziamento Gástrico
F p/temperatura (T)		112,61**
Período de jejum		16,42**
CV		33,51
Média: T <sub>23</sub>		1,89A
T <sub>27</sub>		0,88B
Médias p/ os tempos de coleta (23°C):		
	0	1,96 FG
	4	5,78 A
	8	2,05 DEF
	12	1,38 H
	16	1,79 G
	20	2,81 B
	24	2,38 C
	28	2,19 CDE
	32	2,22 CD
	36	1,41 H
	40	1,17 I
	44	0,97 J
	52	0,93 J
	56	0,71 K
	60	0,58 K
27°C		
	0	1,82 A
	2	1,03 C
	4	1,32 C
	6	0,58 FG
	8	0,93 CD
	10	1,03 C
	12	0,79 DE
	15	0,77 DEF
	18	1,04 C
	21	0,36 H
	24	0,34 H
	27	0,60 FG

<sup>v</sup>-Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

De acordo com Jobling (1981) **citado por** HAYWARD e BUSHMANN (1994), as variáveis que influenciam a taxa de evacuação gástrica dos peixes, incluem estágio de vida, temperatura, tamanho corporal, tipo e qualidade do alimento e tamanho e frequência de alimentação.

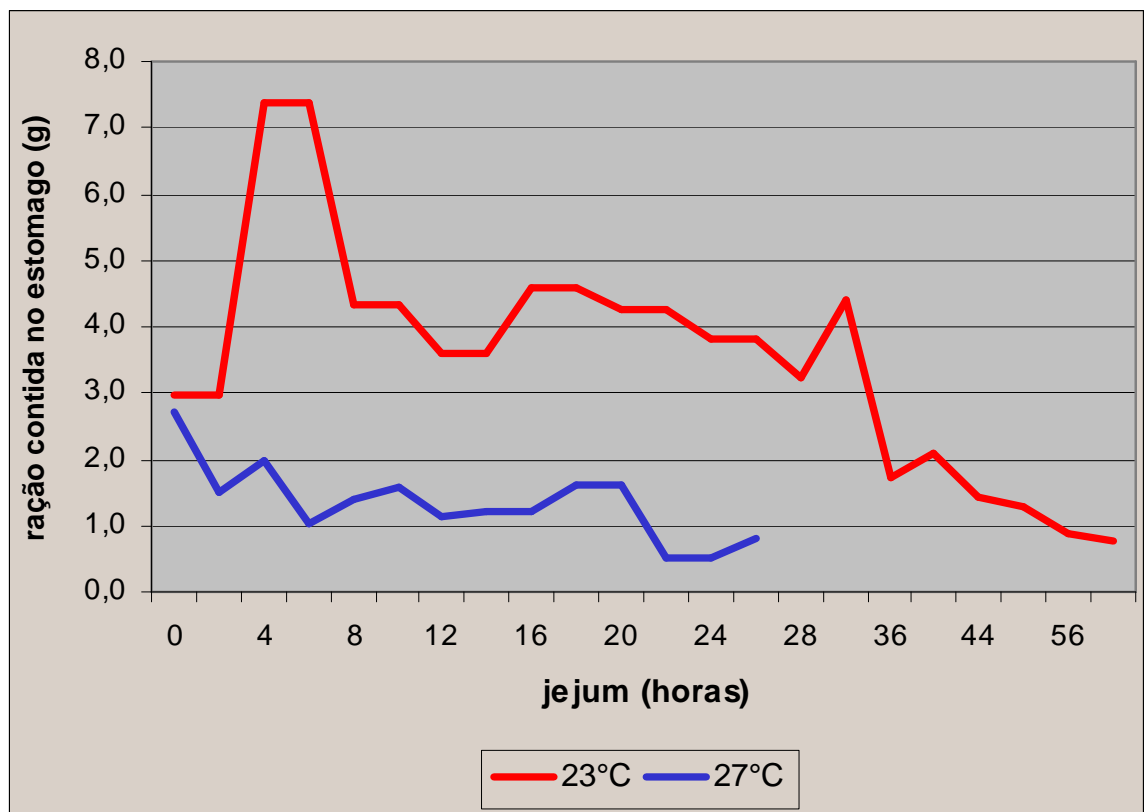


FIGURA 3. Tempo de esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C).

REYNA-KURTZ (1993) comprovou que o tempo necessário para evacuação gástrica de 95% do alimento ingerido, para *Paralonchus brasiliensis*, foi de 23,7 , 16 e 13 h, para um arraçoamento constituído de poliquetas, artemia e pasta, respectivamente.

De acordo com KOLOF e RONDORF (1987), relataram que a taxa de evacuação gástrica foi mais alta a 10°C, do que a 15°C, para salmão *chinook* juvenil, ao contrário do que ocorre com peixes de clima tropical, onde a taxa de evacuação aumenta com a elevação da temperatura.

Embora os parâmetros sejam distintos, esse mesmo comportamento na temperatura mais elevada ocorreu com os resultados do tempo de trânsito gastrointestinal (Quadro 6) que revelou ser 157,4% mais rápido.

### **5.3. Parâmetros metabólicos**

#### **5.3.1. Glicemia**

Os valores de glicemia registrados nos diferentes tempos de jejum apresentaram perfis diferenciados para as diferentes temperaturas estudadas.

A análise de variância dos dados de glicemia (Quadro 8) mostrou efeito significativo tanto para as temperaturas analisadas como para os períodos de jejum.

Entre as duas temperaturas analisadas, observou-se diferenças significativas, através do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), com um valor médio menor para 23°C (67,78mg/dl) do que para 27°C (76,29mg/dl).

Através do Quadro 8, podemos observar que pelo teste de Tukey, os valores médios deste parâmetro, nas duas temperaturas analisadas, tiveram comportamentos diferenciados, mostrando que, à 23°C, a maior média ocorreu a 24 horas de jejum (102,40mg/dl) e à 27°C, 4 horas após o último arraçoamento (91,74mg/dl).

A análise dos valores de glicemia obtidos ao longo do período experimental nos diferentes tempos de jejum, e nas duas temperaturas de cultivo, mostra que os mesmos são mantidos dentro de uma faixa considerada normal para peixes (OLIVEIRA, 1997).

A glicose é uma das principais fontes de energia para a manutenção do metabolismo intermediário (LEHNINGER, 1994).

AKIOSHI et al. (1992) estudaram a mesma espécie em questão (*Piaractus mesopotamicus*) e encontraram diminuições nos níveis glicêmicos até 60 dias de

QUADRO 8. Valores de F, coeficiente de variação (CV) e médias para glicemia, glicogênio hepático e lipídeo total hepático.

<b>Estatística</b>	<b>Glicemia (mg/dl)</b>	<b>Glicogênio (%)</b>	<b>Lipídeo (%)</b>
F p/temperatura (T)	125,59**	117,29**	196,29**
Período de jejum	37,44**	3,08**	4,79**
CV (%)	5,41	43,80	59,10
Médias:			
T <sub>23</sub>	67,78 B	3,79 A	2,46 A
T <sub>27</sub>	76,29 A	1,30 B	0,12 B
Médias p/ os tempos de coleta (23°C):			
0	79,29 C	3,49EF	0,04 I
4	57,17 H	3,57 EF	0,04 I
8	84,62 B	4,41 BC	2,69 DEF
12	52,28 J	4,17 CD	3,68 B
16	59,38 G	0,80 H	2,47 EFG
20	72,32 D	3,94 DE	2,60 EF
24	102,40 A	3,60 EF	1,24 H
28	57,58 H	3,85 DE	2,92 CD
32	60,18 G	3,64 EF	2,37 FG
36	63,48 F	2,95 G	2,94 CD
40	54,36 I	4,80 BC	2,77 DE
44	69,91 E	4,55 BC	2,16 G
52	71,16 DE	4,48 B	3,12 C
56	70,57 E	3,31 FG	4,19 A
60	62,02 F	5,30 A	3,82 B
Médias p/ os tempos de coleta (27°C):			
	70,38 H	2,69 A	0,05 A
2	73,04 G	2,20 B	0,08 A
4	91,74 A	2,81 A	0,06 A
6	78,54 E	2,51 AB	0,08 A
8	74,36 G	1,52 C	0,12 A
10	70,48 H	1,30 C	0,19 A
12	76,93 F	1,14 C	0,24 A
15	86,92 C	0,21 D	0,16 A
18	88,97 B	0,30 D	0,13 A
21	62,51 I	0,47 D	0,10 A
24	59,60 J	0,17 D	0,07 A
27	82,01 D	0,22 D	0,08 A

<sup>1/</sup>-Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (letras minúsculas comparam as médias na horizontal e letras maiúsculas na vertical)

jejum, os quais se mantiveram constantes neste período. Na realimentação, os peixes recuperaram os valores iniciais.

SOUZA (1994) relatou que houve uma manutenção dos níveis glicêmicos de juvenis de pacu, submetidos à restrição alimentar e independente da extensão destes períodos, comprovando, pelo menos em parte, a hipótese da glicogenólise hepática como fonte de glicose sangüínea.

Várias espécies de peixes submetidos ao jejum apresentaram diminuições nos níveis de glicose sangüínea: *Gadus morhua* (KAMRA, 1966; BLACK e LOVE, 1986) e *Salmo gairdneri* (MILNE et al.,1979), resultados estes diferentes dos obtidos no presente experimento, embora tenham sido obtidos em tempos mais longos de jejum. À 23°C, a modificação mais notável ocorreu após 24 horas de jejum, quando houve um pico de glicemia (102,4mg/dl) e que coincidiu com um aumento no consumo de alimento (Figura 1), mostrando que houve absorção de glicose do alimento ingerido, em maior quantidade.

Com relação ao observado à 27°C, a glicemia se manteve com valores próximos, uns dos outros, até 18 horas de jejum, caindo para os valores mais baixos registrados (62,5 e 59,6mg/dl, nos tempos de 21 e 24 horas de jejum, respectivamente) (Figura 4). Esta queda ocorreu exatamente quando observou-se uma queda pronunciada no consumo de alimentos pelo peixe (Figura 1). Isso sugere que com a menor ingestão

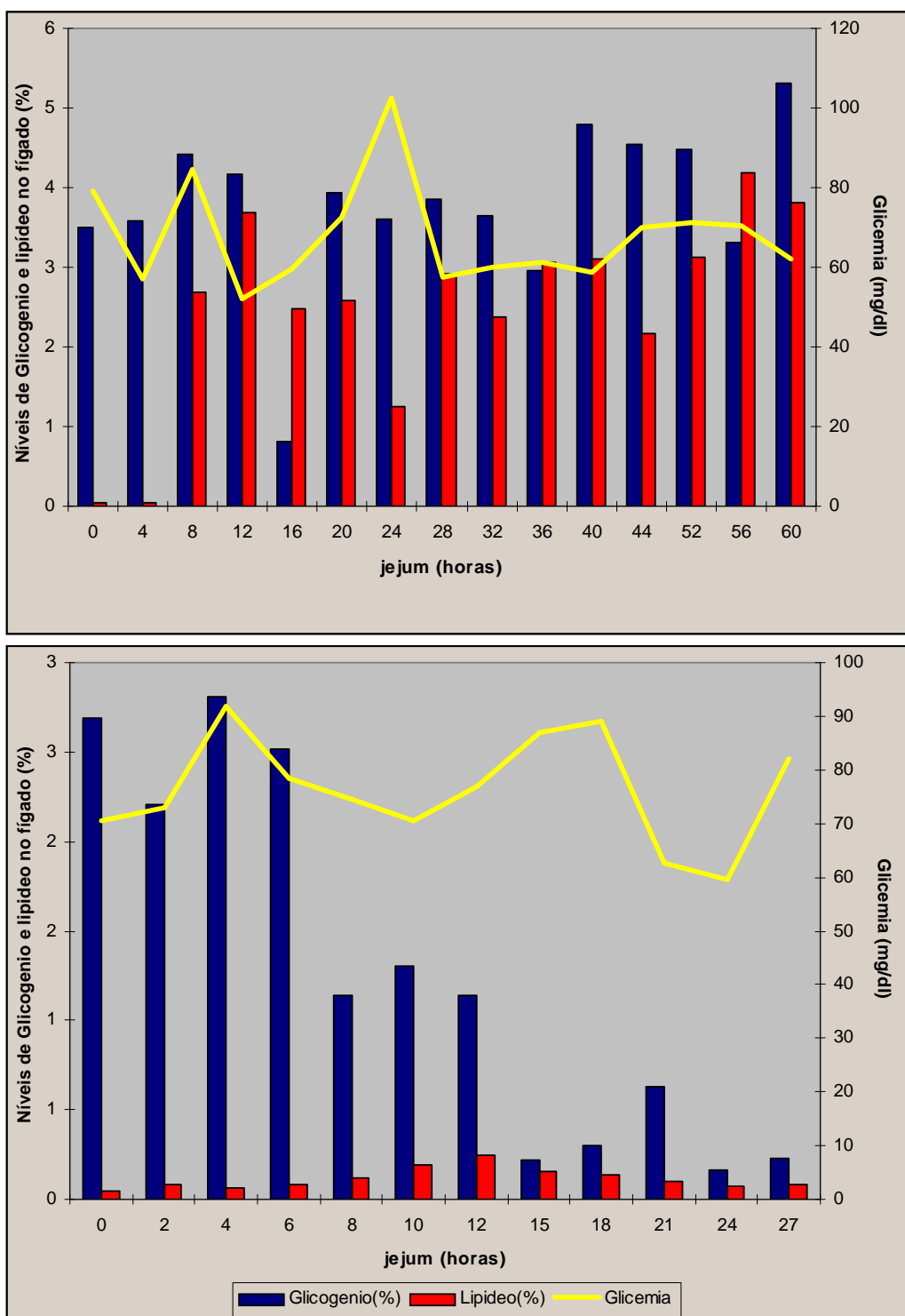


Figura 4. Níveis de glicemia, glicogênio hepático e lipídeo no fígado de juvenis de pacu (*Piaracutus mesopotamicus*) nas duas temperaturas de cultivo (23 e 27°C)

de alimento, os níveis glicêmicos atingiram valores suficientemente baixos para ativar os glicoreceptores hipotalâmicos, responsáveis por desencadear o processo do apetite. De acordo com VAHL (1979), a ingestão de alimento induz à saciação e estimula os mecanismos inibitórios do reflexo de alimentação e o jejum, por outro lado, induz ao apetite e estimula o centro da fome. Às 27 horas de jejum, os peixes já recuperaram os valores glicêmicos próximos aos registrados antes da queda.

Comparando os perfis glicêmicos das duas temperaturas, nota-se que, enquanto o maior valor registrado ocorre em fase de maior ingestão, à 27°C (Figura 1), mesmo após o aumento da ingestão (24 horas) a glicemia ainda está baixa. Isto pode ser explicado considerando-se que, em temperaturas mais altas, a demanda energética do organismo animal é muito intensa, sendo que o substrato absorvido no início da ingestão destina-se a suprir as necessidades energéticas agudas do peixe e não é suficiente para ser estocado.

Além das alterações devido aos processos metabólicos, acredita-se que as diferenças podem ser decorrentes de diferentes formas de captura, manejo e amostragem (Larsson et al., 1976 **citados por** OLIVEIRA, 1997).

O autor acima relata que em juvenis de pacu, as concentrações de glicose sanguínea sofreram alterações durante as diferentes épocas do ano, em juvenis de pacu, e estas foram relacionadas com deposição ou mobilização de glicogênio no fígado.



### **5.3.2. Glicogênio Hepático**

Assim como para a glicemia, as respostas do glicogênio hepático nos diferentes tempos de jejum, foram distintas nas duas temperaturas de cultivo.

Os valores médios de glicogênio hepático (%), após diferentes tempos de jejum, podem ser observados no Quadro 8. Observa-se, que os valores de F para as temperaturas analisadas e períodos de jejum, diferiram significativamente ( $P < 0,01$ ). Também foram verificadas diferenças significativas nas médias de glicogênio hepático, entre as duas temperaturas analisadas, através do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), mostrando que à 23°C, as médias foram maiores do que para 27°C (3,79 e 1,30%, respectivamente).

Entre os períodos de jejum, para as duas temperaturas analisadas, verificou-se que a maior média encontrada à 23°C, foi após 60 horas do último arraçoamento (5,30%), enquanto que à 27°C, no início desta fase experimental, os peixes apresentaram as maiores médias, durante as 6 primeiras horas de jejum.

Através da Figura 4, observa-se que à 23°C, os peixes concentram maiores quantidades de glicogênio no fígado, que em relação à 27°C, confirmando uma menor demanda de energia em temperaturas mais baixas, já que o glicogênio é fonte de produção de glicose. Esses valores são coerentes com os encontrados por OLIVEIRA (1997).

Para a mesma espécie de peixe nota-se que os valores de glicogênio apresentam um comportamento sem grandes oscilações, até 6 horas após o arraçoamento. A partir de 8 horas de jejum, ocorre decréscimo até o final do período experimental. Esta queda acontece próxima ao período em que os peixes iniciam uma diminuição no consumo de alimentos (11 horas) e que vai até 22 horas de jejum (Figura 1). É possível que esta diminuição de consumo verificada após 11 horas de jejum ocorra em virtude de um certo grau de saciedade, proveniente de estímulo da glicose circulante, que por sua vez tem seus níveis sanguíneos mantidos através da degradação do glicogênio hepático.

O aumento verificado na glicose às 27 horas de jejum, após aumento de consumo de alimento pelo peixe, não foi suficiente para aumentar o glicogênio estocado no fígado e isto pode ser justificado pela maior exigência de energia do peixe na temperatura de 27°C e consequente desvio da glicose para este processo.

SOUZA (1994) observaram que a não recuperação de níveis de glicogênio hepático em período de realimentação de pacu, pode ser atribuída ao fato dos animais serem juvenis, estando em fase ativa de demanda energética para o crescimento, principalmente após longos períodos de restrição alimentar, quando este processo está prejudicado. Desta forma, deveria estar ocorrendo um desvio de carboidrato para os processos de crescimento, ao invés de serem estocados.

OLIVEIRA (1993), relata que a análise dos estoques energéticos sugere que o tambacu preserva o glicogênio do fígado, utilizando inicialmente os lipídeos (primavera) mas, em fase posterior (verão) o processo se inverte e os lipídeos passam a ser preservados, enquanto o glicogênio é mobilizado.

### **5.3.3. Lipídeo Total Hepático**

Do mesmo modo que para as variáveis metabólicas já discutidas, verificou-se comportamento distinto para o lipídeo total do fígado nas duas temperaturas de cultivo.

Os valores de F para lipídeo total hepático, foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, tanto para as temperaturas analisadas, quanto para os períodos de jejum. Através do Quadro 8, pode-se observar que as médias para as temperaturas analisadas, diferiram entre si, através do teste de Tukey (P,0,05), mostrando valores mais elevados à 23°C do que à 27°C (2,46 e 0,12%, respectivamente).

Para os períodos de jejum analisados através do teste de Tukey (P<0,05), houve diferença significativa apenas para a temperatura de 23°C, mostrando que as maiores médias foram observadas no final do período experimental, por volta de 56 horas de jejum.

De VLAMING e PARDO (1975) comentaram que na utilização das reservas lipídicas, a energia produzida provem de oxidação de ácidos graxos liberados pela hidrólise de triglicerídeos.

As oscilações verificadas à 23°C não mostram, aparentemente, relação lógica com o comportamento alimentar dos peixes ao longo do período experimental. Excetuando os valores baixos encontrados para 0 e 4 horas de arraçoamento (0,04 e 0,04%), que não tem razão evidente, os outros valores, em todos os tempos de arraçoamento apresentam-se dentro de valores registrados na literatura (OLIVEIRA, 1997).

À 27°C, não observou-se diferenças significativas nos teores de lipídeo total no fígado ao longo do período experimental, e estes valores foram cerca de 95,12% mais baixos que os observados para a temperatura de 23°C.

Esta diferença marcante pode ser justificada pela exigência metabólica dos peixes à 27°C, que é muito maior que a verificada a 23°C. Os lipídeos são o substrato energético mais rico e sua queima produz, com base no peso, aproximadamente duas vezes mais energia calorífica que os carboidratos. Além disso, a gordura é, do mesmo modo, o combustível mais leve (PLISETSKAYA, 1980), equivalendo segundo WEATHERLEY e GILL (1987) de 2 a 12% do peso vivo do peixe, e sua distribuição nos órgãos e tecidos do corpo pode apresentar diferenças consideráveis.

No presente experimento, os dados mostram que o lipídeo contribuiu de forma intensa para o fornecimento da energia exigida pelo pacu, à 27°C, ao longo do período de observação.

## **6. CONCLUSÕES**

Nas condições de realização do presente trabalho, os resultados observados para o pacu permitiram as seguintes conclusões:

1. Os peixes alimentaram-se melhor à tarde, embora o tempo para a ingestão da ração fosse praticamente semelhante ao gasto no período da manhã.
2. O consumo diário de ração foi mais elevado na temperatura mais alta, com índice de ingestão diária de 2,97% do peso vivo dos peixes ao dia, em relação ao de 2,29% para a temperatura mais baixa.

3. As duas temperaturas estudadas proporcionaram o mesmo TRA (tempo de retorno do apetite) dos peixes (10,43hs) com o maior valor para o consumo de alimento registrado com jejum de 10:40h.
4. Os valores de TTG (tempo de trânsito gastrointestinal) foram acentuadamente influenciados pelas temperaturas, com médias de 36 e 14 horas para 23 e 27°C, respectivamente.
5. A digestão do alimento foi mais lenta e gradual em 23°C do que em 27°C, o qual alcançou menores índices de repleção (média de 0,36) em um tempo 166,67% mais rápido (21 horas).
6. As modificações no comportamento alimentar podem ser avaliadas por parâmetros metabólicos, tais como, a diminuição na ingestão do alimento em face da saciedade do peixe, controlada pelos níveis de glicose circulante, ou pelo aumento da ingestão de alimentos estimulado pela hipoglicemia do jejum. Estes processos são dependentes da temperatura da água e observados a 27°C.

## **7. SUMMARY**

The present work assessed the effects of the temperature on the feed ingestion by pacu (*Piaractus mesopotamicus*) determining the feed behavior based on appetite revival, satiation time gastrointestinal transit time, evacuation time (repletion index), as well as metabolic parameters.

Ninety-six 160g pacus were placed in 150-liter experimental aquariums with continuous water flow and fed a commercial floating feed containing 25% crude protein. The statistical designs varied according to the characteristics of each trial.

To determine the metabolic parameters, four fish were captured at each different starvation time and anesthetized with MS222. Blood was collected from the caudal



vein with heparinised syringes. Fish were weighed, measured and opened ventrally for getting the liver out, for analysis of glycogen and total lipid levels.

Fish were observed to feed better in the afternoons (6,53 and 3,97g for 23 and 27°C respectively), although time spent for the feed ingestion was similar to that spent in the mornings 8,18 and 7,84min for 23 and 27°C, respectively. The daily feed consumption was influenced by temperature, showing ingestion indexes of 2,29 and 2,97% of body weight per day at 23 and 27°C, respectively.

The two tested temperatures provided the same TRA (10,43h), evidenced by the greatest value observed for the food consumption after a 10:40h fast period.

TTG was highly influenced by temperature, showing average values of 36h and 14h for 23 and 27°C, respectively.

The feed digestion lasted longer for fish maintained at the lowest temperature, that reached lower repletion indexes (0,36) 166,67% faster (21h).

Blood glucose showed lower levels at 23°C, with the highest value after food ingestion. At 27°C, blood glucose decreased highly after 21 h of starvation coinciding with the beginning of the increase of food ingestion.

At 27°C, liver glycogen concentration decreased coincident with decreased food consumption.

Total liver lipid showed lower levels at 27°C, in the whole experimental period.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIOSHI,R., URBINATI, E.C.; ROVIERO, D.P. Comportamento glicêmico, em pacus de cativeiro, durante o jejum e realimentação. In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADES DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL, 7, 1992. Caxambu: FESBE, p.245, 1992. (Resumos)

ALANÄRÄ, A. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v. 126, p. 349-359, 1994.

- BASTROP, R., SPANNENBERG, R., JÜRSS, K. Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. *Comp. Bioch. Phys.*, v.98<sup>A</sup>, n.1, p. 143-149, 1991.
- BERG, J. Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens*. *Mar.Biol.*, v.50 p.263-273, 1979.
- BLACK, D., LOVE, R.M. The sequential mobilization and during starvation and refeeding. *J. of Comp. Physiology*, v.156, p. 469-479, 1986.
- BLIGH, E.G., DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Bioch. Phys.* v.37, n 8, p. 911-917. 1959.
- BOUJARD, T. , MÉDALE, F. Regulation of voluntary feed intake in juvenile rainbow trout fed by hand or by self-feeders with diets containing two different protein/energy ratios. *Aq. Liv. Res.* v. 7, p. 211-215, 1994.
- BOYD,C.E. *Water quality in warm water fish ponds*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, 1979.359p.
- CARNEIRO, D.J. ; CARVALHO, D.D.G.; DIAS , T.C.R.; WAGNER, P.M. Níveis de arraçoamento e de proteína bruta em dietas isocalóricas para o desenvolvimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, ENCONTRO NACIONAL DE AQUICULTURA, 2. Peruíbe, 1992. Resumos... p. 33. 1992

CARNEIRO, D.J. *Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, Piaractus mesopotamicus (HOLMBERG, 1887)*. 1990. Tese (Doutorado em Ecologia - UFSCar. São Carlos - SP), 56p.

CARNEIRO, D.J. *Níveis de proteína bruta e energia na alimentação do pacu Colossoma mitrei, (BREG, 1895)*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal-FCAV - UNESP). 1983, Jaboticabal, 56 p.

CARNEIRO, D.J.; RANTIN, F.T.; DIAS, T.C.R. e MALHEIROS, E.B. Níveis de proteína e energia brutas em dietas práticas para o crescimento de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, em diferentes temperaturas. I- Efeitos sobre o desempenho de produção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, Natal, RN, p.62, 1990a (Resumos).

CARNEIRO, D.J.; RANTIN, F.T.; DIAS, T.C.R. e MALHEIROS, E.B. Níveis de proteína e energia brutas em dietas práticas para o crescimento de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, em diferentes temperaturas. III- Efeitos sobre o tempo de trânsito gastro-intestinal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, Natal, RN, p.62, 1990b.

- CARROL, N.V., LONGLEY, R.W., ROE, J.H. The determination of glycogen in liver and muscle by use anthrone reagent. *J. Biol. Chem.* V.220, p. 583-593. 1956.
- CASTAGNOLLI, N. , CYRINO, J.E.P. Piscicultura nos Trópicos. São Paulo, ed. Manole, 1986. 152p.
- CHRISTIANSEN, D.C. KLUNGSOYR, L. metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. *Comp. Bioch. Phys.*, v. 88b, n.3, p.701-711, 1987.
- COWEY, C.B., SARGENT, J.R. Bioenergetics and growth. In: HOAR,W.S., RANDALL. D.J., BRETT.J.R. *Fish Physiology*. Orlando: Academic press, 1979. V.8, p.1-69.
- COX, D.K., COUNTANT, C.C. Growth dynamics of juvenile striped bass as functions of temperature and rations. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, v.110, p. 226-238, 1981.
- DE VLAMING, V.L., PARDO, R.J. *In vitro* effects of insulin on liver lipid carbohydrate metabolism in the teleost, *Nortemigonus crysoleucas*. *Comp. Bioch. And Physiol.*, v. 51b, p. 489-497, 1975.
- EDWARDS, D.J. Effects of temperature on rate of passage of food through the alimentary canal of the plaice *Pleuronectes platessa*. *J. Fish. Biol.* v.3, p.433-439, 1971.

- FAUCONNEAU, B.; CHOUBERT, G.; BLANC, D.; BREQUE, J. and LUQUET, P. Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, v.34, p.27-39, 1983.
- FERRAZ DE LIMA, J.A., FERRARI, V.A., COLARES DE MELO, J.S., GASPAR, L.A., CHABALIN, E., SANTOS, E.P. Comportamento do pacu, *Colossoma mitrei* em um cultivo experimental, no Centro-Oeste do Brasil. *B. Téc.CEPTA*, v.1, n.1, p. 15-28, 1988.
- FLETCHER, D.J. Plasma glucose and plasma fatty acids levels of *Limanda limanda* (L.) in relation to season, stress, glucose loads and nutrituional state. *J. of Fish Biology*, London, v.25, p.629-648, 1984.
- GARCIA, L.M. and ADELMAN, I.R. An *in situ* estimate of daily food consumption and alimentary canal evacuation rates of common carp, *Cyprinus carpio* L. *J. Fish Biol.* v.27, p.487-493, 1985.
- HAYWARD, R.S. , BUSHMANN, M.E. Gastric evacuation rates for juvenile *Largemouth bass*. *Trans. Amer. Fish. Soc.* v.123, p. 88-93, 1994.
- HELPPER, B. Nutrition of ponds fishes. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 387p.

- HIDALGO, F. , ALLIOT, E. Influence of water temperature on protein requirement and protein utilization in juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, v.72, p.115-129, 1988.
- HIDALGO, F., ALLIOT, E., THEBAULT, H. Influence of water temperature on food intake, food efficiency and gross composition of juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, v. 64, p. 199-207, 1987.
- KAMRA, S.K. Effect of starvation and refeeding on some liver and bloodconstituents of atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *J. Fish. Res. Board Canada*, , v.23, p. 975-982, 1966.
- KARJALAINEN, J. KOHO, J. and VILJANEN, M. The gastric evacuation rate of vendace (*Coregonus albula* L.) larvae predated on zooplankters in the laboratory. *Aquaculture*, v.96, p.343-351,1988.
- KING, E.J., GARNER, R.J. Colorimetric determination of glucose. *Journal of Clinical Pathology*, v.1, p.30-44, 1947.
- KOLOK, A.S., RONDORF, D.W. Effect of differential gastric evacuation and multispecies prey items on estimates of daily energy intake in juvenile chinook Salmon. *Environm. Biol. Fish.*, v.19, n.2, p.131-137, 1987.
- LAGERSPETZ, K.Y.H. Temperature acclimation and nervous systems. *Biol. Rev.*, v.49, p.477-514, 1974.



LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: SAVIER, 1991. 725P.

LI, M. and LOVELL, R.T. Comparison of satiate feeding and restricted feeding of channel catfish with various concentrations of dietary protein in production ponds. *Aquaculture*, v.103, p.165-175, 1992.

MAGALHÃES, A.C. *Monografia brasileira para peixes fluviais*. São Paulo, Ed. Graphicars, p.260, 1931.

MILNE, R.S., LEATHERLAND, J.F., HOLUB, B.J. Changes in plasma thyroxine, triiodothyronine and cortisol associated with starvation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Env. Biol. Fishes*, Dordrecht, v.4, n.2, p. 185-190, 1979.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Washington. *Nutrient requirements of warmwater fishes*. National Academy of Science , 1977, 78p.

OLIVEIRA, E.G. Influencia do sexo e das épocas do ano sobre parâmetros biométricos, bioquímicos e hormonais em pacu (*Piaractus mesopotamicus*), mantido em cativeiro. Tese (Zootecnia - FCAV- UNESP, Campus de Jaboticabal), 1997, 115p.

OLIVEIRA, E.G. Variações sazonais em parâmetros metabólicos do tambacu (Fêmea *Colossoma macropomum* x Macho *Piaractus mesopotamicus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia - FCAV- UNESP, Campus de Jaboticabal), 1993, 92p.

- OTTOLENGHI, C., PUVIANI, A.C., BRIGHENTI, L. Glycogen in liver and other organs of catfish (*Ictalurus melas*): Seasonal changes and fasting effects. *Comp. Bioch. and Phys.*, v.68<sup>A</sup>, p. 313-321, 1981.
- PARRISH, D.L. , MARGRAF, F.J. Gastric evacuation rates of white perch, *Morone americana*, determined from laboratory and field data. *Environm. Biol. Fish.* v.29, n.2, p.115-158, 1990.
- PASTOUREAUD, A. influence of starvation at low temperatures on utilization of energy reserves, appetite recovery and growth character in sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, v.99, p. 167-178, 1991.
- PERSON,L. The effects of temperature and different food organisms on the rate of gastric evacuation in perch (*Perca fluviatilis*). *Fresh. Biol.* v.9, p.99-104,1979.
- PIPER, R.G. McELWAIN, I.B. ORME, L.E., McCRAREN, J. P., FOWLER, L.G. and LEONARD,J.R. *Fish Hatchery Management*, 2nd ed. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., pp. 210-211, 1982.
- PLISETSKAYA, E.M. Fatty acids levels in blood of cyclostomes and fish. *Env. Biol. Fish*, v.5, p. 273-290, 1980.
- POSSOMPES, B.D.; BERGOT, P. et LUQUET, P. Mise au point d'une méthode d'étude du transit gastro-intestinal chez la truite ar-en-ciel *Salmo gairdneri*

- Richardson: Influence du nombre de repas, des quantités ingérées et de la température d'acclimatation. *Ann. Hydrobiol.*, v.6, n.2, p.131-143, 1973.
- REYNA-KURTZ, M.J. *Estudo experimental da evacuação gástrica de *Paralichthys brasiliensis* (TELEOSTEI: SCIAENIDAE) do ecossistema costeiro de Ubatuba - São Paulo*. Dissertação (Mestrado em oceanografia Biológica - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo), 1993. 134p.
- ROBERTS, R. *Patologia de los Peces*. Versión Española de M. Carmem Blanco Cachafeiro. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 235-240, 235-321, 1981
- SAINSBURY, K.J. Estimation of food consumption from field observations of fish feeding cycles. *J. Fish Biol.* 291:23-36.1986.
- SALVATORE, S.R.; MUNDAHL, N.D. and WISSING, T.E. Effect of water temperature on food evacuation rate and feeding activity of age - 0 gizzard shad. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.116, p. 67-70, 1987.
- SANTOS, J. dos; JOBLING, M.; DOS SANTOS, J. Factores affecting gastric evacuation in cod, *Gadus morhua* L., fed single-meals of natural prey. *Journ. Fish Biol.* v.38, n.5, p. 697- 713, 1991.
- SILVA, A. J. da. Aspectos da alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (BERG,1895) (Pisces, Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. UFRJ. Rio

- de Janeiro - RJ, 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia), 1985.
- SIMPSON, A.L., METCALFE, N.B., HUNTINGFORD, F.A., THORPE, J.E. Pronounced seasonal differences in appetite of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*: Effects of nutritional state and life-history strategy. *Funct. Ecol.* v.10, n. 6, p. 760-767, 1996.
- SIMS, D.W. , DAVIES, S.J. Does specific dynamic action (DAS) regulate return of appetite in the lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula*? *J. Fish Biol.* v.45, p. 341-348, 1994.
- SINGH, R.P. , SRIVASTAVA, A.K. Satiation time, gastric evacuation and appetite revival in *Heteropneustes fossilis* (Bloch) (Siluriformes : Pisces). *Aquaculture*, v.49, n.3/4, p.307-313, 1985.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. *Limnologia e a piscicultura*. Ciência Zootécnica. Centro de Aqüicultura da UNESP. *Bol. Técnico*, n.1, 72p. 1995.
- SOUZA, V. L., *Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no metabolismo de pacus juvenis (Piaractus mesopotamicus)*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1994. 163p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- STEFFENS, W. Protein utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and carp (*Cyprinus carpio*): A brief review. *Aquaculture*, v.23, p.337-345, 1981.

- SUAREZ, R.K., MOMMSEN, T.P. Gluconeogenesis in teleosts fishes. *Can. J. Zool.*, v.65, p. 1869-1882, 1987.
- TACON, A.G.J. Aquaculture nutrition and feeding. A practical approach to research and development. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE AQUICULTURA, 6. *Anais...*, Florianópolis - SC, 1988. 18p. (Palestra).
- TASHIMA, L., CAHILL Jr., G.F. Effects of insulin in the toadfish, *Opsanus tau*. *Gen. Comp. Endocr.*, Duluth, v.11, p.262-271, 1968.
- VAHL, O. An hypothesis on the control of food intake, in fish. *Aquaculture*, v.17, p.221-229, 1979.
- WAGNER, P.M. *Efeito da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta dietário no desempenho de produção do pacu (Piaractus mesopotamicus)*. Trabalho de graduação . (em Zootecnia) FCAV, Jaboticabal, UNESP, 69p.
- WEATHERLEY, A.H., GILL, H.S. *The biology of fish growth*. London: Academic Press, 1987, 443p.
- WINDELL, J.T. *Food analysis and rate of digestion*. In: RICKER, W.E. (ed). *Methods for assesment of fish production in fresh waters*. London: Willner B., 313p. 1968.