

# Metabolismo e respiração do peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*)<sup>(1)</sup>

G. J. Gallivan<sup>(2)</sup>

R. C. Best<sup>(3)</sup>

## Resumo

Estudo da respiração e metabolismo de peixes-bois da Amazônia (*Trichechus inunguis*) pesando entre 20 e 170 kg. Esses animais têm uma taxa metabólica baixa, 0,36 vezes daquele prognosticado pela equação de Kleiber (1975) para mamíferos placentários. Eles têm também uma frequência respiratória e ventilação minuto muito baixas e extração de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> altos. O tempo médio de mergulho foi menos de 2 minutos, mas mergulhos de mais de 10 minutos de duração foram notados. Tempos de mergulhos seqüenciais mostraram um certo padrão, somente no fato de que um mergulho prolongado é seguido por mergulhos de curta duração.

## INTRODUÇÃO

Scholander & Irving (1941) conduziram o único estudo amplo de metabolismo e respiração em Sirênios. Eles verificaram que o peixe-boi da Flórida (*Trichechus manatus*) apresentava uma taxa metabólica e ventilação minuto baixas e uma extração de O<sub>2</sub> alta. Como eles também encontraram volumes sangüíneos e concentrações de hemoglobina e mioglobina baixos, em relação a outros mamíferos marinhos, a taxa metabólica baixa foi considerada como sendo o fator que permitia aos peixes-bois mergulhos de mais de 16 minutos de duração.

As baixas concentrações de hemoglobina e mioglobina, medidos por Scholander & Irving, têm sido encontradas por outros pesquisadores (Blessing, 1972; White *et al.*, 1976; Farmer *et al.*, 1979), mas não há nenhuma informação de medidas de outros parâmetros, desde o trabalho original de Scholander e Irving (1941). O presente estudo é um reexame de suas medidas de metabolismo e ventilação. Contudo,

em contraste com o estudo de Scholander & Irving (1941), que usaram animais presos e amarrados, os animais de nosso estudo podiam mergulhar livremente como eles preferissem. Tal situação fornecia valores próximos aos encontrados sob condições naturais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido, utilizando-se 6 peixes-bois da Amazônia (*Trichechus inunguis*) que foram capturados quando "bezerros" e mantidos em cativeiro. As características físicas dos animais são mostradas na Tabela 1.

As medidas foram tomadas com os animais em um tanque de 2,75 X 1,75 m com água de uma profundidade de 1,0 m. Para restringir a natação livre dos 5 animais menores, uma divisão reduziu ainda mais as dimensões do tanque para 2,3 X 0,8 m. A temperatura da água no tanque variava entre 26° e 29° C que eram similares às temperaturas nos grandes tanques externos onde normalmente os animais eram mantidos.

Durante as medidas, o tanque era coberto por uma chapa de madeira compensada, submersa a 5 cm. Uma parte da madeira compensada foi substituída por uma placa de acrílico contendo uma máscara respiratória, como mostra a Fig. 1. No experimento inicial, com os animais de nº 11, 13, 16 e 19, válvulas "V" (Warren E. Collins, Braintree, Massachusetts) foram adaptadas à máscara. Contudo, estas eram resistentes aos grandes fluxos de ar e no experimento posterior foram substituídas por válvula tipo Lloyd, construída em nossa oficina. A válvula tipo Lloyd apresentava uma resistência menor que 1 cm H<sub>2</sub>O, enquanto os

(1) — Versão original inglesa publicada em *Physiological Zoology* 53 (3): 245-253. University of Chicago Press.

(2) — Department of Anaesthesia, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canadá.

(3) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

TABELA 1 — Características físicas dos peixes-bois utilizados neste estudo.

ANIMAL (N.º)	SEXO	NÚMERO DE COLETAS	PESO (KG)	COMPRIMENTO* (CM)	IDADE (ANO)
01	M	19 7	80 87	162	5
11	M	17 7	35 36	129	1
13	M	20 8	88 105	177	2
16	M	13 7	51 65	143	1
18	M	20 8	164 177	220	ca 8
19	M	12	20	113	1

(\* ) — O comprimento foi medido ao longo da curvatura dorsal, da ponta do nariz à ponta da cauda.

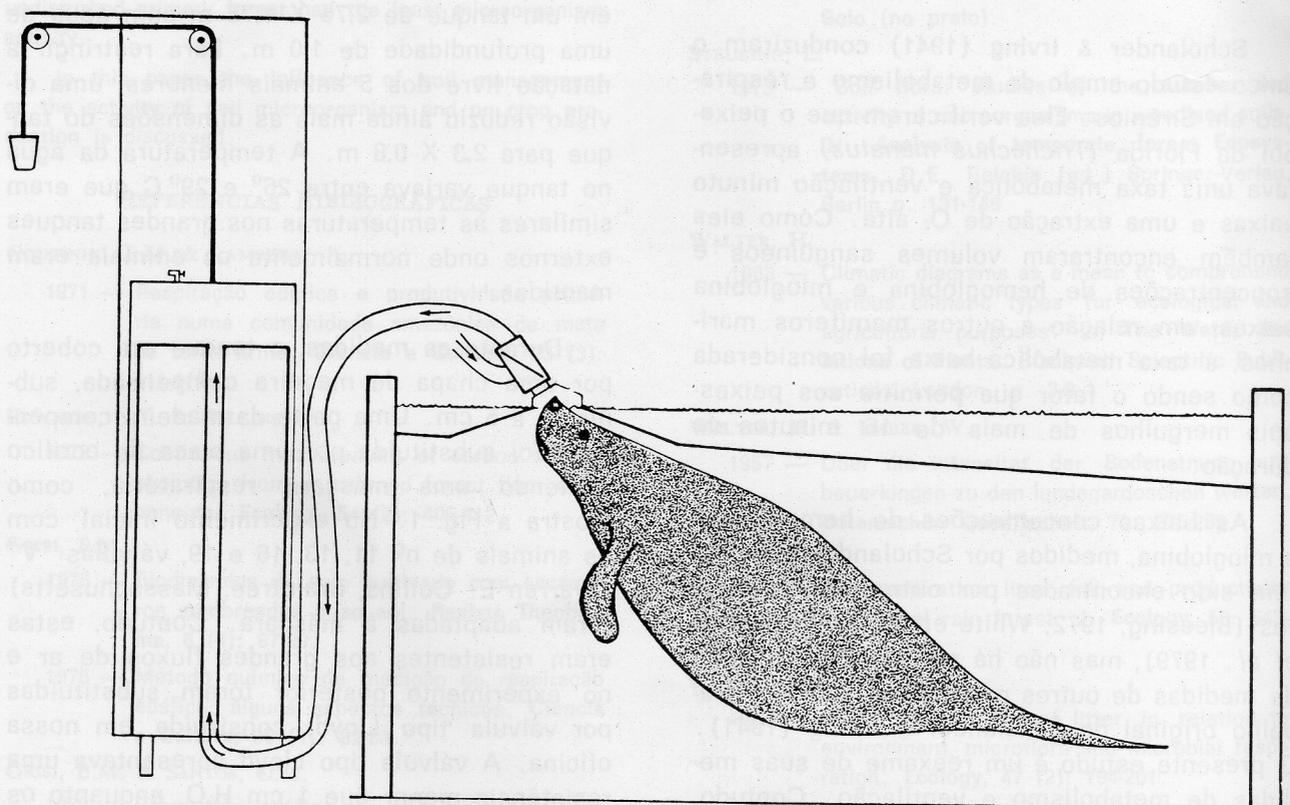


Fig. 1 — Desenho do sistema de tanques e espirômetro utilizados para se tomarem as medidas metabólicas e respiratórias.

animais estavam respirando. O espaço morto máximo da máscara da válvula tipo Lloyd era de 250 ml.

O lado expiratório das válvulas era conectado por encanamento PVC ao espirômetro, para a coleta das amostras do gás expirado. O conteúdo de  $O_2$  e  $CO_2$  dessas amostras foi determinado utilizando-se um analisador Scholander 0,5 cc (Scholander, 1947).

#### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Um registro diário constante foi usado durante o experimento. Aproximadamente às 21:00 h da noite precedente, a profundidade da água era ajustada a 0,8 m e a placa de madeira compensada era abaixada, a uma posição que deixava um espaço aéreo de 0,15 m entre a placa e a água. Às 08:00 horas da manhã do experimento, o tanque era cheio até o nível da máscara. O animal era, então, deixado por aproximadamente 2 h para se ajustar à situação, antes de se iniciarem as coletas de gás. As coletas de gás foram feitas por períodos de 30 min., com um mínimo de 30 min. entre as coletas. Normalmente, havia 4 períodos de coletas por dia, mas o número variava entre 2 a 5. Durante os períodos de coleta, um observador anotava a duração entre as respirações e o volume de cada expiração.

O experimento era coletado às 15:00 h de cada dia. Depois disso, o tanque era limpo e o animal alimentado. Para minimizar o efeito da ação dinâmica específica, qualquer resto de comida era removido antes de a placa ser baixada, em preparação para os experimentos dos dias seguintes.

Com exceção do nº 19, todos os animais foram testados em duas ocasiões separadas (Tabela 1). O teste inicial com o animal nº 11 foi conduzido para definir o tempo requerido por um indivíduo para aclimar-se à situação do experimento. As coletas de gases começaram no primeiro dia em que o animal foi introduzido à situação de experimento e continuado por 8 dias consecutivos. Baseado nos resultados obtidos com esse animal, um mínimo de 3 dias foi dado para a aclimação, antes das coletas de gases serem feitas com qualquer dos outros animais.

#### RESULTADOS

Os resultados das medidas das séries iniciais com o animal nº 11 são mostrados na Figura 2. Teste de aleatorização seqüencial, usando o teste de diferença sucessiva pelo processo dos quadrados mínimos (Zar, 1974), mostraram volume corrente ( $V_T$ ) e proporção da troca respiratória ( $R$ ) foram aleatórios no tempo, mas consumo de oxigênio ( $V_{O_2}$ ), frequência respiratória ( $f_R$ ) e ventilação ( $V_E$ ) não o foram. O teste de Duncan (Zar, 1974) mostrou que valores para  $V_{O_2}$ , nos dois primeiros dias, diferiram significativamente dos valores dos dias subseqüentes. Os valores para  $f_R$  e  $V_E$  nos três primeiros dias foram significativamente diferentes daqueles dos dias

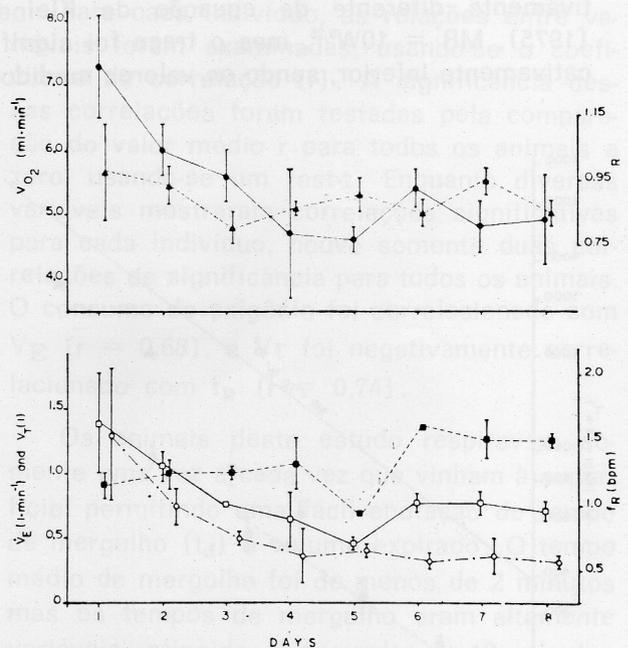


Fig. 2 — Medidas metabólicas e respiratórias obtidas com o animal n.º 11, durante a primeira série de medidas.

- No gráfico superior ○ =  $V_{O_2}$   
 ▼ =  $R$   
 No gráfico inferior ■ =  $V_T$   
 ○ =  $f_R$   
 □ =  $V_E$

As variações no  $V_{O_2}$ ,  $V_E$  e  $f_R$  com o tempo são significativas. Os valores são apresentados com média ± desvio padrão.

subseqüentes. Assim, para análises ulteriores desta série de medidas, somente valores dos últimos cinco dias foram utilizados.

A significância das mudanças no tipo de válvulas e no peso ganho pelos indivíduos, entre a primeira e segunda série de medidas, foi testada usando-se o test-t. Dentro do grupo, nenhuma diferença significativa foi notada, conseqüentemente os resultados da primeira e segunda série de medidas para cada animal foram agrupados. Os pesos foram recalculados como peso médio da primeira e segunda série.

A relação entre a taxa metabólica, expressa em Kcal/dia ( $Kcal/dia = \dot{V}O_2 (1 \cdot min^{-1}) \times 60 \text{ min.} \times 24 \text{ h} \times 4,825 \text{ Kcal.} \cdot l^{-1}$ ), e peso é mostrada na Fig. 3. A equação relacionando taxa metabólica (MR) e peso do corpo (W) foi  $MR = 30W^{0,68}$ . O expoente não foi significativamente diferente da equação de Kleiber (1975),  $MR = 10W^{0,75}$ , mas o traço foi significativamente inferior, sendo os valores medidos

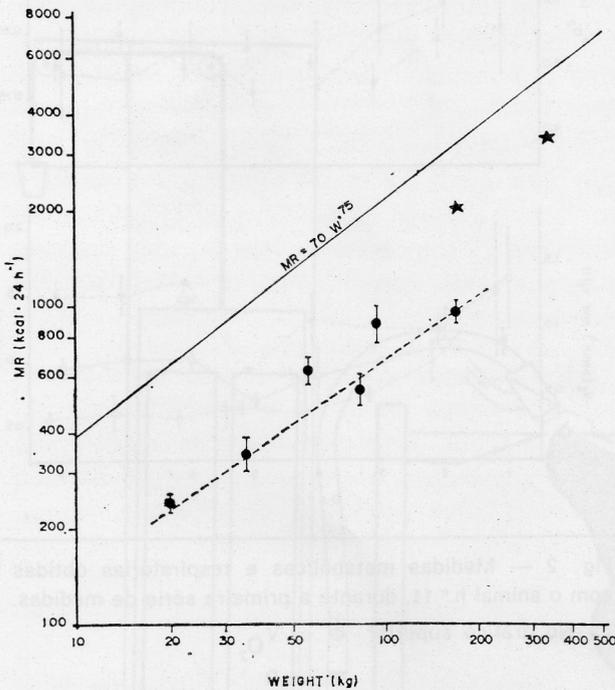


Fig. 3 — A taxa metabólica média (MR) dos animais deste estudo são relacionadas com o peso. Os valores são relacionados com a média  $\pm$  desvio padrão e a linha pontilhada é derivada da equação  $MR = 30W^{0,68}$ . A linha contínua é a equação de Kleiber (1975) para a comparação interespecífica das taxas metabólicas. As estrelas são as taxas metabólicas medidas por Scholander & Irving (1941).

igual a  $0,36 \pm 0,06$  ( $n = 6$ ) vezes daqueles prognosticados pela equação de Kleiber.

As relações entre as outras variáveis respiratórias ( $V_T$ ,  $f_R$ ,  $V_E$ , R), diferença entre  $O_2$  inspirado e expirado ( $F_I - E_{O_2}$ ) e concentrações de  $CO_2$  ( $F_E - I_{CO_2}$ ) e peso são mostrados na

Fig. 4. A proporção de troca respiratória não foi correlacionada com peso e  $f_R$  diminuiu com o peso. Todas as outras variáveis aumentaram com o peso e os coeficientes de regressão são dados na Tabela 2.

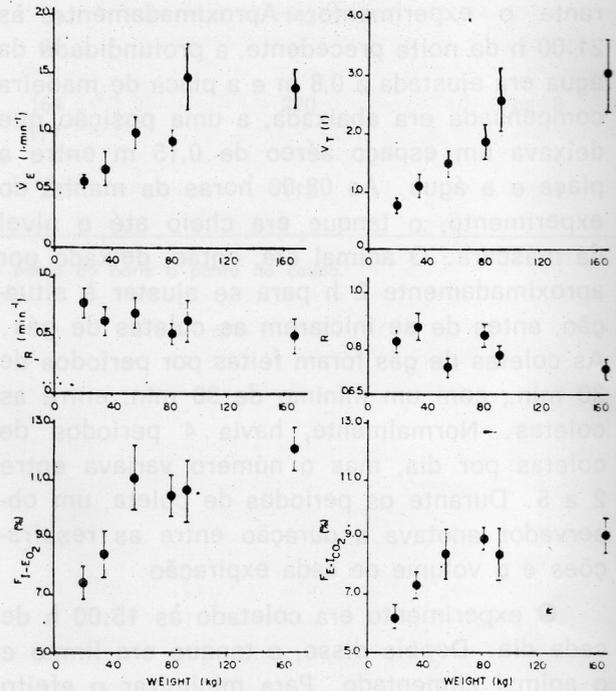


Fig. 4 — Valores para os vários parâmetros respiratórios são relacionados com o peso do animal. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão.

A pressão de  $O_2$  alveolar no término de mergulho ( $PA_{O_2}$ ) e pressão de  $CO_2$  ( $PA_{CO_2}$ ) foram calculados durante a segunda série de medidas para cada indivíduo. Os resultados são apresentados na Fig. 5. Os cálculos de  $PA_{O_2}$  e  $PA_{CO_2}$  foram feitas supondo-se que a difusão e a mistura cardiogênica produziriam uma mistura homogênea de gases dentro do pulmão e vias aéreas durante a retenção da respiração. Testes subseqüentes, nos quais

TABELA 2 — Os coeficientes de regressão para as relações entre os vários parâmetros respiratórios e peso. As equações estão na forma  $x = aW + b$ .

PARÂMETRO	N	a	b	r <sup>2</sup>	F <sub>4</sub>	EPE
V <sub>T</sub>	6	0,094	0,68	0,97	121,36	0,045
V <sub>E</sub>	6	0,14	0,46	0,85	22,42	0,072
f <sub>R</sub>	6	1,35	-0,20	0,74	11,28	0,043
F <sub>I-E O<sub>2</sub></sub>	6	3,63	0,23	0,87	27,47	0,032
F <sub>E-I CO<sub>2</sub></sub>	6	3,58	0,18	0,87	25,84	0,026

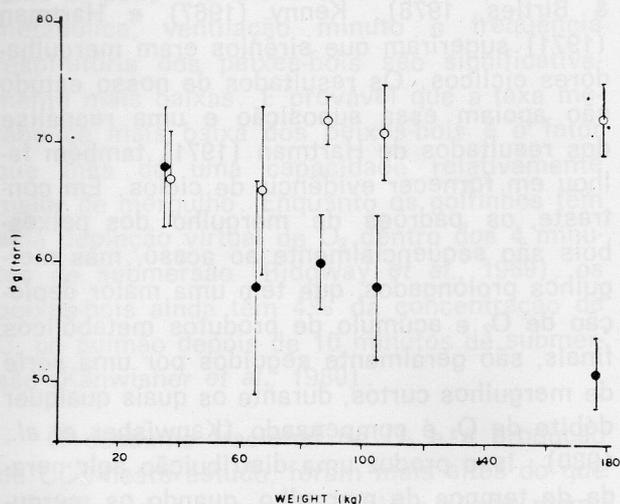


Fig. 5 — Pressão de O<sub>2</sub> alveolar de término de mergulho (○) e CO<sub>2</sub> (●) são relacionados com o peso do animal. Os valores são média ± desvio padrão.

amostras de término respiratório, por várias respirações, foram tomadas da máscara e comparadas à amostra expiratória misturada, coletada no espirômetro durante o mesmo período, confirmaram a suposição acima (Gallivan, Kanwisher & Best, não publicado). A equação de regressão para PA<sub>O<sub>2</sub></sub> versus peso foi PA<sub>O<sub>2</sub></sub> = 69 — 0,1W (r<sup>2</sup> = 0,82; F<sub>3</sub> = 14,89; EPE = 3) e para PA<sub>CO<sub>2</sub></sub> versus peso foi PA<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 65 + 0,05W (r<sup>2</sup> = 0,74; F<sub>3</sub> = 8,49; EPE = 2).

\* EPE = erro padrão do estimativo

Para cada indivíduo, as relações entre variáveis foram examinadas, usando-se o coeficiente de correlação (r). A significância dessas correlações foram testadas pela comparação do valor médio r para todos os animais a zero, usando-se um test-t. Enquanto diversas variáveis mostraram correlações significativas para cada indivíduo, houve somente duas correlações de significância para todos os animais. O consumo de oxigênio foi correlacionado com V<sub>E</sub> (r = 0,68), e V<sub>T</sub> foi negativamente correlacionado com f<sub>R</sub> (r = 0,74).

Os animais deste estudo respiravam somente uma vez a cada vez que vinham à superfície, permitindo uma fácil anotação do tempo de mergulho (t<sub>d</sub>) e volume expirado. O tempo médio de mergulho foi de menos de 2 minutos mas os tempos de mergulho eram altamente variáveis, atingido 5 segundos a 10 minutos (Fig. 6).

Para permitir um exame mais detalhado da variação seqüencial e padrões de t<sub>d</sub> e V<sub>T</sub>, 10 períodos de coletas, para cada animal, foram escolhidas. Essas variáveis foram, então, testadas por aleatorização seqüencial, periodicidade, distribuição e correlação. O teste de diferença sucessiva pelo processo dos quadrados mínimos revelou que ambas as variáveis eram seqüencialmente ao acaso, dentro do período

## DISCUSSÃO

O peixe-boi da Amazônia é caracterizado pela taxa metabólica baixa, ventilação minuto e frequência respiratória baixas, e uma tolerância para níveis baixos de  $O_2$  e nível alto de  $CO_2$ . Apesar de possuírem capacidade para realizarem mergulhos de acima de 10 minutos de duração, eles normalmente mergulham por menos de 2 minutos.

Os tempos de mergulho neste estudo eram similares àqueles apresentados por esses animais nos tanques de criação maiores e para tempos de mergulho observados em outros sirênios sob ambas as condições: natural e em cativeiro (Parker, 1922; Scholander & Irving, 1941; Kenny, 1967; Hartman, 1971; Anderson & Birtles, 1978). Kenny (1967) e Hartman (1971) sugeriram que sirênios eram mergulhadores cíclicos. Os resultados de nosso estudo não apoiam essa suposição e uma reanálise dos resultados de Hartman (1971) também falhou em fornecer evidência de ciclos. Em contraste, os padrões de mergulho dos peixes-bois são seqüencialmente ao acaso, mas mergulhos prolongados, que têm uma maior depleção de  $O_2$  e acúmulo de produtos metabólicos finais, são geralmente seguidos por uma série de mergulhos curtos, durante os quais qualquer débito de  $O_2$  é compensado (Kanwisher *et al.*, 1980). Isso produz uma distribuição aglomerada de tempos de mergulho, quando os mergulhos curtos excedem grandemente os mergulhos prolongados.

Uma comparação do comportamento de mergulho dos peixes-bois, com aquele de outros mamíferos marinhos, é difícil, pois a maioria da literatura sobre mergulho tem se concentrado nos tempos de mergulho máximo ou tratam somente de mergulhos selecionados. A literatura sobre sirênios é única e a maior parte da informação sobre função respiratória é sobre frequência respiratória e tempos de mergulho de animais livres (Dextler & Freund, 1906; Parker, 1922; Scholander & Irving, 1941; Kenny, 1967; Hartman, 1971; Anderson & Birtles, 1978). Contudo, algumas informações comparáveis estão disponíveis nos estudos de Pasche (1976), Parsons (1977) e Gallivan (1977) sobre focas. Os peixes-bois tendem a

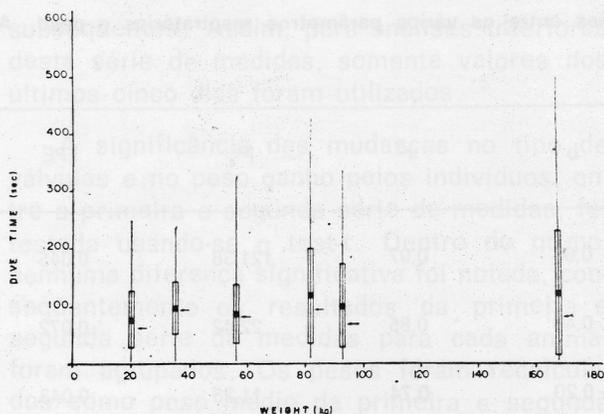


Fig. 6 — Diagrama do tempo de mergulho versus o peso do animal. As barras negras são o tempo de mergulho médio e as barras brancas são 1 desvio padrão. As linhas indicam a gama  $\lambda$  dos tempos de mergulhos observados e as setas apontam a mesma do tempo de mergulho.

de coleta. Um teste seriado aleatorizado para periodicidade (Ellis *et al.*, 1978), mostrou que nenhuma das variáveis era cíclica. Uma comparação de  $\bar{x}$  e  $s^2$  (Zar, 1974) revelou que  $t_d$  tinha uma distribuição aglomerada enquanto a distribuição de  $V_T$  era uniforme. Não foi encontrada nenhuma correlação entre  $t_d$  e  $V_T$ .

Tempos de mergulho não eram distribuídos normalmente mas eram assimétricos com a mediana sendo menor que a média (Fig. 6). Isso e a distribuição aglomerada, dentro dos períodos de coleta, indicaram que algum fator estava influenciando no tempo de mergulho. Uma possibilidade era de que o efeito restante de um mergulho prolongado poderia influenciar na duração dos mergulhos subseqüentes. Para examinar isso, os mergulhos mais longos, correspondentes a 5% dos mergulhos totais, para cada indivíduo, foram escolhidos. A duração dos 6 mergulhos seguindo mergulhos prolongados foram, então, examinados. A duração dos seis mergulhos não foram estatisticamente diferentes. O primeiro mergulho, seguindo um mergulho prolongado, foi normalmente mais curto do que os mergulhos subseqüentes, com 67% dos primeiros mergulhos, tendo menos de 1 minuto de duração. Contudo, a gama de valores era grande e mergulhos tão prolongados quanto os longos mergulhos anteriores foram notados.

fazer mergulhos mais curtos, mas essa diferença provavelmente reflete mais numa diferença no padrão respiratório do que na capacidade de mergulho. As focas respiram várias vezes depois de um mergulho, enquanto que um peixe-boi respira somente uma vez e os reajustes metabólicos seguintes ao mergulho são feitos durante uma série de mergulhos curtos, em vez de durante um período longo de respiração. Isso diminuirá grandemente o tempo médio de mergulho dos peixes-bois.

Os cetáceos, que também mergulham com inspiração (Kooyman, 1973), têm um padrão respiratório muito similar ao dos peixes-bois. O volume corrente dos peixes-bois, neste estudo, foi similar ao dos Delfinidae, na mesma faixa de peso (Karandeeva *et al.*, 1973). A taxa metabólica, ventilação minuto e frequência respiratória dos peixes-bois são significativamente mais baixas. É provável que a taxa metabólica mais baixa dos peixes-bois é o fator que lhes dá uma capacidade relativamente maior de mergulho. Enquanto os golfinhos têm uma depleção virtual de  $O_2$  dentro dos 4 minutos de submersão (Ridgway *et al.*, 1969), os peixes-bois ainda têm 4% da concentração de  $O_2$  no pulmão depois de 10 minutos de submersão (Kanwisher *et al.*, 1980).

O consumo fracional de  $O_2$  e a produção de  $CO_2$ , neste estudo, foram mais altos do que os observados para peixes-bois e outros mamíferos marinhos mantidos à superfície da água (Scholander & Irving, 1941). Os valores de  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}CO_2$  indicam que os peixes-bois

são tolerantes à severa hipoxia hipercápnica. Valores similares de  $\dot{V}O_2$  têm sido observa-

dos depois de mergulhos em focas mas os valores de  $\dot{V}O_2$  de focas são muito menores

(Gallivan, 1977). A similaridade de valores de  $\dot{V}O_2$  é um resultado da forma sigmoidal da

curva de dissociação da oxihemoglobina, enquanto que os valores mais altos de  $\dot{V}O_2$

para peixes-bois, resultam da linearidade relativa da curva de dissociação de  $CO_2$  e das proporções mais baixas de  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  de peixes-bois, comparadas às focas.

As taxas metabólicas medidas, neste estudo, são metade daquelas medidas por Scholander & Irving (1941). A diferença possivelmente é interespecífica, contudo, diferenças no procedimento experimental não podem ser ignoradas. No presente estudo, cuidados foram tomados para assegurar que os animais eram pós-absortivos e estavam aclimados à situação experimental e às condições térmicas. Em contraste, os animais usados por Scholander & Irving (1941) eram recém-capturados (menos de duas semanas) e eram presos a uma prancha para o estudo. Eles observaram uma frequência respiratória aumentada relacionada às observações feitas quando os animais eram livres. As taxas metabólicas eram similares às medidas com o animal nº 11, no seu primeiro dia de situação experimental (Fig. 2). Irving (1970) justificou o sistema de restrição física, usado por Scholander & Irving (1941), dizendo que animais restritos eram metabolicamente imperturbados porque eles aceitavam a máscara respiratória. Contudo, o animal nº 11 permaneceu calmamente durante todo o experimento, mas sua taxa metabólica, ventilação minuto e frequência respiratória declinaram significativamente durante os três primeiros dias. Um processo similar tem sido observado em focas (Gallivan, não publicado) e indica que um período de aclimação é necessário para superar a tensão associada ao experimento, mesmo com animais sujeitos a uma restrição mínima.

Não obstante a variação na idade e tamanho dos peixes-bois utilizados neste estudo, o expoente de peso específico, para taxa metabólica, não é significativamente diferente daquele da equação de Kleiber (1975). Como animais mais jovens normalmente têm uma taxa metabólica mais alta (Kleiber, 1975), esperava-se um expoente mais baixo. Contudo, Brody (1964) e Thonney *et al.* (1976) fornecem informação de que o expoente é específico para espécie e há considerável variabilidade entre espécie. O expoente deste estudo pode ser específico para peixes-bois ou pode refletir o fato de que todos os animais eram machos, consumindo uma dieta adulta.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer ao Dr. W. E. Kerr, Dr. W. J. Junk, Sr. Pedro Makiyama e ao pessoal do Projeto Peixe-Boi e Divisão de Peixe e Pesca do INPA, por seu apoio, também a Megumi Yamakoshi, pela tradução e datilografia do manuscrito e Dr. F. Pimentel de Souza pelas críticas no manuscrito. Esta pesquisa foi financiada pelo CNPq (Brasil), Vancouver Public Aquarium (Canadá), Fauna Preservation Society (UK), World Wildlife Fund (U.S) e IBDF (Brasil).

## SUMMARY

A study was made of respiration and metabolism in Amazonian manatees (*Trichechus inunguis*) weighing between 20 and 170 kg. These animals had a low metabolic rate, 0.36 times that predicted by Kleiber's (1975) equation for placental mammals. They also had a low breathing frequency and minute ventilation, and high O<sub>2</sub> extraction and CO<sub>2</sub> output. The mean dive times were less than 2 minutes but dives of up to 10 min. duration were noted. Sequential dive times exhibited a pattern only in that several short dives followed a prolonged dive.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P.K. & BIRTLES, A.  
1978 — Behaviour and ecology of the dugong, *Dugong dugon* (Sirenia): observations in Shoalwater and Cleveland Bays, Queensland. *Aust. Wildl. Res.*, 5: 1-23.
- BLESSING, M.H.  
1972 — Studies on the concentration of myoglobin in the sea-cow and porpoise. *Comp. Biochem. Physiol.*, 41A: 475-480.
- BRODY, S.  
1964 — *Bioenergetics and growth*. New York. Hafner Publ. Co. 1023 p.
- DEXTLER, H. & FREUND, L.  
1906 — Contributions to the physiology and biology of the dugong. *Am. Nat.*, 40: 49-72.
- ELLIS, B.W.; RANDALL, N.J.; BECKET, A.J.; DUDLEY, H.A.F.  
1978 — Continuous blood sampling and time series analysis in endocrine research. *J. Med. Eng. Eech.*, 2: 195-199.
- FARMER, M.; WEBER, R.E.; BONAVENTURA, J.; BEST, R.C.; DOMNING, D.  
1979 — Functional properties of the hemoglobin and whole blood in an aquatic mammal, the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 62A: 231-238.
- GALLIVAN, G.J.  
1977 — Temperature regulation and respiration in freely diving harp seals (*Phoca groenlandica*). M. Sc. Thesis, Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 60 p.
- HARTMAN, D.S.  
1971 — Behavior and ecology of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris* (Harlan), at Crystal River, Citrus County. Ph.D. Thesis. Cornell University, Ithaca, New York, 285 p.
- IRVING, L.  
1970 — Morpho-physiological adaptations in marine mammals for life in polar areas. In: Holdgate, M.W. ed. *Antarctic ecology*. New York. Academic Press, p. 455-463.
- KANWISHER, J.; BEST, R.C.; GALLIVAN, J.  
1979 — The aquatic physiology of the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). in prep.
- KARANDEEVA, O.G.; MATISHEVA, S.K.; SHAPUNOV, V.M.  
1973 — Features of external respiration in the delphinidae. In: Chapskii, K.K. & Sokolov, V.E. eds. *Morphology and ecology of marine mammals*. New York. J. Wiley and Sons, p. 196-206.
- KENNY, R.  
1967 — The breathing pattern of the dugong. *Aust. J. Sci.*, 29: 372-373.
- KLEIBER, M.  
1975 — *The fire of life*. 2 ed. New York. Kreiger Publ. Co., 453 p.
- KOORYMAN, G.L.  
1973 — Respiratory adaptations of marine mammals. *Am. Zool.*, 13: 457-468
- PARKER, G.H.  
1922 — The breathing of the Florida manatee (*Trichechus latirostris*). *J. Mammal.*, 3: 127-135.
- PARSONS, J.  
1977 — *Metabolic studies on ringed seals (Phoca hispida)*. M. Sc. Thesis. Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, 82 p.
- PASCHE, A.  
1976 — The effect of hypercapnia on respiratory characteristics and diving behaviour of freely diving seals. *Respir. Physiol.*, 26: 183-194.
- RIDGWAY, S.H.; SCRONCE, B.L.; KANWISHER, J.  
1969 — Respiration and deep diving in the bottlenose porpoise. *Science* 166: 1651-1654.
- SCHOLANDER, P.F.  
1947 — Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. *J. Biol. Chem.*, 167: 235-250.

SCHOLANDER, P.F. & IRVING, L.

1941 — Experimental investigations on the respiration and diving of the Florida manatee. *J. Cell. Comp. Physiol.*, 17: 169-191.

THONNEY, M.L.; TOUCHBERRY, R.W.; GOODRICH, R.D.; MEISKE, J.C.

1976 — Intraspecies relationship between fasting heat production and body weight: a reevaluation of  $W^{0.57}$ . *J. Anim. Sci.*, 43: 692-704.

WHITE, J.R.; HARKNESS, D.R.; ISAACS, R.E.; DUFFIELD, D.A.

1976 — Some studies on blood of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 55A: 413-417.

ZAR, J.H.

1974 — **Biostatistical analysis**. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, 620 p.

(Aceito para publicação em 07/12/80)

Em um estudo anterior (Munz, 1973), foram apre-

## MATERIAL E MÉTODOS

### LUGARES DE COLEITAS

Coleitas foram feitas em janeiro de 1977 usando-se rede, rede ou malhada em nove locais. Dadas as condições sobre a qualidade espectral e a quantidade total de luz nos locais A, B, G, I e J podem ser medidos em Munz (1973). As descrições gerais das características dos rios neste área podem ser encontradas em Myers (1947) e Siani (1967).

**Local A** — Lago Castanho, lago lateral ao rio Solimões. A água é semelhante à do próprio Solimões, sendo que contém muito material em suspensão e é muito mais limpa.

**Local B** — Foi o canal que liga o lago Castanho ao Solimões. A água era altamente turbida com material em suspensão e apresentava a mesma água do próprio Solimões.

**Local C** — Foi uma pequena ilha no Solimões, com grama onde se poderia pisar com

os pés. A água era muito limpa e transparente a estação seca. Pela marca de água nas árvores é evidente que, quando o nível da água estava alto todos os três lagos ficavam submersos e em contato direto com o Solimões e uns com os outros.

**Local I** — Era no rio Culeiras, um tributário do rio Negro, próximo da sua junção com o rio principal.

**Local J** — Foi no próprio rio Negro.

**Local K** — Foi um pequeno igarapé de água clara que entrava no rio Culeiras.

### MÉDIDAS DE ABSORVÂNCIA ESPECTRAL

As absorvâncias espectrais de pequenas áreas de retinas intactas, córneas e lentes foram medidas, usando-se o espectrofotômetro para propósitos especiais descrito em Munz (1973, 1976). Em todos os casos, os peixes eram inicialmente adaptados ao escuro durante pelo menos uma hora. As manipulações subsequentes foram efetuadas usando-se uma luz de segurança fotográfica vermelha para evitar o desbotamento dos pigmentos visuais. Morto o peixe, os seus olhos foram removidos e imediatamente as lentes dissociadas e a íris removida da córnea. As retinas eram então libertadas do epitélio do pigmento, e as amostras montadas em lâminas de microscópio em pequenos reservatórios cheios de glicerol (que reduz a dispersão de luz) e cobertas com tampas deslizantes. O espectrofotômetro incorporava uma plataforma de microscópio mecânica que permitia que as amostras fossem movidas de maneira que o ponto de medição retangular de 0,1 x 0,5 mm do instrumento corresse sobre a área a ser medida.

(1) — Department of Biology, Bowling University, Oxford.