

## Influência da sazonalidade na mobilização das reservas de glicogênio do peixe elétrico *Gymnotus carapo* Miller, 1966 (Osteichthyes, Gymnotidae)

Carlos Alberto da Silva<sup>1</sup> & Murilo Massaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor da Faculdade de Ciências da Saúde – UNIMEP - Rua Salomão Mussi, 381 - Barão Geraldo – Campinas – SP. CEP: 13084-780. [casilva@unimep.br](mailto:casilva@unimep.br)

<sup>2</sup> Biólogo - UNIMEP

**Abstract:** Seasonality influence in glycogen reserves mobilization of the electric-fish *Gymnotus carapo* Miller, 1966 (Osteichthyes, Gymnotidae). The purpose of this work was to evaluate the seasonality of *Gymnotus carapo* Miller, 1966 hepatic (HR) and muscular (MR) glycogen reserves. The animals were divided in groups (n=30): spring (S), summer (Su), autumn (A) and winter (W). The glycaemia and glycogen reserves were evaluated. The statistical analyze was realized by ANOVA and Tukey test ( $p < 0,05$ ). The HR were reduced in inter-stations (Su/A: 23,06%, A/W: 81,79%) and the MR were increased between S/Su (152%) and were reduced between Su/A (46,03%) and A/W (79,41%), only in S was observed the greatest reserves. The environmental temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) was kept constant between S/Su ( $26,8 \pm 2,5$ ) and reduced between Su/A ( $24 \pm 2,1/19 \pm 2,5$ ) and A/W ( $20,6 \pm 1,4/19,3 \pm 1,4$ ). The glycaemia was reduced only in A and W. Therefore, the glycogen reserves modified according to environmental variations showing the greatest reserves in periods of higher temperature, important aspect in methodology development of intensive creation of *G. carapo* in captivity.

**Key words:** *Gymnotus carapo*, seasonality, glycogen.

**Resumo:** A proposta deste estudo foi avaliar a sazonalidade das reservas de glicogênio hepático (HR) e muscular (MR) de *Gymnotus carapo* Miller, 1966. Os animais foram divididos em grupos (n=30): primavera (P), verão (V), outono (O) e inverno (I). A glicemia e reservas de glicogênio foram avaliadas. A análise estatística realizada foi ANOVA seguida pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As HR estavam reduzidas nas inter-estações (V/O: 23,06%, O/I: 81,79%) e as MR sofreram um aumento entre P/V (152%) e reduções entre V/O (46,03%) e O/I (79,41%), apenas na P foram observadas as maiores reservas. A temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) manteve-se constante entre P/V ( $26,8 \pm 2,5$ ) e reduziu entre V/O ( $24 \pm 2,1/19 \pm 2,5$ ) e O/I ( $20,6 \pm 1,4/19,3 \pm 1,4$ ). A glicemia reduziu apenas no O e I. Entretanto, as reservas de glicogênio modificaram de acordo com as variações ambientais apresentando maiores reservas nos períodos com temperatura elevada, um importante aspecto para o desenvolvimento de metodologias de criação intensiva de *G. carapo* em cativeiro.

**Palavras-chave:** *Gymnotus carapo*, sazonalidade, glicogênio.

### INTRODUÇÃO

A tuvira (*Gymnotus carapo* Miller, 1966) tem vários nomes populares, como carapó, tira-faca, ituí-

pinima, ituí-terçado, entre outros, e na fase adulta, atinge de 30 a 60 centímetros de comprimento sendo uma espécie carnívora, que se alimenta de pequenos peixes, larvas e insetos, e geralmente, habi-

tam plantas aquáticas, tipo aguapés, sendo acostumadas, na natureza, a viver em ambientes quentes entre 26 e 28°C. Por ser um poiquilotérmico, as funções orgânicas se ajustam constantemente de acordo com a sincronia microritmos/mudanças ambientais, influenciando nas funções fisiológicas (ARDANAZ *et al.*, 2001).

O padrão metabólico dos poiquilotérmicos é constantemente ajustado, de acordo com as variações nas condições ambientais dos micros e macroambientes, variações na temperatura, alterações na disponibilidade de alimento imprimindo comportamentos específicos frente à flutuação da atividade metabólica, inserção de períodos de reprodução, alteração no índice de ingestão e na atividade de locomoção (ANOKHIN, 1974; CIPOLLA *et al.*, 1988; MARIQUES & MENNA-BARRETO, 1997).

Estudos realizados na década de 90 demonstraram que a temperatura ambiente influencia diretamente na atividade do sistema endócrino, bem como na regulação das vias metabólicas (FENOGLIO *et al.*, 1992; SCAPIN & DI GIUSEPPE, 1994). Neste aspecto, foi demonstrado que, modificações na temperatura têm relação direta com o comportamento do sistema endócrino sendo que temperaturas mais elevadas induzem aumento na insulinemia e na atividade da enzima glicogênio sintetase. Por outro lado, em baixas temperaturas, a concentração plasmática dos hormônios contra-reguladores da insulina e a atividade da enzima glicogênio fosforilase torna-se maior, sugerindo influência sazonal no controle de funções neuroendócrinas (SCAPIN & GIUSEPPE, 1993; 1994).

Com relação a comportamento bioecológico, merece destaque que, a tuiara está sendo predada de maneira descontrolada e irracional, já sendo evidenciadas alterações na estrutura das populações e no ambiente onde são capturadas para serem vendidas como isca viva na pesca quer na sua modalidade profissional ou esportiva (CYRINO & KUBITZA, 1988; FURTADO, 1995; VAZZOLER & AGOSTINO, 2001).

Tem sido demonstrado que os peixes mantêm as reservas de glicogênio elevadas como estratégia metabólica visando à sobrevivência frente às mudanças ambientais (MORAES *et al.*, 1996; 1998; BIDINOTTO *et*

*al.*, 1997). Recentemente, MORAES *et al.* (2002) contribuíram para o conhecimento da fisiologia da *G. carapo*, determinando parâmetros bioquímicos importantes para o entendimento das relações ecofisiológicas da espécie.

Algumas propostas de criação de tuiaras em cativeiro foram testadas, no entanto, não há consenso com relação à metodologia ideal do manejo, visto a escassez de estudos que sejam norteadores no desenvolvimento de metodologias e estratégias de manipulação do plantel (ZAVALA, 2000; VAZZOLER & AGOSTINHO, 2001).

A crescente e constante demanda por iscas naturais nas regiões onde ocorre pesca amadora, traz consigo alguns impactos ambientais e sócio-econômicos que, muitas vezes, geram conflitos entre os diferentes usuários dos recursos naturais. Entre os principais impactos, pode-se citar a pressão sobre os estoques naturais das espécies utilizadas como iscas naturais; desenvolvimento da atividade de coletores de iscas geralmente em caráter informal e com baixas condições de saúde e segurança para trabalhar; alterações bioecológicas onde ocorre a captura; altas taxas de mortalidade desde a coleta até o destino final (pescador amador).

Considera-se importante que, a comercialização de iscas vivas para a pesca profissional e amadora é regulamentada pela lei nº 1.910, de 01 de dezembro de 1998, publicado no D.O.E. dia 02/12/98, no entanto, um fato importante a se considerar é a necessidade de estudos aprimorados que produzam informações que possam contribuir para o entendimento da fisiologia da espécie *G. carapo* que venham auxiliar na aquisição e desenvolvimento de metodologias de manejo que permitam uma criação intensiva em cativeiro de forma sustentável, visando aumentar a oferta de iscas vivas cultivadas, reduzindo com isso, a pesca predatória e minimizando a captura na natureza e suprimindo a demanda gerada pelo turismo da pesca.

Diante do exposto, a proposta deste trabalho foi avaliar o comportamento das reservas hepáticas e musculares de glicogênio durante as estações do ano no intuito de contribuir para o entendimento da fisi-

ologia da espécie e fornecer parâmetros bioquímicos que auxiliem no desenvolvimento de metodologias de criação em cativeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas tuviras (*G. carapo*) adultas, de ambos os sexos, adquiridas na região de Americana-SP (latitude 22,7391°, longitude 17,33139°, altitude 545m) durante o ano de 2004. Os peixes foram transportados da região de aquisição até a Universidade Metodista de Piracicaba (60 km) em caixas plásticas (50x40x17cm) sob aeração constante e contendo seis animais/caixa. Os peixes foram posteriormente divididos em quatro grupos experimentais denominados: Primavera, Verão, Outono, Inverno (n=30/estação).

De acordo com a periodicidade das estações do ano, as tuviras foram decapitadas e o sangue coletado para avaliação da concentração plasmática de glicose através de kit de aplicação laboratorial (Celm-Reactoclin). A seguir, amostras do fígado e do músculo branco foram retiradas para avaliação do conteúdo de glicogênio, segundo o método proposto por Siu *et al.* (1974) e os valores foram expressos em mg/100mg de tecido úmido. Na análise estatística, foram utilizadas a ANOVA seguida do teste de Tukey sendo fixado como nível crítico  $p < 0,05$  (5%).

## RESULTADOS

Inicialmente, apresentamos as condições meteorológicas coletadas durante as diferentes estações do ano para que possa nortear as observações do padrão de sazonalidade. A tabela 1 apresenta as variáveis das condições meteorológicas durante o período de amostragem, onde se destacam as temperaturas (°C), máxima e mínima, durante o período de amostragem experimental. Ao se considerar as temperaturas médias no período primavera/verão, não foram observadas diferenças significativas (primavera:  $26,8 \pm 2,5^\circ\text{C}$  X verão:  $25 \pm 2,1^\circ\text{C}$ ). Por outro lado, ao se comparar às temperaturas da primavera com a do outono, foi observada redução significativa na temperatura (primavera:  $26,8 \pm 2,5^\circ\text{C}$  X outono:  $19 \pm 2,1^\circ\text{C}$ ), a qual foi ainda menor comparada ao inverno (primavera:  $26,8 \pm 2,5^\circ\text{C}$  X inverno:  $16,5 \pm 2,2^\circ\text{C}$ ).

A análise dos dados mostrou que o conteúdo hepático de glicogênio (mg/100mg) manteve-se elevado e indiferente durante as estações primavera e verão (primavera:  $41,75 \pm 0,04$  X verão:  $38,08 \pm 0,01$ ) e se modificou concomitante às mudanças das estações havendo redução de 23,06% se comparado ao outono (primavera:  $41,75 \pm 0,04$  X outono:  $15,38 \pm 0,05$ ) e atingindo valores 81,79% menores se comparado ao inverno (primavera:  $41,75 \pm 0,04$  X inverno:  $2,80 \pm 0,4$ ) (Fig. 1).

Tabela 1. Condições meteorológicas durante o período experimental incluindo insolação (H/D), precipitação (mm), umidade relativa (%), vento máximo (m/s), temperatura máxima e temperatura mínima (°C). Os valores correspondem a média  $\pm$  epm de cada estação.

Estações	Insolação (H/D)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)	Vento máximo (m/s)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Primavera	6,0 $\pm$ 0,2	139,6 $\pm$ 6	74,2 $\pm$ 4	8,6 $\pm$ 0,2	30,4 $\pm$ 1,5	17,1 $\pm$ 0,8
Verão	7,5 $\pm$ 0,5	152,3 $\pm$ 17	84 $\pm$ 0,7	7,3 $\pm$ 0,4	29,6 $\pm$ 2,0	18,4 $\pm$ 0,4
Outono	6,0 $\pm$ 0,4	81,7 $\pm$ 11	87,5 $\pm$ 2,0	5,8 $\pm$ 0,6	20,8 $\pm$ 1,3	14,4 $\pm$ 1,6
Inverno	5,9 $\pm$ 0,4	21,3 $\pm$ 19	70 $\pm$ 5,0	5,2 $\pm$ 0,5	17,6 $\pm$ 2,0	12,1 $\pm$ 1,3

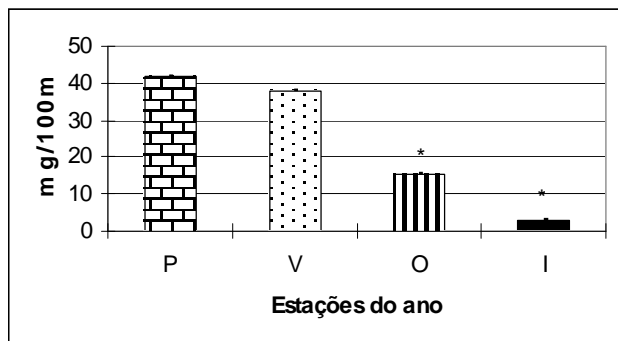


Figura 1. Concentração hepática de glicogênio (mg/100mg) de tuviras (*Gymnotus carapo*) coletadas nas quatro estações do ano: primavera (P), verão (V), outono (O) e inverno (I). Os valores correspondem a média  $\pm$  epm,  $n=30$ ,  $p<0.05$ , \* comparado à primavera.

A seguir, as reservas glicogênicas do músculo branco foram avaliadas e foi observado que houve elevação de 152% no verão (primavera:  $0,25 \pm 0,02$  X verão:  $0,63 \pm 0,01$ ), seguido de uma expressiva redução de 46,03% no outono comparado ao verão (verão:  $0,63 \pm 0,01$  X outono:  $0,34 \pm 0,05$ ), evento que progrediu para uma redução ainda maior de 79,41% quando comparado ao inverno (outono:  $0,34 \pm 0,05$  X inverno:  $0,07 \pm 0,006$ ) (Fig. 2).

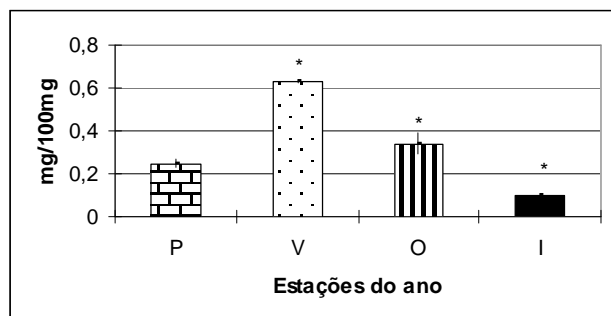


Figura 2. Concentração de glicogênio (mg/100mg) do músculo branco de tuviras (*Gymnotus carapo*) coletadas nas quatro estações do ano: primavera (P), verão (V), outono (O) e inverno (I). Os valores correspondem a média  $\pm$  epm,  $n=30$ ,  $p<0.05$ , \* comparado à primavera.

Com relação à glicemia, não foram observadas variações significativas entre as estações primavera e verão, mantendo a concentração plasmática média de  $85,9 \pm 2,8$  mg/dL. No entanto, houve uma redução de 21% com a chegada do outono, onde a glicemia média foi de  $67,7 \pm 4,0$  mg/dL, seguido de diminuição que atingiu valores 35% menores no inverno, onde a média foi de  $55 \pm 1,8$  mg/dL (Fig. 3).

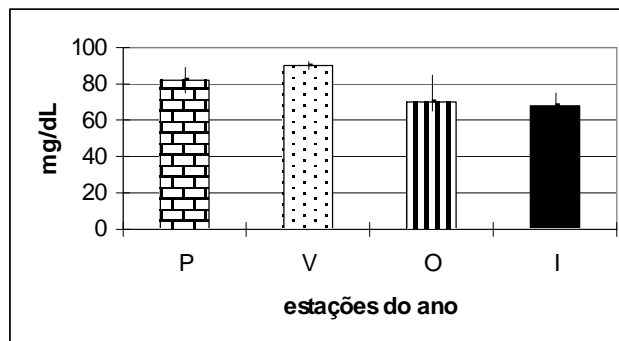


Figura 3. Concentração plasmática de glicose (mg/dL) de tuviras (*Gymnotus carapo*) coletadas nas quatro estações do ano: primavera (P), verão (V), outono (O) e inverno (I). Os valores correspondem a média  $\pm$  epm,  $n=30$ ,  $p<0.05$ , \* comparado à primavera.

## DISCUSSÃO

Desde o início da humanidade, a pesca vem sendo praticada como uma atividade de subsistência do homem desempenhando papel fundamental enquanto componentes do ecossistema, participando da ciclagem de nutrientes, do fluxo de energia na cadeia alimentar e como fonte de alimento (CEREJIDO, 1988).

Em função de sua expressiva diversidade de espécies, a ictiofauna tornou-se alvo de inúmeras pessoas que se deslocam pelo país, na busca de observar a vida selvagem, desfrutar do ambiente natural, descansar e, sobretudo, desfrutar da pesca esportiva. Neste sentido, um aspecto importante que deve ser enfatizado é que, concomitante ao crescimento da pesca esportiva, foi desencadeado a atividade predatória descontrolada que ameaça a conservação de algumas espécies utilizadas como isca e que não são criadas em cativeiro.

Recentemente, MORÃES *et al.* (2002) estudaram aspectos endócrinos das tuviras e demonstraram que estes peixes apresentam modificações hematológicas e metabólicas concomitante a mudanças na quantidade de oxigênio disponível, sugerindo ainda, que as reservas glicogênicas são extremamente importantes, estando envolvidas em primeiro momento no ajuste metabólico e no ciclo desenvolvimento/manutenção de funções orgânicas. Neste sentido, nosso estudo mostra a influência sazonal na formação das reservas hepáticas de glicogênio, onde foi observada elevação destas reservas energéticas nos perío-

dos de maior temperatura, seguida de mobilização na presença de temperaturas mais baixas como rege a hipótese de depressão metabólica (RENAUL & MOON, 1980; MOOSE, 1980; MORAES *et al.*, 1996).

Com relação ao reservatório muscular de glicogênio, nosso estudo constatou uma expressiva elevação nas reservas durante o verão, apontando tanto para respostas endócrino-metabólicas que permitem uma intensa formação destas reservas, quanto a respostas no âmbito comportamental, cuja função seria propiciar melhores condições energéticas que permitam um maior deslocamento do animal, visando à reprodução ou a busca de alimento enquanto fenômeno preparatório da formação dos principais reservatórios energéticos que permitem a sobrevivência nos períodos com temperaturas mais baixas (PIMENTA-SOUZA *et al.*, 1976; MORAES, 1998).

Ao se analisar a concentração plasmática de glicose no âmbito sazonal, não foi observada diferença significativa entre as estações, o que pode sugerir a adaptação da espécie às pequenas variações tropicais ou ainda mostrar que, frente à variação na temperatura ambiente, dentro do nosso período de observação, não se faz necessário o desenvolvimento de crioproteção. Os dados sugerem ainda que, no desenvolvimento de metodologias de criação de tuviras em cativeiro, diferentes parâmetros físicos devem ser contemplados, dentre eles, a temperatura ambiente, para que se possam obter as melhores relações bioecológicas.

As tuviras (*G. carapo*) apresentaram modificações nas reservas glicogênicas de acordo com as variações climáticas, principalmente considerando-se a temperatura ambiente, sugerindo que os métodos de criação intensiva em cativeiro devem considerar a manutenção dos animais em temperatura média mais elevada para propiciar a maior eficiência na relação ingestão/disponibilidade de substratos energéticos/crescimento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDANAZ, J.L.; SILVA, A. & MACADAR, O. 2001. Temperature sensitivity of the electric organ discharge waveform in *Gymnotus carapo*. *Comparative Physiology Neuroethology Sensorial Neural and Behavioral Physiology* 187(11): 853-64.
- ANOKHIN, P.K. 1974. *Biological roots of the conditioned reflex ant its role in adaptive behavior*. Pergamon Press.
- BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G. & SOUZA, R.H.S. 1997. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical fresh water teleost fish: a procedure for field determinations of micro samples. *Boletim Técnico CEPTA* 10:53-60.
- CEREJIDO, M. 1983. La vida y el tiempo. *In*: CEREJIDO, F.B.(ed.). *Del tiempo, Cronos, Freud, Einstein y los genes*. Folios Ediciones, México.
- CIPOLLA, J.; MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L.S. 1988. *Introdução ao estudo de cronobiologia*. Icone Editorial. 270p.
- CYRINO, J.E.P. & KUBITZA, F. 1998. *Piscicultura*, Coleção Agroindústria, Editora Sebrae.
- FENOGLIO, C.; BERNOCCHI, G. & BARNI, S. 1992. Frog hepatocyte modifications induced by seasonal variations: A morphological and cytochemical study. *Tissue and Cell* 24 (1): 17-29.
- FURTADO, J.F.R. 1995. *Piscicultura*. Editora Livraria e Editora Agropecuária. 180p.
- MARQUES, N. & MENNA-BARRETO, L. 1997. *Cronobiologia: Princípios e Aplicações*. EDUSP- SP. 448p.
- MENNA-BARRETO, L. 1991. O tempo biológico. *Boletim de Psicologia* 41(94/95):1-3.
- MOOSE, P.R.L. 1980. An investigation of gluconeogenesis in marine teleoste and the effect of long-term exercise on hepatic gluconeogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology* 67:583-592.
- MORAES, G.; AVILEZ, I.M.; ALTRAN, M. & BARBOSA, C.C. 2002. Biochemical and hematological responses of the banded Knife fish *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) exposed to environmental hypoxia. *Brazilian Journal of Biology* 62(4A):633-640.
- MORAES, G.; OLIVEIRA, M.B. & RANTIN, F.T. 1996. The metabolic pattern change of *Hoplias marabalicus* from normoxia to hypoxia conditions. *Revista Brasileira de Biologia* 56(2): 1491-1496.
- MORAES, G.; CHIPPARI, A.R.; GUERRA, C.D.R.; GOMES, L.C. & SOUZA, R.H.S. 1997. Immediate changes on metabolic parameters of the freshwater teleost fish *Piaractus mesopotamicus* (pacu) under severe hypoxia. *Boletim Técnico CEPTA*. 10:45-52.
- MORAES, G.; CATONNY, E.B. & SOUZA, R.H.S. 1998. Metabolism responses of the teleost *Hoplias marabalicus* in high levels of environmental nitrite. *Revista Brasileira de Biologia* 58(1):105-113.

- PIMENTA-SOUZA, R.F.; PEREIRA, J.B. & ALVARENGA, N.P. 1976. Comportamento, termoregulação e aclimatação em temperaturas elevadas do peixe elétrico *Gymnotus*. *Ciência e Cultura* 28: 940-944.
- RENAUDS, J.M. & MOON, T.W. 1980. Characterization of gluconeogenesis in hepatocytes isolated from the American eel, *Anguilla rostrata* Leseur. *Journal of Comparative Physiology* 135: 115-125.
- SCAPIN, S. & DI GIUSEPPE, G. 1993. Glycogen phosphorylase activity in the liver of the frog *Rana esculenta*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 105(B): 401-402.
- SILVA, A.P.S. 2000. *Piscicultura*. Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora.
- SIU, L.O.; RUSSEAU, J.C.; TAYLOR, A.W. 1970. Determination of glycogen in small tissue samples. *Journal of Applied Physiology* 28 (2): 234-236.
- VAZZOLER, M.; AGOSTINHO, A.A. & HAHN, N.S. 2001. *Biologia da reprodução de peixes: Teoria e Prática*. Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- ZAVALA, C. 2000. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Editora da Universidade Estadual de Maringá.

Recebido: 05/12/2005

Revisado: 09/03/2006

Aceito: 17/04/2006