

BIOLOGIA DA TAMBAKI-M'BOYA — LEPIDOSIREN
PARADOXA (FITZ. 1836) PEIXE, DIPNÓICO —
METABOLISMO DA GLICOSE

Paulo Sawaya e

* Naomi Shinomiya

Departamento de Fisiologia Geral e
Instituto de Biologia Marinha — Uni-
versidade de São Paulo. Caixa Postal
11230 — São Paulo, 10000, Brasil.

RESUMO

Diversas observações e experiências sobre o comportamento de Tamba-k-M'Boya — *Lepidosiren paradoxa* (Fitz, 1836) — do Amazonas foram feitas. Os espécimens coletados nos arredores de Belém do Pará foram estudados no ambiente natural e, uma vez coletados, transportados para os aquários do Museu Goeldi e depois para São Paulo, onde ficaram em aquários de cerca de 30 litros de capacidade, arejados permanentemente. Diversos peixes foram induzidos à estivação, e para isto foram colocados em aquários de 50 l de capacidade, com lama no fundo numa altura de 30 cm. A água foi retirada lentamente e o peixe imediatamente começou a enterrar-se. Na fase estival os animais permaneceram cerca de 100 dias. Para as experiências sobre o metabolismo da glicose, tanto dos peixes durante a vida aquática como dos estivados foram retirados periodicamente 2-3ml de sangue com uma seringa puncionando-se diretamente o coração. Os de vida aquática apresentaram uma variação do teor de glicose sangüínea de 28,6 a 45,4 mg%. Quando o animal estivado retornava à vida aquática, a quantidade de glicose sangüínea passava de 42 mg% a 31,7 mg%. Os resultados das diversas observações e experiências são discutidos.

BIOLOGY OF TAMBAKI-M'BOYA — *LEPIDOSIREN PARADOXA*
(DIPNOAN-FISH). METABOLISM OF GLUCOSE.

ABSTRACT

Several observations and experiments have been done on the behaviour of Tambaki M'Boya, the Brazilian Dipnoan — *Lepidosiren paradoxa* (Fitz, 1836) — from the Amazon. The specimens caught at the outskirts of Belém of Pará were observed in nature. The method for collecting and transportation to the laboratories of the Museum Goeldi has been described. In São Paulo the fishes are living in aquaria of fresh water of about 300 l of capacity. Several

* Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

fishes were induced to nidification. For this each animal was transferred to one aquarium of 50 l with a layer of mud 30 cm high. Little by little the water was sucked out and so, the fish immediately initiated burrowing. In this condition, that is, in aestival life some specimens were kept up to 100 days. For the experiments on the variation of glucemia, 1-2 ml of blood were collected through a syringe direct from the heart, just during the aquatic life and during the aestival life. Fishes in aquatic life showed an amount of glucose into the blood from 28,6 to 45,4 mg%, and those in aestival life the glucemia varied from 42 to 48,5 mg%. When an animal aestivated was returned to aquatic life, the amount of glucose drops from 42 mg% to 31,7 mg%. The results of the several observations and experiments are discussed.

I — INTRODUÇÃO

A característica dos Dipnóicos de poderem respirar o oxigênio diretamente do ar atmosférico e também o dissolvido na água, possibilita-lhes uma fase de vida terrestre e uma de vida aquática. Esta capacidade dá-lhes uma posição especial entre os peixes, incluindo-os entre os que RAUTHER (1937: 250) e LEINER (1938: 93) chamaram de animais possuidores de órgãos acessórios para a respiração — são os peixes de respiração de emergência na nomenclatura de KROGH (1941: 51). Este último autor (l.c.) disse que nos Dipnóicos foram dados os primeiros passos para restabelecer, por meio de arranjos vasculares complicados, a eficiência respiratória da circulação.

Além disso, devido a caracteres peculiares, estes peixes foram também chamados por BRIEN, POLL e BOUILLON (1958: 14) de verdadeiros fósseis viventes, relíquias de uma linha que remonta à época devoniana. A fim de demonstrar a importância do estudo da sua biologia, assim se manifestaram os referidos autores: "*Les Dipneustes ont gardé des Crossoptérygiens primordiaux, l'habitat dulcicole et fangeux, la faculté de respirer à la fois par des branchies comme les poissons proprement dits et par des poumons homologues à ceux des vertébrés terrestres. Peut-être évoquent, ils mieux les ancêtres dulcicoles et amphibiens des Vertébrés que le LATIMERIA, Coelacanthe devenu depuis le crétacique exclusivement marin et branchial. L'étude du comportement des Dipneustes acquiert ainsi une grande signification.*

A área descontínua de dispersão geográfica dos Dipnóicos indica que se trata de animais outrora largamente distribuídos e, atualmente, parece em vias de extinção. Com efeito, deste grupo, não existem hoje senão três gêneros localizados, a saber: na África tropical, *Protopterus*, na América tropical,

Lepidosiren e na Austrália, *Neoceratodus*. Esses três gêneros atuais apresentam diferentes estágios na transição de respiração aquática para aérea. Segundo LENFANT, JOHANSEN e GRIGG (1966) e JOHANSEN, LENFANT e GRIGG (1967), o gênero *Neoceratodus* é primariamente aquático, utilizando a respiração branquial, enquanto os pulmões servem como órgão acessório de absorção de oxigênio. *Lepidosiren*, pelo contrário, é um representante típico de respiração aérea, e suas brânquias, bastante reduzidas, não teriam função significativa na absorção de oxigênio (SAWAYA, 1946: 270; 1947: 46), mas podem apresentá-la na eliminação de gás carbônico (FULLARTON, 1931: 1301; JOHANSEN e LENFANT, 1967: 216). Quanto à respiração, *Protopterus* parece-se com *Lepidosiren*, sendo este último, primariamente, um peixe de respiração aérea (SAWAYA, 1946: 270; 1947: 46; LENFANT e JOHANSEN: l.c.) conforme já relatado anteriormente.

Os Dipnóicos já foram objeto de pesquisa por parte de vários autores. Já em 1840, BISCHOFF (p. 135) entre outras observações, assinalava a estrutura peculiar das brânquias de *Lepidosiren paradoxa*. Sendo esse autor um dos que fizeram, na época, descrição pormenorizada da morfologia interna deste peixe, julgou-se de conveniência sumariar aqui o quanto foi por ele afirmado, principalmente quanto à estrutura branquial.

Segundo o mencionado autor (l.c.) a cavidade branquial está situada imediatamente atrás da fenda. É atapetada pela membrana mucosa da boca, que se continua até essa cavidade, formando toda a parede anterior. O fundo e a parede posterior são constituídos pelas extremidades alargadas e côncavas das clavículas, guarnecidas paralelamente pela membrana mucosa que apresenta criptas numerosas. A abóbada da cavidade branquial compõe-se dos arcos branquiais e das séries de lâminas que nela se inserem. Através das fendas branquiais situadas entre os arcos, chega-se à cavidade bucal e à gutural. Há cinco arcos branquiais cujo tamanho diminui de diante para trás, de sorte que o último não tem senão duas linhas (aproximadamente 4.0 milímetros) de comprimento. Não são senão filetes cartilaginosos, e nenhuma peça intermediária os liga uns aos outros, nem ao osso hióide, nem à base do crâneo. Acham-se unicamente aderidos à membrana mucosa do fundo da cavidade bucal e gutural. Na face superior, a membrana mucosa acha-se elevada em pequenos pontos, de tal maneira que o primeiro e o último destes arcos não possuem senão um dos lados, enquanto que os três médios os têm dos dois lados. No lado inferior, voltado para a cavidade branquial, os três últimos arcos suportam os restos de pequenas brânquias ramificadas. Do primeiro arco encontra-se uma brânquia acessória e membranosa, que é guarnecida de tufos branquiais muito bem desenvolvidos. Estes últimos consistem

de uma série de pequenos folhetos, dos quais vários são reunidos sobre uma mesma haste. Ao microscópio, poder-se-ia ainda distinguir a ramificação dos vasos. Os quatro primeiros arcos branquiais são providos, como foi dito, de um aparelho particular de pequenos músculos que, colocados atrás da membrana mucosa da cavidade bucal, se inserem quase todos na extremidade interna destes ossos.

Mais adiante (p. 136) o autor conclui: “embora todas as partes do aparelho branquial existam ainda, os tufos branquiais são tão pouco desenvolvidos, que é impossível serem os únicos órgãos da função respiratória. Também o segundo órgão destinado ao ato respiratório, os pulmões, se encontra bem mais perfeito”.

Como se vê, já em 1840 era discutida a função respiratória da bexiga natatória de *Lepidosiren paradoxa*.

Ainda com relação à respiração deve-se lembrar que FULLARTON (1931: 1301) ao estudar a *Lepidosiren*, incluiu-a entre os peixes que respiram ar, e que a julga parecida com os Vertebrados terrestres. Particularmente, o pulmão absorveria o oxigênio e as brânquias excretariam o gás carbônico. A *Lepidosiren* assemelha-se então aos Vertebrados superiores: o pulmão executaria as funções respiratórias e as brânquias internas seriam estruturas degeneradas, mostrando provavelmente epitélio respiratório muito pouco desenvolvido.

Partindo dessa suposição, a autora estudou a estrutura dos filamentos branquiais em diferentes estágios de desenvolvimento e concluiu (p. 1305) que a maior parte da respiração se efetua no pulmão anterior, servindo o posterior, provavelmente, como fole e só secundariamente como órgão respiratório. Teria uma função paralela a que ocorre nos Quelônios e nos Ofídios. As brânquias, diz a autora (p. 1308), seriam órgãos excretadores usados pelos peixes de respiração aérea, como a pele o é nos Anfíbios.

O fato de as brânquias servirem principalmente como órgão de excreção já havia sido assinalado por SMITH (1930: 102 e 103) que presumira ser esse o processo de excreção em *Protopterus aethiopicus* (Haeckel). Tendo cateterizado os rins dos animais, obteve amostras de urina de peixes recém-capturados e bem alimentados, verificando a presença de traços apenas de uréia e amônia; examinada a água em que os mesmos se encontravam, notou que era semelhante em composição à água em que outros peixes de água doce se encontravam, isto é, com sensível teor de uréia e de amônia. Daí concluiu que o aumento de compostos nitrogenados seria devido à excreção pelas brânquias.

As *Lepidosiren* da Amazônia não prescindem do oxigênio que obtêm do

ar atmosférico, pois se forem impedidas de ter acesso à atmosfera, morrem em cerca de 20 minutos (SAWAYA, 1946: 255).

Mais recentemente, JOHANSEN e LENFANT (l.c.: 217) estudaram a função respiratória deste animal. Utilizaram doze espécimes da Amazônia demonstrando que a troca de gases era predominantemente executada pelos pulmões, havendo clara passagem seletiva de sangue pelo coração parcialmente dividido. Ao estudarem a respiração de *Protopterus aethiopicus*, LENFANT e JOHANSEN (l.c.: 451) verificaram que o efeito — Bohr era menor que no Dipnóico australiano *Neoceratodus* e maior que no sulamericano *Lepidosiren*. Em continuação a estes estudos, JOHANSEN e LENFANT (1968: 467), demonstraram que a nicotina por via intravenosa ou depositada na água próxima às brânquias, em *Protopterus aethiopicus* provoca um aumento na respiração, tanto aérea como branquial, como ocorre em outros vertebrados.

As pesquisas sobre o metabolismo respiratório dos Dipnóicos têm despertado a atenção desde muito tempo. Assim, SMITH (1935: 67) em exaustivas investigações sobre o metabolismo de *Protopterus*, tendo contado apenas com dois exemplares, conclui que a taxa de oxigênio consumido decresce continuamente, chegando a apresentar 10 a 20% do oxigênio consumido pelos animais em condição normal, bem ativos e bem alimentados, quando colocados em jejum, porém ativos. Isto já havia sido verificado pelo mesmo autor em 1930 (p. 100). Durante o desenvolvimento do trabalho, no mesmo ano, o autor mediu o metabolismo respiratório de um peixe com 15 a 18 meses de estivação (p. 106), registrando um decréscimo no consumo de oxigênio de três vezes em relação ao ativo. Quando o peixe era colocado na água e forçado a nadar, havia concomitante aumento no consumo desse gás (p. 108).

Enquanto *Protopterus* tem sido bem estudado, do gênero sulamericano, *Lepidosiren*, as informações são relativamente muito escassas. Em trabalho recente, PÉREZ-GONZÁLEZ e SAWAYA (1968: p. 393) verificaram o comportamento respiratório das *Lepidosiren* do Chaco e o das do Amazonas. Encontraram diferenças entre estes dois representantes com relação à taxa respiratória, sendo que o consumo de oxigênio das Pirambóias do Amazonas era mais elevado que o das do Chaco. No mesmo ano, BISHOP e FOXON (1968: p. 271) estudaram o mecanismo da tomada de ar de *Lepidosiren paradoxa* da Amazônia pelos métodos de cinefotografia, radiografia e cineradiografia, com resultados bastante interessantes. Pelo exame pormenorizado dos movimentos durante a tomada de ar, notaram que, quando o peixe sobe à tona, a glote é aberta e os tecidos elásticos dos pulmões forçam o ar para a boca. Parece que o movimento das costelas não está envolvido nesta ati-

vidade (p. 270).

Será conveniente transcrever aqui a informação dos autores citados, sobre este ponto. *"When expiration is complete the floor of the mouth is depressed and air drawn into it. By movements of the muscles of the pharyngeal region the anterior edge of the tongue is approximated to the roof of the mouth forming a seal anteriorly. The floor of the buccal cavity now rises so that the air is forced through the glottis into lungs. Several such inspirations are usual after each act of expiration. At the conclusion of inspiration, the opercular apertures which have been kept tightly closed throughout, open and air remaining in the mouth escapes through them as the fish retreats from the surface"*.

As informações de CARTER e BEADLE (1930: 199), embora se referiram principalmente à reprodução de *Lepidosiren* do Chaco Paraguai, incluem alguns aspectos dos hábitos respiratórios. Assim, quando os animais passam a construir os ninhos de reprodução, a água que se acha logo acima da lama do fundo, praticamente não contém oxigênio em solução. Se os ninhos são construídos nessa condição de baixo teor de oxigênio, de algum modo o suprimento desse gás, durante o desenvolvimento das larvas é assegurado pelos pais. Enquanto as larvas em desenvolvimento estão no interior das cápsulas e durante certo tempo após a eclosão, sua respiração é aquática e o método pelo qual o oxigênio é suprido, dizem os autores, carece de informações, sabendo-se apenas que o macho guarda o ninho.

Uma explicação curiosa sobre o suprimento do oxigênio durante a fase larvária dos Dipnóicos é proposta por CUNNINGHAM (1929: 484) e CUNNINGHAM e REID (1932: 234). Partindo da suposição de que os machos cuidam dos ninhos e do fato dos filamentos pélvicos dos machos de *Lepidosiren* apresentarem-se desenvolvidos na época da reprodução, lhes sugerem que a emissão de oxigênio pelos filamentos se faz durante a fase do desenvolvimento das larvas. Em 1932, CUNNINGHAM e REID (l.c.) procuraram demonstrar experimentalmente, o papel dos filamentos pélvicos dos machos na época do desenvolvimento larvário. Para tanto, machos e fêmeas coletados nos ninhos foram estudados e o teor de oxigênio dissolvido na água da câmara de respiração foi medido pelo método de Winkler. Chegaram à conclusão de que, quando os peixes eram colocados em água pobremente oxigenada, a taxa desse gás diminuía com o passar do tempo, em se tratando de fêmeas e machos jovens. Quando porém, se colocavam machos adultos, cujos filamentos pélvicos eram bem desenvolvidos, notaram que a quantidade de oxigênio dissolvido aumentava com o tempo.

Mais tarde, FOXON (1933: 732) não achou conclusiva a experiência

de CUNNINGHAM e REID (l.c.) e nem convincente o fato de atribuir aos filamentos pélvicos o papel de arejador do meio com a finalidade de suprir o oxigênio requerido pelo desenvolvimento das larvas. Admitiu o autor que tais filamentos poderiam servir para a respiração do próprio animal e não das larvas, evitando assim as subidas freqüentes à superfície da água durante o período necessário para o desenvolvimento da ninhada.

KROGH (1941: 33) ao abordar o papel atribuído aos filamentos pélvicos dos machos de *Lepidosiren* por CUNNINGHAM (1929: 484) e CUNNINGHAM e REID (1932: p. 234) diz: "*This assumption is no doubt correct regarding a large part of the season, but certainly not just after the rain*". KROGH (l.c.) ainda lembra a informação de CARTER e BEADLE (1930: 199), de que as larvas respiram o oxigênio da água por meio das brânquias que começam a degenerar 45 dias depois da postura, e que as larvas, ao atingirem 40 milímetros, sobem à superfície para respirar. Aproximadamente a esse tempo, também as brânquias pélvicas do velho macho começam a atrofiar-se (AGAR 1908: 27).

Sem dúvida, os dados de CUNNINGHAM e REID (l.c.) são bastante interessantes, mas necessitam de confirmação.

Um outro aspecto na biologia dos Dipnóicos, especialmente dos representantes com hábito de estivação, muito pesquisado, é o da construção de ninhos durante a época da seca.

Tanto o *Protopterus* africano quanto a *Lepidosiren* sulamericana, nas condições de falta de água perfuram galerias no lodo e constroem o seu ninho de estivação, onde podem permanecer em estado de semi-letargia até a época das chuvas. Nesse estado, a respiração se torna exclusivamente aérea.

À medida que o nível da água vai abaixando, os peixes iniciam a perfuração do lodo, efetuando-a pela parte anterior do corpo. A galeria em geral se dispõe obliquamente à superfície e a uma certa profundidade, termina numa câmara mais ampla, que é preenchida pelo corpo do animal. A postura é característica durante esta fase, estando o corpo do peixe enrolado sobre si mesmo, recobrando, com a cauda, a região dos olhos. O suprimento de oxigênio é garantido pelo orifício aberto para o exterior, durante a perfuração, ou pode ser uma outra abertura que não corresponde à da perfuração. Enquanto a água não se esgota no ninho, o animal projeta de tempo em tempo o focinho para a tomada de ar. Terminada esta fase e tendo-se a água evaporado completamente, o peixe se recolhe no fundo da câmara e entra em "letargia", não executando o menor movimento, passando assim para a respiração exclusivamente aérea.

Basicamente, o ninho de estivação consta dessa estrutura descrita para

Protopterus e *Lepidosiren*, embora pequenas variações possam ocorrer entre representantes do mesmo gênero ou de gêneros diferentes.

A formação do casulo (“cocoon”), no qual o animal fica envolvido durante a fase estival, foi intensamente estudada com o representante africano, havendo ainda dúvidas se o da Amazônia apresenta tal formação. Tanto o Dipnóico africano como o paraguaio fabricam o casulo que consta de uma mistura de barro e muco secretado pelo próprio animal e, à medida que a água evapora, endurece, envolvendo completamente o peixe, deixando somente um pequeno orifício de passagem de ar, como é indicado por Smith (1930: 98).

Em 1866, DUMÉRIL (p. 160) estudando a estrutura do casulo formado por *Protopterus annectens* (OWEN), no Jardim das Plantas em Paris, verificou a sua coloração típica acastanhada. Devido a esta coloração, o autor pensou na presença de substâncias vegetais fazendo parte da sua composição, e, para confirmar, entregou o problema ao Professor Decaisne, que por exames mais acurados, registrou a ausência de qualquer traço vegetal na sua composição. Mais recentemente, JOHNELS e SVENSSON (1954: 158), ao comparar *Protopterus annectens* com *Lepidosiren paradoxa*, estudaram e apresentaram um resumo dos hábitos estivais, lembrando que a espécie africana, tal como a amazônica, por vezes não estiva, conforme asseverara SAWAYA (l.c.: 271) em seu trabalho sobre esta última Tambaki-M’boya. Uma descrição pormenorizada do casulo e dos hábitos estivais de *Protopterus annectens*, em geral, são discutidos pelos autores acima citados.

Posteriormente, CURRY-LINDAHL (1956: 479) trabalhou sobre a ecologia, os hábitos alimentares e a territorialidade de *Protopterus aethiopicus*. Verifica-se serem correspondentes aos da *Lepidosiren paradoxa*, à qual, porém, o autor não faz referências. Na mesma época, BLANC, D’AUBENTON e PLESSIS (1956: 845) realizaram experiências com *Protopterus annectens*, induzindo-o à construção do ninho no laboratório. Aproximadamente a 20 de fevereiro daquele ano, relatam os autores, época que coincide com a de encistamento desses peixes no ambiente natural, um exemplar mantido no aquário deixou de se alimentar, ao mesmo tempo que suas nadadeiras peitorais e anais tomavam uma coloração avermelhada e a cauda encurtava. A principal ocupação durante este período era cavar o fundo, engolir a areia e soltá-la pelas aberturas operculares. Parecia que o animal tentava encistar-se. Aproximadamente um mês depois, o peixe foi colocado em aquário contendo menor quantidade de água, aumentando-se porém, a quantidade de terra. Nessas condições, por movimentos helicoidais do corpo, o peixe tentou perfurar a lama, mas tendo logo atingido o fundo do aquário, por insuficiência

da lama, todas as tentativas não tiveram êxito. Assinalada a falta de terra, aumentou-se a sua quantidade, de modo a cobrir todo o animal, quando este fica disposto verticalmente. Com esta modificação, o peixe se enterrou, reaparecendo a períodos determinados, para a tomada de ar. À medida que a água era drenada, foi aquietando-se e já quando o aquário se achava desprovido de água, o animal recolheu-se no fundo, não executando movimentos. Após 6 meses, que foi o período permitido ao animal permanecer na terra, o ninho foi removido, estudando-se a cavidade formada no seu interior. Averigou-se ser semelhante ao já descrito por JOHNELS e SVENSSON (l.c.).

Num exame mais acurado do animal estivado (p. 850), registraram um encurtamento do corpo, de cerca de 35 milímetros em relação ao do estado ativo, assim como uma diminuição de 35 gramas no peso.

Outros autores, como BRIEN, POLL e BOUILLON (l.c.) ao estudarem a biologia de outra espécie africana, *Protopterus dolloi* (BOULENGER) assinalaram o fato desta espécie, ao contrário de *Protopterus aethiopicus*, não construir o casulo, nem entrar em estado de letargia (p. 22). Permanecem dentro da toca úmida construída durante a estação seca. Dedicam-se os autores aos estudos do desenvolvimento larvário desta espécie, descrevendo-o com pormenores. Interessantes notas biológicas como o fato de o macho cuidar do ninho de reprodução (p. 25), assim como o da época de reprodução que se inicia na estação chuvosa, são aduzidas por estes autores.

Assim como é descrito para o *Protopterus dolloi* a não construção do casulo durante a estivação, para a *Lepidosiren paradoxa* da Amazônia persistem ainda dúvidas, se esta estrutura ocorre ou não na fase estival. Segundo GOELDI (1897: 921), as *Lepidosiren paradoxa* da Amazônia não constroem o casulo, ficando recolhidas em pequenas lagoas remanescentes na época da seca. Quando esta é mais intensa, permanecem enterradas em lama úmida, reaparecendo periodicamente para a tomada de ar. Já o relato de KERR (1898a: 41), que comunicou os dados obtidos por Nunt sobre os exemplares de *Lepidosiren paradoxa* do Chaco, mostra o casulo de barro e muco, envolvendo o peixe durante a estivação. Contudo, CARTER e BEADLE (1930: 198), ao estudarem a região do Chaco, encontraram uma camada de argila logo abaixo da lama. A *Lepidosiren* é encontrada no ninho construído sobre esta camada quando a lagoa seca, porém nenhuma estrutura semelhante ao casulo descrito nos exemplares africanos foi verificada pelos autores.

Por sua vez, PÉREZ-GONZÁLEZ e GRINKRAUT (1963: 279), com base nos trabalhos de BLANC, D'AUBENTON et PLESSIS (l.c. — p. 847), induziram as Pirambóias à construção do ninho no laboratório, abaixando o nível da água do aquário. Não chegaram a obter o casulo após seis

meses de estivação artificial. Parece ser esta a primeira vez que se conseguiu induzir as *Lepidosiren* a fazer o ninho de barro em laboratório. Em 1968, PÉREZ-GONZÁLEZ e SAWAYA (p. 398) relataram o fato das *Lepidosiren* de Amazonas e do Chaco apresentarem hábitos e capacidade de passar à vida estival similares, na ausência da água.

Um outro aspecto muito interessante da biologia dos Dipnóicos vem a ser o estudo do sistema endócrino. Os primeiros trabalhos referem-se particularmente à morfologia. Assim, em 1902, KERR (p. 417) estudou o desenvolvimento da glândula pituitária em *Lepidosiren paradoxa* e de BEER (1926: 275) pesquisou a mesma glândula em exemplares adultos. Ainda a embriologia da hipófise foi objeto de aprofundado estudo por parte de KERR (1933: 147), inclusive a histologia do órgão. CHARIPPER (1937: 51) reuniu os dados da morfologia da hipófise principalmente dos peixes, apresentando interessante discussão sobre o assunto. Em trabalho, sobre a hipófise de *Neoceratodus*, GRIFFITHS (1938: 89) referiu-se brevemente à da *Lepidosiren*. DAWSON (1940: 275) dedicou-se principalmente ao problema da estrutura hipofisária em *Protopterus aethiopicus*. Mais tarde, WINGSTRAND (1956: 193) descreveu a hipófise de *Protopterus annectens*, tratando especialmente da adenohipófise, da neurohipófise, do epêndima e dos núcleos neurosecretores. O estudo de WINGSTRAND é comparativo, relacionando as estruturas, tanto do *Protopterus annectens* com as de outros Dipnóicos, como com as dos Anfíbios. DORN (1957: 113) discutiu os resultados de suas pesquisas sobre o mesencéfalo de *Protopterus annectens*, comparando a hipófise deste com a de *Protopterus aethiopicus* e *Ceratodus*. Ainda WINGSTRAND (1959: p. 746) apresentou uma análise comparativa da região neurohipofisária dos peixes e dos tetrápodes em continuação ao trabalho anterior. Finalmente, GORBMAN e BERN (1962: 37) assinalam o fato dos Dipnóicos possuírem a hipófise com uma estrutura comparável à dos Anfíbios.

Como se vê, os autores acima referidos, preocuparam-se mais em estabelecer as relações estruturais entre a hipófise dos Dipnóicos com a dos Anfíbios.

Muito recentemente, PERKS (1969: 177) publicou longa revisão sobre a neurohipófise dos Dipnóicos, com amplas referências à de *Lepidosiren*. Estudou não somente a estrutura, como também a natureza desse órgão e a atividade dos princípios neurohipofisários.

Propriamente em *Lepidosiren*, a pars nervosa não é interdigitada, como em *Neoceratodus* e *Protopterus*. Assim, em Dipnóico, encontra-se a primeira e verdadeira pars nervosa, faltando a pars tuberalis.

No que tange à urófise dos Dipnóicos, muito escassas são as informações. Apenas BERN e TAKASUGI (1962: 96) dizem que este órgão é ausente nos Dipnóicos, embora grandes neurônios ocorram na região caudal da medula espinhal. BERN (1969: p. 408) ao reafirmar a ausência de urófise nos Dipnóicos, aduziu que, como nas "quimeras", um reexame pormenorizado deveria fazer-se para os Dipnóicos.

Notam-se nestes animais, não somente semelhanças morfológicas na hipófise, em comparação com a dos Anfíbios, mas também as químicas, principalmente dos hormônios neurohipofisários. Assim, FOLLET & HELLER (1962: 606) demonstraram a existência de dois princípios ativos na neurohipófise de *Protopterus aethiopicus*. Prosseguindo o trabalho, os mesmos autores (1964: 94) encontram na hipófise de *Protopterus aethiopicus*, dois tipos de hormônios, com propriedades semelhantes à de arginina-vasotocina (AVT) e 8-isoleucinaoxitocina. O mesmo ocorreu com *Neoceratodus* por eles estudado. SAWYER e Van DYKE (1963: 386) já haviam verificado anteriormente a ocorrência de AVT e oxitocina em *Protopterus aethiopicus* proveniente do lago George, em Uganda. Em 1966, o mesmo problema foi abordado por PICKERING e Mc WATTERS (p. 217) em *Lepidosiren paradoxa* do Chaco Paraguai. Estes autores utilizaram seis exemplares de *Lepidosiren* e, pelo método cromatográfico, encontraram uma substância de deslocamento lento, com as propriedades semelhantes às de AVT, cuja presença, como foi dito, já havia sido verificada por FOLLET e HELLER (1964): 94) a partir dos experimentos preliminares com hipófise de *Lepidosiren*. Os ensaios com extrato total das glândulas mostraram que elas continham algo mais do peptídeo semelhante a AVT, que as de outros Dipnóicos, uma vez que possuíam atividade oxitócica de 0,8, muito semelhante à dos Anfíbios. Ainda SAWYER (1966: 197), injetando peptídeos neurohipofisários de *Protopterus aethiopicus* adultos em exemplares jovens da mesma espécie, registrou que somente a arginina vasotocina em doses de 0,5 mg/kg aumentava a taxa de filtração glomerular, da excreção de água livre e da excreção de sódio. Não houve resposta antidiurética para AVT comparável à encontrada em Anfíbios. Muito recentemente, ACHER, CHAUVET e CHAUVET (1970: 187), estudando este órgão em *Protopterus annectens*, encontraram na neurohipófise somente mesotocina e vasotocina, tal como acontece em *Rana esculenta*, o que seria mais uma indicação de estarem os Dipnóicos mais próximos dos Anfíbios que dos Teleósteos.

Devem-se a LELOUP (1958 b: 830) as primeiras experiências sobre a influência da estivação no funcionamento tiroídiano de *Protopterus annectens*.

Em dois exemplares estivados e dois ativos e em jejum, injetou o I¹³¹

por via intraperitoneal. Notou que o peso da tireóide diminuía nos estivados, ao mesmo tempo em que o órgão perdia a capacidade de concentrar o iodo e de o ligar orgânicamente. A secreção do hormônio tireoidiano diminuía, enquanto ocorria aumento no teor de iodo estável no meio interno. A fim de elucidar a possível causa do fenômeno observado nos peixes estivados, diz o autor ser a estivação em *Protopterus* um verdadeiro estado de hipofisectomia, pelo menos no que se refere à secreção tirotrópica hipofisária, já observado por FONTAINE, LELOUP et OLIVEREAU (1953: 17) em enguias hipofisectomizadas. Sugeriu LELOUP (l.c.), como possível causa do fenômeno observado em *Protopterus* estivado, a influência da luz. Sabe-se que em rãs, uma ação inibitória da obscuridade existe sobre as secreções tireoidianas (CEHOVIC, 1957: 2647) e hipofisária (FLORENTIN e STUTINSKI, 1936: 674) e mais especialmente tirotrópica (VOITKEVITCH, 1944: 396). LELOUP (l.c.) ainda assinala o fato de *Protopterus* assemelhar-se aos Anfíbios pelo seu modo de desenvolvimento e por certos caracteres anatômicos. O hipo-funcionamento tireoidiano observado nesse Dipnóico poderia, pois, resultar de uma inibição do complexo hipotálamo-hipofisário consecutiva à ausência de estimulação ocular. Para reforçar esta hipótese, o autor cita o fato de *Protopterus* morrer muito cedo durante a estivação quando os olhos não ficam recobertos pela extremidade caudal, como observado por COATES (1937: p. 25). Em outro trabalho, LELOUP (1958 a, p. 368) estudou a repartição dos hormônios tireoidianos nas hemácias de Teleósteos e Dipnóicos, registrando diferenças mensuráveis entre as de *Protopterus* e da enguia de um lado, e as de carpa e do salmão do outro. Ainda relativamente ao problema endócrino, FONTAINE, DAGET e ROUX (1961: 357) demonstraram as atividades tirotrópicas dos extratos hipofisários de *Protopterus annectens*, dosados em Teleósteos e em Mamíferos. Isto os levou à conclusão de que existe uma significação filogenética da especificidade zoológica do hormônio tirotrópico dos Dipnóicos. Em 1963, LELOUP (p. 285), em continuação ao seu trabalho, pesquisou o funcionamento da tireóide em *Protopterus annectens* "in vitro" e "in vivo", durante a fase estival. Obteve os mesmos resultados já conseguidos em 1958, porém, quando o peixe foi reconduzido à vida aquática, houve rápida recuperação da atividade tirotrópica.

Finalmente, como contribuição para um estudo de conjunto sobre a biologia dos Dipnóicos, e em particular das *Lepidosiren*, julgamos de interesse resumir aqui os tópicos principais e que parecem mais interessantes da bibliografia mais antiga disponível.

Um resumo dos trabalhos já foi feito por BAUR (1887: 575), devido

às dúvidas que persistiam na época, quanto à validade da existência de uma espécie brasileira de Dipnóicos. A primeira comunicação de ocorrência de Dipnóico na região amazônica deu-se a 26 de setembro de 1836. A descoberta do animal foi feita por Natterer e a comunicação por Fitzinger no mesmo ano, dando ao animal, o nome de *Lepidosiren paradoxa*. Em 1839, surgiu no trabalho de Natterer, a primeira figura do animal, que conseguiu dois exemplares da Tambaki-M'boya. Um deles foi coletado numa vala, nas proximidades de Borba e outro, à margem esquerda do rio Amazonas, próximo à Villa Nova. Os exemplares de Natterer serviram de base para os trabalhos de BISCHOFF (1840), HYRTL (1845) e BRÜHL (1847). Outras observações foram efetuadas por HOEVEN (1837) e HECKEL (1845). Até 1840, conheciam-se apenas dois exemplares da *Lepidosiren* da Amazônia — os capturados por Natterer. Nesse ano, Milne-Edwards publicou um trabalho sobre as relações filogenéticas das *Lepidosiren*. Juntamente com Bibron (1840), estudou um exemplar desse Dipnóico em Paris, relatando o fato de terem encontrado as mesmas estruturas já descritas por BISCHOFF (1840: 116-159). Mais tarde, em 1846, Saint-Hilaire, tendo estado na região amazônica, comunicou o fato de os nativos referirem-se às *Lepidosiren* com o nome de MINHOÇÃO. Do mesmo peixe, falam Duméril e Bibron (1854), relatando que receberam um exemplar muito bem conservado em álcool. Em 1885, CASTELNAU (p. 104) encontrou na região de Ucayali no Brasil, mais um exemplar, denominando-o por *Lepidosiren dissimilis*, o qual, segundo Duméril (1870) e GÜNTHER (1870), não diferia especificamente de *Lepidosiren paradoxa*. Em 1885, AYER, considerando que além dos dois exemplares coletados por Natterer em 1836 na Amazônia, e de não existirem notícias da ocorrência de outros no Brasil, sugeriu o fato de *Lepidosiren* e *Protopterus* serem apenas variações de um mesmo gênero. Em oposição, em 1886, SCHNEIDER descreveu dois gêneros, *Protopterus* e *Lepidosiren*, apresentando a diagnose de ambos. A 23 de janeiro de 1886, SCLATER, falando sobre a raridade das *Lepidosiren*, refere-se ao fato de WALLACE e BATES não terem conseguido encontrar nenhum exemplar, na região amazônica. SCLATER, citando uma carta de BATES comunica que este exibira uma figura de *Lepidosiren paradoxa* aos nativos da região e o animal foi por eles reconhecido. Surgiu então, pela primeira vez, o nome popular de Tambaki-M'boya para designar a *Lepidosiren paradoxa*. BAUR (1887: 582) termina o resumo bibliográfico sem concluir se realmente as *Lepidosiren* ocorreriam em outras regiões do Brasil.

Mais tarde, BRIDGE (1897: 602) dedicou-se aos estudos dos Dipnóicos, comparando o crânio dos três gêneros conhecidos. Admitiu ser o *Neoceratodus*

mais primitivo, pelo menos se levar em conta a estrutura do crânio. KERR (1897: 921) descreveu a morfologia da *Lepidosiren paradoxa* da Amazônia. Relatou serem as fêmeas, em média, mais longas que os machos. Mencionou também, a propriedade de o muco precipitar rapidamente a lama em suspensão em água. A variação da cor do animal, ao longo de um dia, foi também notada pelo autor (l. c.), que apontou a concentração dos cromatóforos durante a noite, o que daria uma coloração final quase transparente aos animais. Em 1898 b, KERR (p. 492) exhibe os machos adultos de *Lepidosiren* do Chaco paraguaio, ilustrando as modificações que ocorrem nos filamentos pélvicos, antes, durante e após a época da reprodução. Além desse autor, GOELDI (1898: 856) publicou uma nota sobre o animal da mesma espécie, comunicando a ramificação que ocorre nos filamentos anteriores de certos exemplares. Não podendo deduzir sobre a verdadeira função de tal ramificação, sugeriu que seja uma estrutura que complementa a respiração. Em 1910, KERR (p. 483) fez um estudo completo do trato alimentar dos Dipnóicos. ROBERTSON (1914: 58) interessou-se pelo sistema vascular de *Lepidosiren* assinalando a incompleta divisão intercardíaca.

Dados mais recentes, ainda não mencionados aqui, referem-se aos de BISHOP e FOXON (1965: 114), os quais descreveram a região amazônica onde são freqüentes os exemplares de Pirambóias, assim como fizera SAWAYA (1946: 255; 1947: 43; 1970 no prélo). Outras contribuições recentes datam de 1967, quando a expedição Alpha Helix permaneceu de fevereiro a outubro na região. Desta expedição, destacam-se os autores que se dedicaram aos estudos das *Lepidosiren*. Assim, JUNQUEIRA, STEEN e TINOCO ao estudarem a área lamelar de peixes Teleósteos da região dos rios Negro e Branco, assinalam que as *Lepidosiren* virtualmente não possuem essa área. PIDDINGTON (p. A-22), ao estudar os axônios gigantes da bainha de Mautner, verificou que estes parecem ocorrer nas Pirambóias; HOCHACHKA (p. B-13) realizou os ensaios preliminares sobre a inativação e denaturação de LDHs pelo calor, função de LDHs em *Electrophorus* e *Lepidosiren* (p. B-14), metabolismo de glucose-1-C¹⁴ em *Symbranchus* e *Lepidosiren* (p. B-15) e determinação de temperatura ótima para a enzima de peixes pulmonados (p. B-16). Já em 1969 b, SCHARRER e WURZELMANN (p. 325) estudam os oocitos de *Protopterus aethiopicus* relatando as semelhanças existentes entre os do *Protopterus* e os dos Anfíbios. Num outro trabalho, os mesmos autores (1969 a: 1), em continuação ao estudo do mesmo problema, descreveram, pormenorizadamente, os oocitos daquele peixe, durante a oogênese. Num trabalho muito recente, CONANT (1970: 15) observou a regeneração das nadadeiras anteriores, pélvicas e caudal em *Protopterus aethiopicus* e *P. annectens*. Esta capa-

cidade em ambas espécies foi semelhante e a estrutura final das nadadeiras após a regeneração dependeu muito do plano de amputação.

Em resumo, poder-se-iam distinguir no estudo da biologia de *Lepidosiren paradoxa*, seis fases, a saber:

1. a primeira refere-se à introdução dos animais (2 exemplares) nos Museus da Europa, em 1836, e a série de estudos sobre a natureza dos animais, discutindo-se se tratava-se de peixes ou de anfíbios. Caracterizam esta fase, os estudos taxônicos;

2. segue-se a segunda fase, que se inicia em 1840, em que se acentuam os estudos da morfologia interna e externa. Distingue esta fase o trabalho fundamental de BISCHOFF (1840);

3. na terceira fase aparecem as expedições ao Chaco e em consequência, iniciam-se os estudos da biologia e principalmente da embriologia, de que resulta o trabalho também fundamental de GRAHAM KERR (1897) abrangendo as excelentes observações de GOELDI (1897);

4. a quarta fase distingue-se pelo aparecimento dos trabalhos de CARTER e BEADLE (1930) que contém os primeiros dados sobre a respiração, efetuados no campo;

5. a quinta fase é, por assim dizer, continuação da quarta, e que se poderia denominar de fase experimental em laboratório. É caracterizada pelos trabalhos de SMITH (1930) e SAWAYA (1946 e 1947) e outros;

6. finalmente, a sexta fase ainda de experiências em laboratórios, com os primeiros resultados sobre os estudos da endocrinologia, iniciados por LELOUP (1958) e outros.

II — OS PROBLEMAS

Da bibliografia resumida no capítulo precedente, nota-se que SMITH (1930: 97) e LELOUP (1958 b: 830; 1963: 285) abordaram a questão da influência da estivação sobre o funcionamento tiróideo de *Protopterus*. Outros autores dedicaram-se mais ao aspecto morfológico e bioquímico dos órgãos endócrinos.

Afora estas observações, não se encontram na bibliografia consultada, outras referências sobre o metabolismo dos Dipnóicos nas diferentes fases da vida e mais escassos são ainda os trabalhos sobre o fenômeno estival em relação com o funcionamento do sistema endócrino.

Um grande número de problemas ainda não abordado, persiste no estudo destes peixes em geral e em particular, no das *Lepidosiren*, principalmente no campo da fisiologia comparada.

Tendo em conta os recursos disponíveis, julgamos de interesse estudar o comportamento da Tambaki-Mboya em laboratório, com o objetivo de continuar as boas observações e experiências de PÉREZ-GONZÁLEZ e GRIN-KRAUT (1963: 279) e de PÉREZ-GONZÁLEZ e SAWAYA (1968: 393) e também iniciar o estudo do funcionamento dos órgãos endócrinos relacionados com as duas fases características da vida aquática e da estival. Neste último, foi-nos possível tratar, em primeiro lugar, da parte referente ao metabolismo de glicose no sangue, que implicará, de futuro, no estudo de alguns órgãos endócrinos cujo funcionamento é ainda pouco conhecido nos Dipnóicos.

Sendo limitado o material disponível e dispendiosa a sua obtenção, tivemos de se restringir a alguns tópicos essenciais, como o da indução à estivação e à determinação da glicemia em cada um dos referidos períodos, a saber, o aquático e o terrestre. Acontece ainda mais, que as modificações endócrinas no período estival demoram longo tempo para serem perceptíveis. Todavia, tendo conseguido alguns resultados interessantes e que servirão de base para trabalhos futuros, pareceu-nos de importância tratá-los aqui e apresentar desde já os resultados obtidos. Além disso, justifica esta iniciativa, o fato de terem estes peixes despertado a atenção de inúmeros pesquisadores estrangeiros que continuamente reclamam este valioso material de investigação, que a nosso ver, deveria ser estudado primeiramente por brasileiros.

Assim, no presente trabalho, apresentar-se-ão os resultados das observações sobre o comportamento dos animais na natureza, resumo das recentes observações de um de nós (Sawaya) sobre o comportamento dos animais no laboratório; sobre a indução à construção de ninhos e, finalmente, sobre o metabolismo da glicose.

III — MATERIAL E SUA PROCEDÊNCIA

Tambaki-M'boya é o nome popular pelo qual a *Lepidosiren paradoxa* é conhecida pelos indígenas. Esta indicação foi dada por BATES (ap. BAUR 1887: 578). A partir dessa época, esse Dipnóico recebeu outros nomes pela população local, a saber: Traíra-M'boya, Caracuru, Trairambóia, Pirambóia e Minhocão. Recentemente, em excursão pela região amazônica SAWAYA (1970) registrou a designação de Amoréia. Parece ser este o nome pelo qual a *Lepidosiren paradoxa* é mais conhecida atualmente naquela região.

Os peixes foram capturados na mesma região em que SAWAYA (1946: 255; 1947: p. 43), e mais tarde, BISHOP e FOXON (1965: 114) os coletaram, isto é, nas valas abertas pelo Serviço de Saneamento nos arredores da cidade de Belém. Com o crescimento da população estas valas passaram a ser

bastante poluídas, devido aos detritos aí depositados. Em 1967, o Dr. J. E. LUNETTA obteve de pescadores que freqüentam o mesmo local, vários exemplares e os trouxe para o laboratório de São Paulo. Em 1970 ainda, um de nós (SAWAYA), durante a viagem a Pará, capturou na mesma região, e transportou por via aérea, várias outras Tambaki-M'boyas, com o cuidado de colocá-las em sacos plásticos contendo água e ar, depositando-as em caixas de isopor. Com isto, tanto choques mecânicos fortes, quanto a falta de ar foram evitados, o que permitiu a chegada do material em excelentes condições. Mais recentemente, com esta mesma modalidade de transporte, o Prof. FERNANDO DA COSTA NOVAIS do Museu Goeldi, gentilmente trouxe mais dez exemplares. Assim, foi possível trabalhar com um total de 23 peixes.



Fig. 1 — Vala dos arredores de Belém do Pará em 1967 (foto Paulo Sawaya)



Fig. 2 — Local onde foram capturadas as Tambaky M'boya em 1970 (foto Paulo Sawaya)



Fig. 3 — Local típico dos arredores de Belém do Pará onde vivem comumente as *Lepidosiren paradoxa* (foto Paulo Sawaya, 1970).



Fig. 4 — Captura da *Lepidosiren paradoxa*, nos arredores de Belém do Pará, com auxílio do anzol e flutuador, (foto Paulo Sawaya, 1970).



Fig. 5 — Coleção de aquários no laboratório do Depto. de Fisiologia Geral em São Paulo (foto, Eduardo Fernandes).

IV — MÉTODOS E TÉCNICAS EMPREGADAS

a. Dosagem da glicose no sangue

Para a dosagem de glicose sangüínea, utilizou-se o método de SOMOGY e NELSON (SOMOGY 1952: 19-23) pelas vantagens oferecidas, como facilidade na aquisição de drogas, sensibilidade dos corantes, economia do material (0.2 ml de sangue), etc. Este método, entre outros baseados na redução de metais, é o que apresenta maior especificidade, pois as soluções desproteinizantes precipitam também os sacaróides. Esta técnica, resumidamente, consiste no seguinte: em 3 ml de água destilada, colocam-se 0.2 ml de sangue. Desproteiniza-se, acrescentando 0.4 ml de sulfato de cobre e igual volume de tungstato de sódio. O precipitado, separado por centrifugação (velocidade de 3000 r. p. m. durante 10 minutos), além das proteínas, inclui também os sacaróides, como relatado anteriormente. Retira-se 1.0 ml do sobrenadante, tratando-o a quente, durante 15 minutos, com reativo de Somogy (reativo cúprico alcalino), produzindo o óxido cuproso como produto da redução pela glicose, em quantidades proporcionais a esta. O material é tratado com reativo de Nelson (ácido arseno tungstico) e diluído com 10 ml de água destilada. A intensidade da coloração foi medida no Espectrofotômetro de Zeiss, com filtro 540 μ e os valores de absorbância obtidos são comparados com os de soluções padrão cobrindo um âmbito de 0 a 200 mg de glicose por 100 ml de água destilada, uma vez que a taxa de glicose nos peixes é da ordem de 30 a 60 mg por cento, segundo LAZAROW e BERMAN (1947: 219), NACE (1955: 366), MURREL e NACE (1958: 1121), NACE e MOULE (1963: 225). O tempo de medida foi no máximo 30 minutos após a adição do reagente de coloração (reagente de Nelson), pois a sensibilidade e estabilidade da cor é de aproximadamente 40 minutos para dosagens mais acuradas. As leituras, assim como outros processamentos foram efetuados à temperatura ambiente (15 a 18° C). Os resultados são expressos em mg de glicose por 100 ml de sangue (mg%).

Outros métodos, tais como o de Folin-Malmros modificado (ap. MURREL e NACE, 1958: 1121), embora de grande sensibilidade na determinação do teor de glicose sangüínea dos peixes, não pôde ser utilizado aqui devido à dificuldade encontrada na aquisição das drogas. O mesmo óbice ocorreu com relação ao método enzimático, o da glicose-oxidase, que não obstante ser o mais indicado, pois é específico para glicose, também não pôde ser utilizado, pela mesma razão.

b. Coleta de sangue

Para as experiências de dosagem de glicose sanguínea, usaram-se peixes cujos pesos eram de 240 a 1550 g, de sexos determinados.

Uma das dificuldades surgidas neste estudo foi a da escolha de técnica adequada para a coleta de sangue, que permitisse, após a operação, a sobrevivência do peixe, que deve ser poupado, pois trata-se de animal de difícil aquisição.

Iniciaram-se os ensaios preliminares usando outros peixes como carpas e cascudos, visando a viabilidade do método de dosagem, ao mesmo tempo treinar e melhorar a técnica da coleta de sangue. A primeira tentativa foi a de retirar o sangue diretamente da região branquial, pela introdução de uma fina agulha de injeção. Este processamento, além de prejudicar o peixe, que em geral morria após a segunda coleta, não permitia retirar um volume suficiente de sangue para as dosagens da glicose. A seguir adotou-se a técnica da punção do coração diretamente através da pele, o que pareceu não causar sérios prejuízos aos animais. Sobreviveram após várias sangrias. Outra vantagem dessa técnica foi o fato de se conseguir rapidamente, volume suficiente de sangue não coagulado. Para o caso das *Lepidosiren*, a mesma técnica foi usada, fazendo-se externamente o reparo do coração. Isto foi conseguido pelas linhas transversais pigmentadas e escuras, que ocorrem na região anterior do corpo, tanto dorsal quanto ventralmente. Aproximadamente a dois centímetros abaixo da linha pigmentada da região faríngea do animal, a qual corresponde à região cardíaca, a agulha era introduzida, atingindo assim, diretamente o ventrículo ou o cone arterial. Usou-se a seringa heparinizada. O peixe era colocado em decúbito dorsal, em um leito escavado de plastispuma e imobilizado durante a coleta de sangue. Como esta operação requeria somente cerca de um minuto, julgou-se desnecessário o anestésico. A contenção era difícil, dada a excitação e a força muscular pelo mesmo desenvolvido no momento da sangria, bem como pela secreção intensa do muco devida à estimulação.

De cada animal foram retirados cerca de 2 ml de sangue. Quando o mesmo animal era utilizado mais de uma vez, isto se fazia após um intervalo de tempo de no mínimo um mês, quando o peixe já se achava aparentemente recuperado.

No período imediatamente após a sangria, as *Lepidosiren* permanecem imóveis no fundo do aquário, movimentando-se apenas para tomada de ar.

Esta é freqüente logo depois da operação, sendo de aproximadamente, 4 em 4 minutos. A recuperação aparente se fez em dez dias, quando começam a aceitar os alimentos, embora com bastante dificuldade. Esse estado de pouca alimentação prolonga-se por muitos dias, dependendo do animal.

c. Indução à estivação

Para induzir as *Lepidosiren* à estivação, utilizou-se aquário de 140 litros aproximadamente, com terra do fundo de lagoa a uma altura de 30 centímetros. A água foi colocada somente para umedecer o barro. Dois peixes, de pesos 945 e 1260 g foram colocados sobre a lama do aquário preparado como foi dito anteriormente, o qual ficava em frente à janela, recebendo plenamente a luz do dia. No fim de 52 e 112 dias, segundo o caso, o peixe se encontrava completamente enterrado na lama.

Agradecemos ao Dr. Edison Pereira dos Santos pelo tratamento estatístico dos dados obtidos; ao Dr. João Edmundo Lunetta pela revisão dos manuscritos e transporte de animais do Pará; ao Dr. Fernando da Costa Novaes pelo fornecimento dos mesmos e ao Dr. Luiz Miguel Scaff pela acolhida a um de nós (SAWAYA) no Museu Goeldi de Belém do Pará, durante o período de coleta dos peixes.

V — OBSERVAÇÕES E EXPERIÊNCIAS

a) Observação no ambiente natural e captura das *Lepidosiren*.

As observações restringem-se ao comportamento das *Lepidosiren paradoxa* mantidas em aquários no laboratório do Departamento de Fisiologia em São Paulo. As sobre estes peixes na natureza foram objeto de estudo por parte de SAWAYA (1970, no prélo). Em resumo as observações foram as seguintes. Em 1944 foram algumas *Lepidosiren* capturadas nas valas dos arredores de Belém do Pará e estudadas nos laboratórios do Museu Goeldi, constituindo objeto de publicação em 1946 (SAWAYA, 1946: 255). Os peixes eram transportados em bojões de metal com um pouco d'água e depositados nos tanques existentes no jardim do Museu. As observações feitas resumiram-se a verificar as subidas dos animais à superfície do tanque para respirarem e à perfuração das margens dos tanques para fazerem as galerias. Juntamente com as *Lepidosiren* encontravam-se no tanque, outros Peixes como Pirarucus (*Arapaima gigas*), Tucunarés (*Cichla*) e Apaiarís (*Astronotus*).

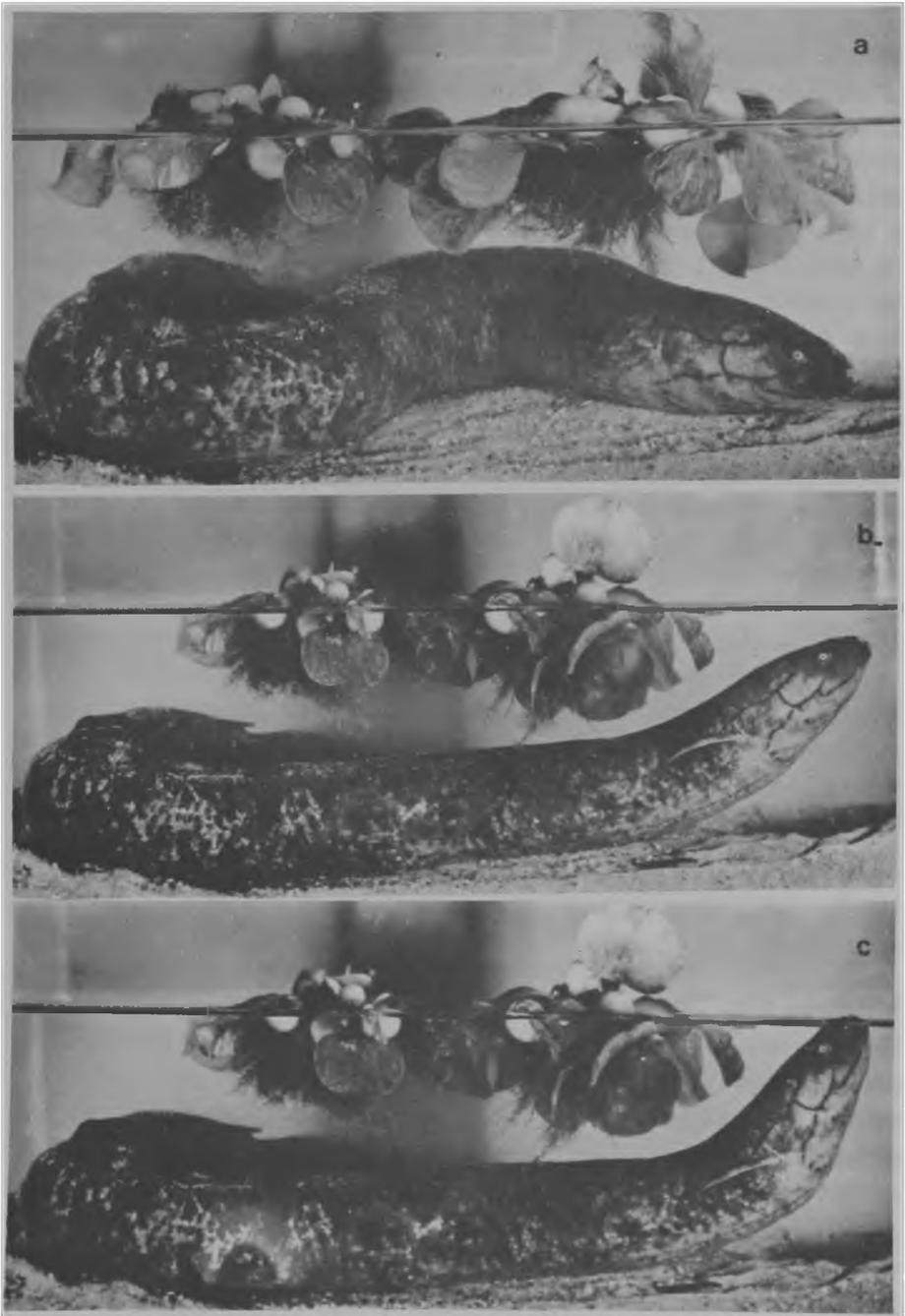


Fig. 6 — Três fases da tomada de ar pela *L. paradoxa*. a — animal em repouso no fundo do aquário; b — animal em ascensão; c — animal atingindo a superfície para respirar o ar atmosférico. (foto, Alain Devez).

Em recente viagem àquela Capital, em 1967 e 1970 (Fig. 1, 2 e 3), um de nós (Sawaya) teve a oportunidade de coletar vários exemplares deste Dipnóico nas mesmas valas nos arredores da cidade. Em 1944, quando as valas referidas apenas foram abertas, em região completamente desabitada, os peixes foram coletados com auxílio de uma peneira. Com a ajuda de um pescador da região, raspava-se a margem das valas com a peneira e os peixes que saíam das galerias eram capturados. Na ocasião (1946) foram os animais mantidos e estudados nos laboratórios do Museu Goeldi. Recentemente (1967) a mesma região já se achava um pouco povoada (Fig. 2) e a captura passou a fazer-se com rede. Um dos pescadores entrava na vala e depunha a rede num determinado local e com outro pescador, arrastava-a numa extensão de cerca de 50 metros. Geralmente, ao retirar a rede da água, vários exemplares de *Lepidosiren* eram colhidos. Em 1970, com auxílio de um pescador, conseguiram-se os exemplares com anzol. Nas valas de água bastante poluída, devido ao fato de achar-se relativamente bem habitada a região, depunha-se uma vara e anzol provido de um pedaço de minhoca (*Pheretima hawayana*). Logo acima (10 cm) da superfície da água, a linha que prendia o anzol era provida de um flutuador (Fig. 4). No momento em que o peixe mordida a isca, o flutuador movia-se, assinalando a presença do animal e o anzol era retirado bruscamente da água, com o peixe nele preso. A ferida ocasionada pelo anzol, não provocava danos ao animal, pelo menos aparentemente. Como referido anteriormente, os animais assim coletados, foram transportados por via aérea para São Paulo e mantidos em aquários nos laboratórios (Fig. 5) em São Paulo.

b. Comportamento das *Lepidosiren* nos aquários

Os aquários de manutenção dos peixes, de volume aproximadamente de 300 litros (Fig. 7) são providos de lama no fundo e água a um nível de 20 centímetros. Foram previamente lavados com solução saturada de permanganato de potássio e gotas da mesma solução colocadas de tempo em tempo na água de manutenção dos peixes. Estas precauções na conservação dos exemplares de Pirambóias em cativeiro são eficientes para evitar a proliferação dos microorganismos infectantes que por vezes se instalam sobre os animais, causando ulcerações. Estas aparecem sob forma de manchas amarelas, onde as escamas caem, expondo a pele, e aprofundam, podendo ser uma das causas da morte do animal. Tais infecções, devem ser tratadas diariamente com solução de permanganato de potássio a 1%. Coloca-se algodão embebido nessa solução sobre o local dilacerado e as ulcerações desaparecem em cerca de 30 dias. So-

luções fracas de NaCl (de 3 a 5%) são também eficientes contra as infecções, por imersão freqüente do animal nesta solução, evitando a região das brânquias. Além disso, arejamento contínuo da água do aquário, embora as Pirambóias sejam de respiração aérea, evita a instalação de microorganismos infeccionantes, principalmente os fungos, devido à agitação constante da superfície líquida provocada pelas bolhas de ar.

A temperatura da água foi mantida de 23 a 25° C, já que se tratam de peixes provenientes de região equatorial cuja temperatura média diária é de 26 a 29° C.

Os aquários contém também plantas aquáticas como *Elodea*, *Salvinia* e *Eichornia*, visto serem freqüentes no ambiente natural em que vivem os animais.

A alimentação é variada, desde pequenos crustáceos de água doce (*Macrobrachium*), minhocas (*Pheretima hawayana*), fatias de carne, até pedaços de pão. Os exemplares jovens aceitam mais facilmente o alimento, que é colocado diariamente no aquário. Um cuidado indispensável é a coleta de detritos deixados pelos peixes após a sua alimentação, pois com a deterioração, se tornam focos de agentes infecciosos.

A renovação da água do aquário é efetuada semanalmente, para evitar a poluição excessiva devida à decomposição das plantas, dos excretas dos animais, etc.

As observações sobre o comportamento das *Lepidosiren paradoxa* no cativeiro são principalmente referentes aos exemplares coletados em 1967, e que se acham nos aquários há aproximadamente 3 anos.

Nos meses de janeiro a março de 1969, quando a temperatura ambiente oscilava entre 20° a 23° C aproximadamente, os peixes se mantinham com uma dieta alimentar adequada, embora não fossem ativos, e permanecessem quase imóveis no fundo do aquário. Durante o período de abril a maio, quando a temperatura ambiente tendia a cair (18° a 20° C), os exemplares iniciaram uma fase de pouca alimentação, ao mesmo tempo que se deslocavam ao longo do aquário, fuçando a lama. Engoliam a terra, soltavam pelo opérculo e esse comportamento, muitas vezes, durava mais de uma hora. Verificaram-se, na época, várias perfurações no lodo e, já no período de junho a agosto, cessou quase por completo a alimentação. Permaneciam sobre a lama aparentemente sem outros movimentos que o da tomada de ar (Fig. 5 a, b, c). Nessa época, colocaram-se as plantas aquáticas acima referidas e verificou-se que os peixes imediatamente as localizavam e as abo-



Fig. 7 — Ninho construído pela *Lepidosiren paradoxa* em um aquário no laboratório. (foto, Paulo Sawaya, 1970).



Fig. 8 — *Lepidosiren paradoxa* após 112 dias de estivação. Notam-se as colônias de fungos sobre o dorso (foto Paulo Sawaya, 1970).

canhavam, arrastando-as para locais, principalmente onde antes realizaram as perfurações. Notou-se que o comportamento citado era mais intenso num animal do que no outro, estando ambos em condições ambientais idênticas.

De setembro a outubro, quando houve ligeiro aumento na temperatura, os peixes retomaram as atividades. Frequentemente foram surpreendidos durante a caça às presas, principalmente os camarões de água doce, devolvendo-os e devolvendo em seguida o exoesqueleto.

Quando em junho de 1970 novos lotes de Tambaki-M'boya foram trazidos por um de nós (Sawaya), novos aquários foram preparados, segundo as técnicas já descritas e a temperatura da água foi ajustada e controlada para cerca de 23° a 25° C. A essa temperatura, os peixes que estavam sob observação e que novamente iniciavam a fase de não atividade, demonstraram comportamento não verificado até aquele momento. Passaram a comer com mais frequência, aceitando todos os tipos de alimentos, a saber, pão, carne, camarão, minhocas, etc. Com maior preferência por fatias de carne e minhocas. A cauda desses peixes que se achava enrugada, após 2 ou 3 meses de vida ativa a essa temperatura distendeu-se, o que lhes dava uma aparência de maior comprimento do corpo.

Poder-se-ia concluir que, pelo menos para o caso dos peixes em observação, a temperatura ambiente toma parte no comportamento aquático e estival, entre outros fatores como nível da água, luminosidade, etc.

Os peixes, em geral, fogem do local mais iluminado e nota-se uma preferência em permanecer entre as raízes das plantas aquáticas, próximas à superfície da água. Quando uma das plantas é renovada, imediatamente isto é percebido pelos animais, que se colocam junto das raízes e realizam movimentos de sucção. Não se sabe ainda, exatamente, o porque dessa preferência pelas plantas recém chegadas das lagoas.

Sobre o comportamento dos peixes mantidos em laboratório, foram estas as observações por nós efetuadas, durante o decorrer do trabalho proposto.

c. Construção dos ninhos em laboratório

Dos peixes recém chegados ao laboratório no dia 10 de junho de 1970, dois adultos colocados em aquário com terra e água tentavam com frequência perfurar a lama. Após dois dias de observação, como ambos continuaram a demonstrar o mesmo comportamento, foram transferidos para

um novo recipiente contendo lama úmida em grande quantidade. Os peixes, apenas colocados no aquário, enterraram-se, forçando a lama com o focinho. Durante as duas semanas que se sucederam, percebiam-se os movimentos sob a terra. À medida que esta secava, tais movimentos não mais puderam ser notados, distinguindo-se somente a abertura da galeria antes perfurada. Após 52 dias, quando a terra já se achava completamente seca e a superfície fendida, um dos peixes foi removido, cortando-se o barro endurecido. Pela remoção, verificava-se que as paredes das galerias eram uniformes, lisas, endurecidas e secas, terminando numa câmara mais ampla onde o animal se deitava (Fig. 7), enrolado com a parte anterior recoberta pela cauda. Esta câmara, mais úmida em relação às outras paredes, continha certa quantidade de água, sobre a qual era deitado todo o peixe. A pele deste apresentava-se brilhante e extremamente limpa. A forma deste ninho não se assemelha ao casulo comumente elaborado pelo Dipnóico africano. Outra peculiaridade foi a da proliferação de fungos na superfície do barro endurecido, a qual não progredia para o interior da galeria.

Durante a remoção, o peixe soltava gritos e quando completamente exposto, atacava o instrumento com o qual havia sido estimulado. Feitas as observações e experiências descritas à pág. 22 o animal foi reconduzido ao ninho que fora cuidadosamente reconstruído, de maneira a reproduzir o original.

Passados 112 dias, novamente fez-se a remoção do barro, desta vez desenterrando-se os dois exemplares. Bem nítidas foram as diferenças apresentadas entre ambos, tais como: o corpo do já removido anteriormente estava recoberto de fungo e bem edemaciado, assim como as paredes da câmara que se achavam invadidas pelos fungos. Além disso, a toca apresentava-se completamente seca, tendo sido constatado que o animal não se achava enrolado, apresentando, a parte anterior do corpo, completamente descoberta. O outro, cuja remoção somente se efetuou após 112 dias de estivação, mostrava aspectos diferentes. O corpo achava-se enrolado, a região dos olhos coberta pela cauda; pele limpa e brilhante. A toca em que esse animal se achava deitado era também limpa, cujas paredes eram lisas e cobertas de secreção mucosa, o que lhe dava um aspecto brilhante. No fundo da toca, existia ainda, certa quantidade de água. Enfim, o aspecto geral era o mesmo do peixe que fora anteriormente removido, com 52 dias de estivação. Notaram-se também semelhanças entre um e outro com 112 dias de vida estival. Assim, ambos apresentavam-se edemaciados, princi-

palmente na região anterior do corpo, as nadadeiras peitorais, as pélvicas estavam completamente aderidas ao corpo e a cauda mostrava-se enrugada, a pele formando pregas, tanto num, quanto no outro peixe (Fig. 8). As aberturas operculares pareciam fechadas pelo muco concentrado no local e uma porção de barro úmido foi encontrada na boca dos animais.

Terminadas as observações e a extração do sangue, um dos peixes estivados foi reconduzido à vida aquática a fim de se averiguar o comportamento pós-estival. Colocado num aquário contendo água com 10 cm de altura com algumas plantas aquáticas. A frequência da tomada de ar foi controlada, notando-se que, no período do reinício da vida aquática, o peixe executava o movimento da tomada de ar muito lentamente, de 15 em 15 minutos aproximadamente. A secreção do muco era tão intensa nos primeiros dois dias, que necessitava uma renovação constante da água de manutenção, dada a turvação da mesma. Uma semana depois, a tomada de ar ficou mais freqüente, isto é, uma tomada a cada 8 ou 10 minutos. Para evitar que o animal entrasse em letargia e para obrigá-lo a movimentar-se, o nível da água foi sendo aumentado gradualmente, o que foi acompanhado pelo aumento na atividade do peixe. Durante a primeira semana de vida aquática, o peixe rejeitou qualquer tipo de alimento. Com 15 dias de pós-estivação, parecia que o animal já percebia o alimento colocado no aquário e deslocava-se à sua procura, sem contudo aceitá-lo. Somente após 20 dias, iniciou-se a alimentação. Desde a primeira tomada de alimento, as atividades de locomoção, tornaram-se cada vez mais intensas, recuperando-se completamente no vigésimo quinto dia, quando todo o comportamento já era comparável ao do peixe ativo. Notou-se assim, que a recuperação das atividades é bastante rápida, assim como o desaparecimento das infecções que haviam sido notadas na região anterior do corpo durante a vida estival artificial de 112 dias.

d) Metabolismo de glicose

Como se sabe, a taxa de glicose circulante de sangue é regulada com a participação de vários órgãos endócrinos, principalmente a hipófise, tiróide, cortex supra-renal e pâncreas. No estudo do funcionamento do sistema endócrino a variação do nível glicêmico do sangue no peixe ativo e no estivado poderá resumir, como disse, como ponto de referência bastante interessante,

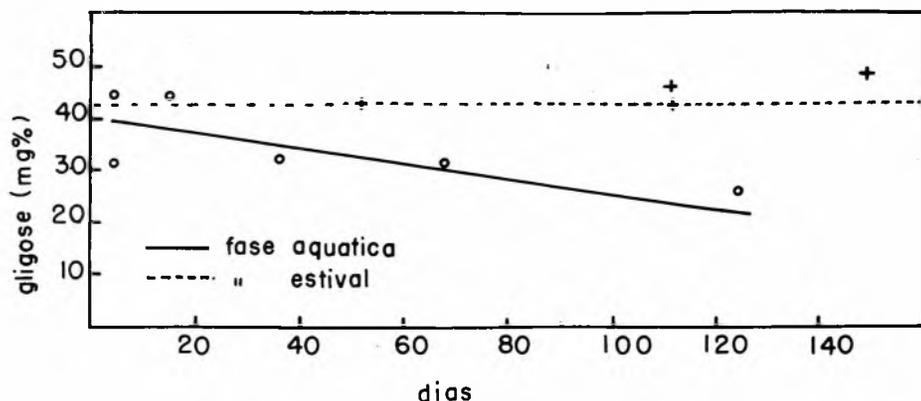


Fig. 9 — Relação entre a quantidade média de glicose de *Lepidosiren paradoxa* em vida aquática e estival e o número de dias de aclimação.

visto ser o estado estival nos Dipnóicos uma fase muito peculiar e muito diferente da aquática. O estado estival caracteriza-se por um jejum prolongado, metabolismo respiratório reduzido, pequena atividade tireóidea, imobilidade, etc, como é assinalado na bibliografia apresentada anteriormente. Vivendo num ambiente terrestre de pouca umidade, estes peixes deverão apresentar, além da tiróide, outros órgãos endócrinos implicados no fenômeno estival. Partindo desta hipótese, a determinação da glicose do sangue poderia indiretamente, revelar informações interessantes para o estudo da endocrinologia destes peixes.

Para a realização do trabalho proposto, cinco animais foram utilizados, sendo três ativos e dois estivados. Tanto para o primeiro caso, quanto para o segundo, um mesmo animal foi submetido à coleta de sangue por mais de uma vez, e os resultados são apresentados nas Tabelas I, II e III.

Quando o mesmo animal era sangrado por mais de uma vez, isto se fazia permitindo-lhe um tempo de recuperação de mais de um mês, o que se admitia quando as atividades eram retomadas. Dados sobre animais cujo sangue foi retirado em condições diferentes não foram incluídos nas tabelas.

TABELA I

Teor de glicose no sangue de *Lepidosiren paradoxa* na fase ativa aquática. T = 25° C

Animal	Peso (g)	Dias de aclimação	Tempo de recuperação (dias)	Amostras	Glicose (mg%)
P ₄	1 550	16		1	41.0
				2	41.0
				3	46.0
				4	46.0
				5	46.0
P ₄	1 350	68	53	1	31.0
				2	32.0
				3	32.0
				4	32.0
				5	31.0
P ₄	1 450	125	56	1	27.0
				2	27.0
				3	26.0
				4	27.0
				5	27.0
P ₅	240	5	60	1	32.0
				2	31.0
				3	32.0
				4	31.0
				5	31.0
P ₆	1 010	5	60	1	46.0
				2	46.0
				3	45.0
				4	45.0
				5	45.0

TABELA II

Teor de glicose no sangue de *Lepidosiren paradoxa* na fase estival. T = 25° C

Animal	Peso (g)	Dias de estivação	Tempo de recuperação (dias)	Amostras	Glicose (mg%)
P ₇	945	52		1	43.0
				2	43.0
				3	41.0
				4	42.0
				5	43.0
P ₇	945	112	52	1	43.0
				2	41.0
				3	41.0
				4	42.0
				5	43.0
P _R	1 260	112		1	46.0
				2	46.0
				3	46.0
				4	45.0
				5	46.0
P _R	1301,30	149	37	1	46.0
				2	51.0

TABELA III

Teor de glicose no sangue de *Lepidosiren paradoxa* reconduzida à vida aquática.
T = 25° C

Animal	Peso (g)	Dias de aclimação	Tempo de recuperação (dias)	Amostras	Glicose (mg%)
P ₇	1049,80	37	37	1	36.0
				2	36.0
				3	32.0
				4	27.0
				5	32.0
				6	27.0
				7	27.0

VI — DISCUSSÃO

A formação de ninho em forma de casulo pelo *Protopterus* foi amplamente estudada por vários autores, ao passo que a do ninho das *Lepidosiren* é pouco conhecida, persistindo ainda dúvidas sobre a ocorrência da forma de casulo semelhante a do exemplar africano.

GOELDI (1897: 921) afirma que a *Lepidosiren* da Amazônia não constrói casulo, que, como foi dito, é constituído por uma mistura de muco e barro seco e endurecido, ao qual o animal adere, ficando assim protegido. KERR (1898: 41) ao comunicar os dados de Hunt sobre as *Lepidosiren* do Chaco, descreveu os ninhos em forma de casulo tal como faz o *Protopterus*.

Tais informações sugerem que das condições ambientais diferentes, pelo menos com relação ao regime de chuvas, das duas regiões, Chaco paraguaio e região Amazônica, dependeria esse comportamento distinto, durante a estação. A esse respeito SAWAYA (1946: 271) pondera que na região de Belém do Pará, parece que as *Lepidosiren paradoxa* não têm necessidade de construir o ninho em forma de casulo, visto não ocorrer durante todo o ano, estação propriamente seca. Confirma, assim, as informações de GOELDI (l. c.). Por sua vez, CARTER e BEADLE, que estudaram a região do Chaco e da Amazônia (1930: 197) fazem a mesma distinção. Pelo exame da região do Chaco paraguaio notaram que, logo abaixo da lama, existe uma camada de argila, impermeável à água. As *Lepidosiren* que habitam o local, constroem a toca no leito do charco, sobre a argila, que parece oferecer proteção suficiente aos peixes na ocasião da seca. Assim, as *Lepidosiren* dessa região parecem não

necessitar de casulo, que nunca foi visto pelos autores. Esta afirmação de CARTER e BEADLE contradiz a de HUNT segundo carta deste autor a KERR em 1898.

Segundo BRIEN, POLL e BOUILLON (1958: 22), a espécie africana *Protopterus dolloi*, não fica encasulada na estação seca, permanecendo dentro da toca que retém umidade suficiente no seu interior. Parece, portanto, ser a ponderação de SAWAYA (1946: l. c.) acertada, e o comportamento do animal sobre a construção ou não do ninho, poderá considerar-se como uma resposta direta à condição do ambiente, seja condicionada por fatores meteorológicos, seja pela natureza do solo.

As nossas observações sobre a estivação artificial revelam haver formação de ninho, mas não em forma de casulo, aproximadamente quatro meses após o início da estivação, período permitido aos animais de permanecerem nesse estado. Os ninhos eram constituídos de galerias e uma câmara no fundo da qual o animal se abrigava e que lhe oferecia alta umidade. Ao meu ver, a inexistência de um casulo poderia ser decorrente da dessecação rápida do barro, dada a quantidade pequena de terra e da incidência direta dos raios solares sobre a sua superfície, o que favorece a evaporação rápida da água. Isto não exclui a hipótese de os exemplares provenientes de Belém, normalmente apresentarem o hábito de construir a toca sem casulo de muco e barro endurecido. Em 1963, quando PÉREZ-GONZÁLEZ, e GRINKRAUT (p. 279), e, mais tarde, em 1968, PÉREZ-GONZÁLEZ e SAWAYA (p. 393) ao realizarem a mesma experiência, porém com abaixamento lento e gradativo do nível da água, conseguiram induzir as Tambaki-M'boya à estivação, mas mesmo após seis meses de vida estival, o ninho não apresentava um casulo, característico do representante africano.

Parece importante o fato da não proliferação dos fungos no interior da toca intacta. Somente o peixe, cuja galeria fora anteriormente aberta, estava recoberto por esses microorganismos, o mesmo acontecendo com as paredes das galerias, o que sugere uma propriedade antifúngica do muco, garantindo assim, a sobrevivência do animal. Julgamos esta suposição viável uma vez que os fungos atacavam a parte superficial do barro, em contacto direto com o meio ambiente, e não o interior da toca, enquanto esta não era removida de vez. De alguma maneira, esta barreira é vencida quando a toca é destruída, pois apesar da cuidadosa reconstrução da mesma, o peixe desenterrado pela segunda vez, apresentava-se infectado pelos fungos, assim como as paredes da galeria. A esse respeito, SMITH (1930, p. 98) sugeriu que o casulo de *Protopterus* constituiria uma barreira física muito eficiente contra microorganismo infecciosos e contra a desidratação. De fato, também com as *Lepido-*

siren estivadas em São Paulo verificou-se a presença de certa quantidade de água no fundo da galeria e sob o animal apesar de 112 dias de estivação em barro seco.

O muco das *Lepidosiren* possui também outra propriedade, isto é, a de aglutinação. Ajuntando-se o muco a uma suspensão de lama em certa quantidade de água, os grânulos de terra logo se precipitam deixando a água sobrenadante bastante clara e transparente, o que ocorre em cerca de cinco segundos.

Outro aspecto interessante vem a ser o da rápida recuperação do animal estivado, logo que reconduzido à água. Em menos de uma semana na água, nota-se uma retomada de atividade, que ao vigésimo quinto dia, aproximadamente, se torna tão intensa quanto a de um peixe de vida livre aquática.

Quanto à glicemia, como se verá pelas informações bibliográficas a seguir, os peixes apresentam nível glicêmico que varia de tempo em tempo, de acordo com as estações do ano, as condições fisiológicas do animal e as horas do dia e a alimentação.

O mecanismo da regulação do metabolismo de carboidratos, especialmente o da glicose sanguínea, foi amplamente estudado em mamíferos, aves, répteis e anfíbios, mas com relação aos peixes, os dados são mais escassos.

Sabe-se dos trabalhos de SIMPSON (1928: 197) que *Ophiodon elongatus*, peixe marinho, possui um teor muito baixo de glicose sanguínea, da ordem de 0,025 mg%. Em condições de asfixia, este teor fica elevado para cerca de 0,125 mg%. O mesmo não acontece quando os peixes são hepatectomizados, cujo nível glicêmico se mantém semelhante ao do normal sem asfixia. LAZAROW e BERMAN (1947: 219), utilizando peixes marinhos conhecidos por “diabos marinhos”, verificaram o efeito de aloxana sobre o teor de glicose do sangue circulante. Notaram que as doses de 400 a 600 mg/kg de aloxana afetavam a glicemia, elevando-a a mais de 100 mg%, quando o teor normal era em média 54 mg% sem a administração dessa substância. Verificaram ainda os autores, que a glicemia normal apresentava uma amplitude de 26 a 86 mg%, dependendo do peixe, e da dieta alimentar. Da mesma maneira, NACE (1955: 366), pela injeção dessa mesma substância no “diabo marinho”, registrou a hiperglicemia marcante. A faixa de variação encontrada na glicemia de peixes normais foi de 20 a 185 mg%. Posteriormente, MURREL e NACE (1958: 1121) encontraram em *Ictaluris* e *Opsanus* um teor glicêmico normal de 15 a 250 mg%. Já em 1964, NACE, MOULE e SHUH (p. 225), em trabalhos mais extensos, utilizando o “diabo marinho”, notaram que a glicemia durante os meses de inverno é mais alta (100 mg% em

média) em relação à do início de primavera e verão (33 mg% em média). Não verificaram os autores, a relação entre peso e teor de glicose, nem idade e teor de glicose. Os machos apresentaram um nível glicêmico ligeiramente superior em relação às fêmeas, durante a época da reprodução, a qual coincide com os meses de primavera e verão. O grande aumento ocorrido no inverno, comparado com a taxa glicêmica de verão, dizem os autores, poderia ser relacionado com a osmoconcentração, já referido por SCHOLANDER e col. (1957: 29) para peixes árticos. Vários autores comentam ainda os resultados obtidos por SCHOLANDER e colaboradores que verificaram o fato de peixes de águas rasas, mais frias, abaixo de 0°C, estarem protegidos do congelamento por um aumento na osmoconcentração de glicose do sangue, resultando num rebaixamento do ponto de coagulação.

Pelo que foi visto na bibliografia sobre a glicemia dos peixes, nota-se que nesses animais existe uma faixa de variação muito ampla dentro de uma mesma espécie ou entre as diferentes espécies.

Os resultados obtidos na experiência com as *Lepidosiren* indicam a existência de uma relativa variação no teor de glicose sanguínea (Fig. 9), que vai desde 26,8 mg% até 45,4 mg%, nos animais em vida aquática. O gráfico apresentado na Figura 9 parece sugerir ocorrência de relação entre tempo de permanência no cativeiro e glicemia, isto é, à medida que aumenta o tempo de aclimação, decresce o teor de glicose sanguínea das *Lepidosiren* aquáticas ativas.

Deve-se considerar que foram utilizados peixes de diferentes pesos e cujos sexos não foram determinados. Além disso, quando um animal é submetido às coletas sucessivas de sangue, efetuadas por punção cardíaca, a lesão, embora muito pequena, poderia afetar o teor de glicose do sangue. Ainda mais, a meu ver, dever-se-ia considerar que a contenção da *Lepidosiren* é difícil, principalmente devido à excitação do animal e a grande quantidade de muco por ele secretada no manuseio.

Para eliminar o fator enfraquecimento, quando o animal era submetido a mais de uma extração de sangue, a segunda sangria só era feita após a recuperação pelo menos aparente do peixe. Esta recuperação fazia-se em cerca de um a dois meses, quando ele já se achava alimentando normalmente e quando outras atividades, como a locomoção, se davam como as dos não operados.

Uma das possíveis explicações da queda de glicemia dos peixes ativos, poderia ser o fato de as Tambaki-M'boyas se acharem em condições diferentes das do ambiente natural, isto é, confinadas em espaço restrito de aquários de manutenção. No cativeiro, os peixes movem-se continuamente, o que deve

concorrer para a alteração do metabolismo glucídico, pois gastos de energia durante a locomoção devem ser altos. O tipo de alimentação é artificial, diferente provavelmente do encontrado na natureza, o que também poderia ser outra possível causa do fenômeno observado. Outras interpretações poderiam ser sugeridas, mas como os dados ainda são escassos, somente novas experiências poderão propiciar outras ponderações.

Considerando-se a dosagem inicial de glicose sangüínea como correspondente ao valor normal dos peixes em vida aquática no laboratório, a faixa de variação é da ordem de 31,4 mg% até 45,4 mg%.

Com relação aos peixes estivados, os dados obtidos, embora insuficientes, revelam informações interessantes sobre a glicemia. O peixe P₇, após 52 dias de vida estival e novamente, com 112 dias, foi submetido à coleta de sangue e, feitas as medidas, mostrou uma constância no teor da ordem de 42 mg% de glicose. Este, reconduzido à vida aquática logo após a última tomada de sangue da fase estival, ficou em observação. Seguidos 37 dias em vida livre aquática, o peixe foi sangrado pela terceira vez e a dosagem glicêmica forneceu em sete amostras de sangue, uma média igual a 31,7 mg%. Então, o nível glicêmico estival que era de cerca de 42 mg%, diminuiu para 31,7 mg% ao voltar à vida ativa. Segundo o teste de Student, as quantidades médias de glicose sangüínea para o animal P₇, na vida estival e aquática, apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%.

O peso desse peixe sofreu um acréscimo de 104,80 g ao voltar à água, que pode ser devido à hidratação do animal. Deve-se lembrar ainda que essa diferença de peso está sujeita a erros, uma vez que o peixe quando pesado na vida estival, apresentava o corpo infectado pelos fungos, e grãos de areia sempre permanecem aderidos à pele nessa fase de vida inativa.

Poder-se-ia interpretar a diminuição da glicemia de P₇, obtida na terceira dosagem, como sendo provocada pela atividade geral do animal, que caracteriza a fase aquática. Um peixe, em estado de estivação, parece apresentar metabolismo relativamente baixo, permanecendo imóvel e em jejum, por longo período de tempo. Sabe-se que *Protopterus*, ao ser examinado quanto ao consumo de oxigênio, reduziu a taxa de O₂ a 40% aproximadamente, ao que seria na vida ativa, estando ele estivado por longo tempo (SMITH, 1930: 106). Essa taxa aumentou rapidamente quando o peixe foi colocado na água e foi obrigado a nadar (p. 108). Além disso LÉLOUP (1958b: 831; 1963: 285), estudando *Protopterus annectens* verificou um hipofuncionamento tireóideo na fase estival e recuperação imediata do órgão ao ser reconduzido ao ambiente aquático. Estes dados parecem indicar que o metabolismo abaixo da vida es-

tival é recuperado em pouco tempo ao passar o animal para a vida aquática.

O decréscimo do teor glicêmico observado na Pirambóia P₇, poderia então, ser devido ao aumento no metabolismo total do animal, inclusive o da glicose, pois todas as atividades normais de um peixe aquático são readquiridas ao voltar para a água. Houve, provavelmente, como conseqüência, maior consumo de glicose do sangue, pois a glicose é o carboidrato mais comumente oxidado, segundo as necessidades biológicas do animal. Deve-se levar em conta também o fato desse animal ter permanecido 112 dias em fase de "letargia" em jejum completo e seu coração foi puncionado por três vezes. Esta lesão que dificulta a alimentação, somada à atividade da vida aquática, requer um gasto de energia alto, e o consumo de glicose também será conseqüentemente alto, o que justificaria o baixo teor observado na *Lepidosiren* reconduzida à água.

O peixe P₈, cujo sangue foi retirado pela primeira vez após 112 dias de estivação, apresentou uma taxa de 45,8mg% em glicose do sangue. Decorridos 37 dias da primeira coleta, novamente o animal foi submetido à mesma operação obtendo-se 48,5 mg% em média. O fato de não haver queda de glicemia em P₇ e P₈, no estado estival, parece sugerir uma manutenção de glicemia durante o fenômeno da estivação, ao contrário dos peixes ativos, em que a faixa de variação de glicemia foi relativamente ampla — 31,4 a 45,4 mg%.

A manutenção da glicemia na fase estival pelas Pirambóias merece várias interpretações. Poderia, por exemplo, ser devida à economia que o peixe faz estando imóvel, e portanto a atividade muscular ausente, queda da atividade circulatória, respiratória, etc. Tratando-se de animal que em ambiente natural normalmente passa à vida terrestre latente na ausência da água, e permanece nesse estado por longo período de tempo, deverá possuir provavelmente um mecanismo, talvez endócrino, muito eficiente, garantindo-lhe a sobrevivência. Além dessa hipótese, uma outra, também viável a ser considerada, é a da manutenção de glicemia pela glicogenólise. A comprovação dessa hipótese dependeria da determinação quantitativa da taxa de glicogênio hepático, tanto no animal aquático, quanto no estivado, o que se espera realizar nas pesquisas ulteriores. Estas possíveis explicações do fenômeno observado na glicemia dos peixes estivados não excluem a possibilidade da manutenção de glicemia provocada por asfixia parcial. Pelos relatos de SIMPSON (1928: 199), a asfixia pode causar pronunciada hiperglicemia em peixes. Ao meu ver, a disponibilidade de oxigênio é satisfatória nos peixes enterrados em profundas galerias, pelo menos em condições do laboratório. No entanto, pelo fato de não ter sido possível ainda determinar quais as condições oferecidas ao

animal enterrado durante a estivação, o problema fica em aberto para futuras investigações, as quais terão prosseguimento de acordo com os recursos disponíveis.

Dados não incluídos nas tabelas referem-se aos resultados obtidos com Pirambóias em condições distintas. Um deles foi o de um animal ferido durante a viagem de transporte de Belém para São Paulo, o qual, devido à extensão do ferimento, foi considerado irrecuperável, tendo sido aproveitado para dosagem imediata da glicose no sangue. Em dez amostras colhidas, a média foi de 197 mg%, isto é, cerca de quatro vezes maior em relação aos demais em condição normal. Esta hiperglicemia pode apresentar várias causas, tais como a asfixia, pois o peixe achava-se quase impossibilitado de subir à tona para tomada de ar. Poderia ser o caso também da hiperglicemia, o fator sangria, o que provocaria "stress", estimulando a produção de adrenalina e conseqüente aumento no teor de glicose no sangue. Outro peixe, de peso 240 g, foi anestesiado com MS 222 0.2%, numa proporção de 1/3 em água de manutenção dos peixes. A anestesia dificultou a tomada de sangue, o qual coagulava rapidamente. Por esta razão, somente duas amostras foram obtidas e a média da dosagem foi de 17 mg% de glicose. Outros peixes, em número de três, foram capturados em Belém e o sangue retirado imediatamente e desproteínizado. As amostras assim preparadas chegaram ao laboratório de São Paulo para dosagem. Da coleta de sangue à dosagem decorreram dois dias, razão pela qual não se incluíram na tabela os resultados obtidos, que foram respectivamente: 56 mg%, 46 mg% e 61 mg%. Se estes valores forem confirmados, então os peixes na natureza apresentam glicemia pouco superior em relação aos mantidos em laboratórios.

VII — CONCLUSÕES

1. A construção de ninhos em forma de casulo pelas *Lepidosiren* depende das condições ambientais. Nas regiões secas, como a do Chaco Paraguai, o casulo pode ser encontrado, mas nos locais com permanente regime de chuvas ocorrem apenas ninhos em forma de galerias.
2. Em condições experimentais, no laboratório, é possível induzir a *Lepidosiren* à construção de ninhos com lama, mas não adquire a forma de casulo.
3. Quando o peixe é retirado do ninho, mostra-se agressivo, com o corpo edemaciado e a cauda enrugada, assim como os filamentos anteriores e pélvicos que ficam completamente aderidos à pele do animal.
4. As galerias, uma vez abertas, recobrem-se logo de fungo, o mesmo

- acontecendo com o peixe aí colocado.
5. Quando encerrado no ninho constituído de galerias, o peixe apresenta o corpo encurvado de modo a colocar a cauda sobre os olhos, o que induz a admitir a influência da luz no fenómeno da estivação.
 6. *Lepidosiren* recém-capturadas e em vida aquática apresentam um teor de glicose do sangue que varia de 26,8 a 45,4 mg%.
 7. Os mesmos animais em período estival mantêm o teor glicêmico de 42 mg% a 48.2 mg%.
 8. Quando um animal estivado é reconduzido à atividade no ambiente aquático, há queda de glicemia de 42 mg% para 31,7 mg%, diferença esta estatisticamente significativa.
 9. Os dados dos itens 6 e 7 indicam que o período de estivação de 140 dias não é ainda suficiente para alterar a glicemia de *Lepidosiren paradoxa*, ou então que o peixe possui recursos ainda não conhecidos para manter o equilíbrio glicêmico.
 10. Vários aspectos novos do comportamento das *Lepidosiren paradoxa* em cativeiro são apresentados e discutidos no presente trabalho.

VIII — BIBLIOGRAFIA

- ACHER, R. J. CHAUVET and M. T. CHAUVET — 1970 — A tetrapod neurohypophysial hormone in african lungfishes. *Nature*, London, 227:186-187.
- AGAR, W. E. — 1908 — On the appearance of vascular filaments on the pectoral fin of *Lepidosiren paradoxa*, *Anat. Anz.* 33:27-30.
- AYERS, H. — 1885 — Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Dipnoer. *Jen. Zeit. Naturw.* 18:478 ap.Baur, G. 1887:575.
- BAUR, G. — 1887 — Ueber *Lepidosiren paradoxa* Fitzinger. *Zool. Jahrb. System. Okol. u. Geograph.* 2:575-582.
- de BEER, G. R. — 1962 — The comparative anatomy, histology and development of the pituitary body. ap. Dawson, 1940 — *Biol. Bull.* 78:275-282.
- BERN, H. A. — 1969 — Urophysis and caudal neurosecretory system. em: Hoar, W. S. & D. J. Randall. *Fish. Physiology* 11:446pp. Acad. Press. (ed.). New York.
- BERN, H. A. and N. TAKASUGI — 1962 — The caudal neurosecretory system of fishes, *Gen. comp. endocrinol.* 2:96-100.
- BISCHOFF, L. M. — 1840 — Description anatomique du *Lepidosiren paradoxa*. *Ann. Sc. Nat. sér. 2*, 14:116-159.
- BISHOP, I. R. and G. E. H. FOXON — 1965 — A visit to the lower Amazon. *Nature*, London. 208:114-117.
- 1968 — The mechanism of breathing in the South American Lungfish, *Lepidosiren paradoxa*; a radiological study. *J. Zool. (Proc. Z. Soc. London)*. 154: 263-271.
- BLANC, M., F. d'AUBENTON et Y. PLESSIS — 1956 — Mission M. Blanc F. d'Aubenton (1954). IV. Étude de l'enkystement de *Protopterus annectens* (Owen 1839). *Bull. Inst. Frac. Afr. Noire, sér. A, Sc. Nat.*, 18 (3)843-854.

- BRIDGE, T. W. — 1897 — Memoir on the morphology of the skull in the paraguayan *Lepidosiren* and other Dipnoi. Proc. Zool. Soc. London. 1897: 602-603.
- BRIEN, P. M. Poll et J. BOUILLON — 1958 — Une mission zoologique. CEMUBAC au Stanley Pool (1957). Mem. acad. roy. col. 7(6):1-37.
- BRÜHL, C.B. — 1847 — Anfangsgründe der vergleichenden anatomie em Das Fischskelett (1-3):216-221, 19 t. "Das Kopfskelett von *Lepidosiren*" ap. Bauer, G. 1887:583.
- CARTER, G. S. and L.C. BEADLE — 1930 — Notes on the habits and development of *Lepidosiren paradoxa*. J. Linn. Soc. 37:197-203.
- de CASTELNAU, F. — 1885 — Animaux nouveaux ou rares... de l'Amerique du Sud. Poisson II. 112 pp. 50 t. Bertrand ed. Paris.
- CEHOVIC, M.G. — 1957 — L'effect de l'obscurité continue sur la fixation de 131 I dans la tyroïde des Grenouilles (*Rana esc et R. temp.*). C.R. Soc. Biol. 244:2647-2650.
- CHARIPPER, H. — 1937 — The morphology of the hypophysis in lower vertebrates, particularly fish and amphibia, with some notes on the cytology of the pituitary of *Incarassius auratus* (the goldfish) and *Necturus maculosus* (the mud-puppy). Cold Spring Harbor Symposia on Quant. Biol. 5:151-164.
- COATES, C. W. — 1937 — Slowly the lungfish gives up its secrets. Bull. New York Zool. Soc. 40 (1):25-34.
- CONANT, E.B. — 1970 — Regeneration in the african lungfish, *Protopterus*. I. — Gross aspect. J. Exp. Zool. 174(1):15-25.
- CUNNINGHAM, J. T. — 1929 — The vascular filaments on the pelvic limbs of *Lepidosiren*, their functions and significance. Proc. roy. Soc. sér. B. 105:484-493.
- CUNNINGHAM, J.T. and D.M. REID — 1932 — Experimental researches on the emission of oxygen by the pelvic filament of the male *Lepidosiren* with some experiments on *Symbranchus marmoratus*. Ibidem, 110:234-248.
- CURRY-LINDAHL, K. — 1956 — On the ecology, feeding behaviour and territoriality of the african lungfish, *Protopterus aethiopicus* Heckel. Arkiv zool. 9:479-497.
- DAWSON, A.B. — 1940 — The pituitary gland of the african lungfish *Protopterus aethiopicus*. Biol. Bull. 78:275-282.
- DORN, E. — 1957 — Über das Zwischenhirn-Hypophysensystem von *Protopterus annectens*. Z. Zellforsch. 46:108-114.
- DUMÉRIL, M. A. — 1866 — Observations sur des Lépidosireniens (*Protopterus annectens*, Rich. Owen) qui ont vécu à la Ménagerie des Reptiles du Muséum d'Histoire naturelle et y ont formé leurcocon. C.R. Acad. Sci. Paris 62:97-100.
- 1870 — Histoire naturelle des Poissons, t. II:427-469. Paris. ap. Baur, 1887, p. 578.
- FLORENTIN, P. et STUTINSKI — 1936 — Modifications cytologiques de la glande pituitaire des Grenouilles maintenues a l'obscurité. C.R. Soc. Biol. 122: 674-676. Paris.
- FOLLET, B. K. & H. HELLER — 1962 — The neurohypophysial hormones of the african lungfish, *Protopterus aethiopicus*. Proc. 1t. Conf. Europ. comp. Endocrinologist, London. Gen. comp. Endocrin. 2:606-607.
- FOLLET, B. K. — 1964 — The neurohypophysial hormones of lungfishes and amphibians. J. Physiol. 172:92-106. Great Britain.
- FONTAINE, M., J. LELOUP et M. OLIVEREAU — 1953 — Étude histologique et bio-

- chemique de la glande thyroïde de l'anguille hypophysectomisée. C.R. Soc. Biol. 147:255-257.
- FONTAINE, M., J. DAGET et C. ROUX — 1961 — Certaines différences qualitatives d'activité thyroïdienne téléostéens d'une part, de dipneuste et mammifères d'autre part, ont-elles une signification adaptative ou phylogénétique? Bull. Soc. Zool. France 86(2,3):357.
- FOXON, G.E.H. — 1933 — Pelvic fins of the *Lepidosiren*. Nature, London, 131: 732-733.
- FULLARTON, M. H. — 1931 — Notes on the respiration of *Lepidosiren*. Proc. Zool. Soc. London. 1931: 1301-1306.
- GOELDI, E.A. — 1897 — Notice of a memoir on the *Lepidosiren paradoxa* of the Amazons. Ibidem: 921.
1898 — Further notes on the Amazonian *Lepidosiren*. Ibidem 57: 852-857.
- GORBMAN, A. and H.A. BERN — 1962 — A textbook of comparative endocrinology. XVI + 468 pp. John Wiley & Sons, Inc. (ed.) N. Y. and London.
- GRIFFITHS, M. — 1938 — Studies on the pituitary body. II. — Observations on the pituitary in *Dipnoi* and speculation of the pituitary. Proc. Linn. Soc. N.S. Wales 63: 89 pp.
- GÜNTHER, A. — 1870 — Catalogue of the fishes in the British Museum, 8:322-323. London. ap. Baur. 1887, p. 578.
- HECKEL, J. — 1845 — Bemerkungen über *Lepidosiren paradoxa* in: Müller's Arch. p. 534-535. ap. Baur, G. — 1887, p. 577.
- HOCHACHKA, P. W. — 1967 — Heat denaturation and inactivation of LDHs in lungfish. Progress Report. R/V Alpha Helix Amazon Expedition 1967, B-13: 1-2.
1967 — LDH function in *Electrophorus* swimbladder and in the lungfish lung. Ibidem B-14: 1-2.
1967 — Metabolism of Glucose-1-C¹⁴ and Glucose-6-C¹⁴ in *Symbranchus* and *Lepidosiren*. Ibid. B-15: 1-2.
1967 — The nature of thermal optimum for lungfish enzymes. Ibid. B-16: 1-2.
- HOEVEN, J. van der — 1837-8 — Over *Lepidosiren paradoxa*, Tijdschr. voor Naturl. Geschied. D.H.: 407-408, ap. Baur, G. 1887, p. 577.
- HYRTL, J. — 1845 — *Lepidosiren paradoxa*. Monographie. ap. Baur, G. 1887, p. 577.
1845 — *Lepidosiren paradoxa*, in: Abh. K. böhm. Gesellsch. 5. Folge, 3:105-668, ap. Baur, G. 1887, p. 597.
- JOHANSEN, K. and C. LENFANT — 1967 — Respiratory function in the south american lungfish, *Lepidosiren paradoxa* (Fitz.). J. exp. Biol. 46:205-218.
1968 — Respiration in the african lungfish *Protopterus aethiopicus*. II. — Control of breathing. Ibid. 49(2):453-468.
- JOHNELS, A.G. and G.S.O. SVENSSON — 1954 — On the biology of *Protopterus annectens* (Owen). Arkiv Zool. 7:131-164.
- JUNQUEIRA, L.C., J.B. STEEN and R.M. TINOCO — 1967 — The respiratory area of the fishes of teleosts from rio Negro and rio Branco area. Progress Report, R/V Alpha Helix Amazon Expedition, 1967. B-20: 1-2.
- KERR, J.G. — 1903 — The development of *Lepidosiren paradoxa*. III: Development of the skin and its derivatives. Quart. Journ. Microsc. Sc. N.S.. 46:417-429.

- KERR, J.G. — 1897 — Notice of a memoir on the *Lepidosiren paradoxa* of the Amazonas. Proc. Zool. Soc. London, p. 921.
- 1898a — Notes on the dry-season habits of *Lepidosiren* (communicated to him in a letter by Mr. R. Hunt, of Paraguay). Ibid.: 41.
- 1898b — Exhibition of specimens of *Lepidosiren* and other fishes collected in the Gran Chaco Paraguay. Ibid. 33:492.
- 1910 — On certain features in the development of the alimentary canal in *Lepidosiren* and *Protopterus*. Quart. J. Microsc. Sc. N.S. 54: 483-518.
- KERR, T. — 1933 — On the pituitary in *Lepidosiren* and its development. Proc. roy. Soc. Edinb. 60:224.
- KROGH, A. — 1941 — The comparative physiology of respiratory mechanisms. Univ. Pennsylvania Press. 172 pp. Philadelphia.
- LAZAROW, A. and J. BERMAN — 1947 — The production of diabetes in the toadfish with alloxan. Biol. Bull. 93:219.
- LEINER, L. — 1938 — Die Physiologie der fishatmung, 134 pp. Akad. Verlag. Leipzig.
- LELOUP, J.M. — 1958a — Sur la répartition des hormones thyroïdiennes (thyroxine et 3:5:3' triiodotironine) entre les hématies et le plasma du sang de quelques Poissons (Dipneuste et Téléostéens). J. Physiologie 50(2):368.
- 1958b — Influence de "l'estivation" sur le fonctionnement thyroïdien du Protoptère (*Protopterus annectens* Owen). C.R. Sc. Acad. Sc. 246:830-833.
- 1963 — Fonctionnement thyroïdien du Protoptère en relation avec le changement de milieu. J. Physiologie 56:285.
- LENFANT, C. and K. JOHANSEN — 1968 — Respiration in the african lungfish *Protopterus aethiopicus*. I. — Respiratory of blood and normal patterns of breathing and gas exchange. J. Exp. Biol. 49(2):437-452.
- MURREL, L.R. and P.F. NACE — 1958 — Determination of glucose in fish blood. A modification of the Folin-Malmros micro-procedure. Can. J. Biochem. Physiol. 36:1121-1124.
- NACE, P.F. — 1955 — Arterial blood sugar content of toadfish, intact and treated with alloxan or adrenal steroids. Biol. Bull. 109: 366.
- NACE, P.F., M.L. MOULE and J.E. SCHUH. — 1964 — The normal blood sugar of the toadfish. Cann. J. Physiol. Pharm. 42:225-232.
- NATTERER, J. — 1839 — *Lepidosiren paradoxa*, eine neue gattung aus der Familie der fischähnlichen Reptilien. Ann. Wien. Mus. 2:167-170. ap. Baur, O. 1887 — p. 576.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, M.D. e C.N. GRINKRAUT — 1963 — Estudo comparativo do comportamento e do metabolismo respiratório de peixes de respiração aérea. Ciência e Cultura 15(4):279-280.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, M.D. e P. SAWAYA — 1968 — Comportamento e metabolismo respiratório da *Lepidosiren paradoxa* do Amazonas. Ciência e Cultura, 20(2):393-394.
- PERKS, A.M. — 1969 — The structure of the neurohypophysis of the Dipnoi. p. 177-205. em: Hoar, W.S. & D.J. Randall. Fish Physiology 2:446 pp. Academic press N.Y. and London.
- PICKERING, B.T. and SUSAN McWATTERS — 1966 — Neurohypophysial hormones of the south american lungfish *Lepidosiren paradoxa*. J. Endocrin. 36:217-218.

- PIDDINGTON, E.W. — 1967 — A preliminary assessment of the function of Mauthner's giant axon in the lungfish *Lepidosiren*. Progress Report, R/V Alpha Helix Amazon Expedition, 1967. A-22:1-2.
- RAUTHER, M. — 1937 — Pharynx und epitheliale organe der pharynxwand. 1. — Kiemen der Anammier-kiemendarmderivate der Cyclostomen und Fische. p. 211-278, em: Bolk, L. et coll. Hand. d. vergl. Anat. d. Wirbeltiere 3:1018 pp. Urban & Schwarzenberg. Wien.
- ROBERTSON, J.L. — 1914 — The development of the heart and vascular system of *Lepidosiren paradoxa*. Quart. J. Microsc. Sc. 59:53-132.
- SAWAYA, P. 1946 — Sobre a biologia de alguns peixes de respiração aérea (*Lepidosiren paradoxa* Fitz. e *Arapaima gigas* Cuv.). Bol. Fac. Fil. Ciên. e Letr. Zoologia 11:255-278.
- 1947 — Metabolismo respiratório de peixes de respiração aérea (*Lepidosiren paradoxa* Fitz.). Ibid. 12:43-56.
- 1970 — Sobre a construção de ninhos por peixes tropicais. Bol. Fac. Ciênc. Letr. Zoologia e Biologia Marinha. No prélo.
- SAWYER, W. H. — 1966 — Diuretic and natriuretic responses of lungfish (*Protopterus aethiopicus*) to arginine vasotocin. Am. J. Physiol. 210:191-197.
- SAWYER, W.H. & H.B. van DYKE — 1963 — Principles resembling oxytocin in neurohypophyses of fishes. Fed. Proc. 22:386.
- SCHARRER, B. and S. WURZELMANN — 1969a — Ultrastructural study on nuclear cytoplasmic relationship in oocytes of the african lungfish, *Protopterus aethiopicus*. II. — The microtubular apparatus of the nuclear envelope. Z. Zellforsch. 101: 1-12.
- 1969b — Ultrastructural study on nuclear cytoplasmic relationship in oocytes of african lungfish, *Protopterus aethiopicus*. I. Nucleolo cytoplasmic pathways Z. Zellforsch, mikr. Anat. 96:325-343.
- SCHOLANDER, P.F., L. van DAM, J.W. KANWISHER, H.T. HAMMEL and M. S. GORDON — 1957 — Supercooling and osmoregulation in Artic fish. Jour. Cell. & comp. Physiol. 49 (suppl. 1-2): 5-24.
- SCLATER, P.L. — 1866 — Remarks on the American *Lepidosiren* (*Lepidosiren paradoxa*). Proc. Zool. Soc. Lond.: 34-35, ap. Baur, O. — 1887 p. 575.
- SIMPSON, W.W. — 1928 — Relation of the liver to asphyxial hyperglycaemia in fishes. Quart. Jour. Exp. Phys. 19 (2):197-199.
- SMITH, H. W. — 1930 — Metabolism of the lungfish, *Protopterus aethiopicus*. J. Biol. Chem. 88:97-129.
- 1935 — The metabolism of the lungfish. I — General consideration of the fasting metabolism in active fish. Jour. Cell. Comp. Phys. 6(3):43-67.
- SOMOZY, M. — 1952 — Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195:19-23.
- WINGSTRAND, K. G. — 1956 — The structure of the pituitary in the african lungfish, *Protopterus annectens* (Owen). Vidensk. Medd. fra Dansk. naturhist. Foren. 118:193-210.
- 1959 — Attempts at a comparison between the neurohypophysial region in fishes and tetrapods, with particular regard to amphibians. em: A. Gorbman ed. Comparative Endocrinology. 746 pp. John Wiley & Sons. Inc. N. Y.
- WOITKEKEWITSH, A. A. — 1944 — Function of thyroid as dependent on pituitary body activized by light. C. R. (Dokl.) l'Acad. Sci. U.R.S.S. 45(9):396-400.