



DIEGO DE PAULA COGNATO

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Gymnotus aff. carapo* LINNAEUS, 1758
(TELEOSTEI: GYMNOTIDAE) DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ, RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Bociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal

Área de concentração: Biologia e comportamento animal

Orientadora: Profa. Dra. Clarice Bernhardt Fialho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PORTO ALEGRE
2005

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Gymnotus aff. carapo* LINNAEUS, 1758
(TELEOSTEI: GYMNOTIDAE) DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ, RIO GRANDE
DO SUL, BRASIL

DIEGO DE PAULA COGNATO

Aprovada em _____

Dr. Luiz Roberto Malabarba

Dr. Nelson Ferreira Fontoura

Dr. William G.R. Crampton

Agradecimentos

Ao CNPQ, pela bolsa concedida.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Biologia Animal.

Aos meus pais Juarez e Maria, à minha irmã Giana, à minha namorada Clarissa e família.

Agradeço à Prof^a. Dra. Clarice Bernhardt Fialho pela confiança por ter aceitado me orientar, pelo bom humor e amizade.

Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Malabarba pelo incentivo dado ao meu trabalho, amizade, ajuda na parte de sistemática e coletas.

Aos colegas e amigos que auxiliaram nas saídas de campo, sem vocês este trabalho não seria possível: Aloísio S. Braun, Adriana S. Pereira, Ana Paula S. Dufech, Andréa B. Schaan, Anelise T. Hahn, Carlos Eduardo Machado, Carlos Hiroshi, Caroline Maria da Silva, Caroline Zank, Giovanni Neves, Juan A. Anza, Júlia Giora, Juliano Ferrer, Marco Azevedo, Marta D'Amilo, Martin Schossler, Patrick Colombo, Paulo Augusto de S. Motta, Vinícius R. Lampert,

Aos colegas Fábio Flores Lopes, Marco Azevedo e Cristina Oliveira pelo auxílio nas técnicas histológicas e disposição para ajudar nas dificuldades que surgiram no decorrer do trabalho.

Aos colegas dos laboratórios de ictiologia e de herpetologia da UFRGS.

À técnica do laboratório de Histologia Circe Machado pelo auxílio na realização dos cortes histológicos.

Sumário

Capítulo 1

| | |
|-----------------------|---|
| Introdução Geral..... | 1 |
|-----------------------|---|

Capítulo 2

| | |
|---|----|
| Biologia Reprodutiva de <i>Gymnotus</i> aff. <i>carapo</i> Linnaeus, 1758 (TELEOSTEI, GYMNOTIDAE) do Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil..... | 21 |
|---|----|

Capítulo 3

| | |
|---------------------------------|----|
| Conclusão | 61 |
| Referências Bibliográficas..... | 62 |

Capítulo 1

Introdução Geral

Introdução Geral

Os peixes pertencentes à Ordem Gymnotiformes, popularmente conhecidos como “peixes elétricos” ou “sarapós”, constituem um grupo endêmico das águas doces da região Neotropical. Possuem o limite de distribuição sul na Argentina e o limite norte no México, além da ilha de Trinidad (Albert & Crampton, 2003). São encontrados em pequenos tributários e lagoas isoladas onde podem tolerar águas pobres em oxigênio em épocas mais secas (Crampton, 1998a). Também são encontrados em lagunas, áreas inundadas nos períodos chuvosos e no fundo de canais de grandes rios, principalmente nos amazônicos, onde se reproduzem e encontram alimento abundante durante todo o ano (Mago-Leccia, 1994). Muitas espécies estão intimamente relacionadas com vegetação marginal, emergente ou flutuante.

O trabalho científico que inicia a investigação do grupo Gymnotiformes data do século XVIII, quando Linnaeus (1758) descreve *Gymnotus carapo* e Cuvier (1817) no século seguinte tenta localizar estes peixes em uma família. Em seguida, trabalhos como os de Kaup (1856), Ellis (1913), Lindberg (1974) e Mago-Leccia (1978) se destacam como os primeiros estudos das relações entre os gimnotiformes.

Nos últimos anos houve um aumento significativo do número de trabalhos de revisão taxonômica, sistemática e descrição de novas espécies de gimnotiformes, como pode ser visto pelos estudos de Albert & Miller (1995), Campos-da-Paz & Costa (1996), Lundberg *et al.* (1996), Albert & Fink (1996), Campos-da-Paz (1997), Albert & Campos-da-Paz (1999) e Albert *et al.* (1999). De acordo com Albert (2001), a Ordem Gymnotiformes é representada por 29 gêneros e 112 espécies válidas, com

pelo menos 34 espécies reconhecidamente novas, porém ainda não descritas. Neste mesmo trabalho, assim como em Reis *et al.* (2003), os gimnotiformes estão divididos em 5 famílias: Apterontidae, Sternopygidae, Hypopomidae, Rhamphichthyidae e Gymnotidae. Com a exploração de novos ambientes, novos métodos de amostragem, coleta e identificação, bem como a utilização do estudo das descargas do órgão elétrico (EOD's) (Caputi, 1999; Crampton *et al.*, 2003 ; Albert & Crampton, 2003) para a diferenciação de grupos crípticos, a descoberta de novas espécies é iminente. Embora haja especulações de que os gimnotiformes possam representar a maior porção da ictiofauna da América do Sul (Hagedorn, 1986), existem poucas estimativas de abundância relativa e diversidade deste grupo a nível de comunidade (Crampton, 1996).

Devido a sua morfologia incomum, os gimnotiformes são facilmente distinguidos dos demais grupos de peixes da região Neotropical. Possuem o corpo alongado e lateralmente comprimido, sem as nadadeiras dorsal, pélvica e caudal, com exceção dos peixes da família Apterontidae que possuem uma nadadeira caudal reduzida, e os peixes da família Sternopygidae que possuem esta nadadeira nos primeiros estágios de desenvolvimento. A nadadeira anal é bem desenvolvida, com muitos raios (normalmente mais de 100), e é utilizada para natação através de movimentos ondulantes. Quando estão presentes, as escamas são ciclóides. Os olhos são pequenos. O ânus está localizado em posição anterior, próximo as nadadeiras peitorais e a cavidade celomática também está localizada na parte anterior do corpo (Mago-Leccia, 1994)

Dentre as características mais marcantes dos gimnotiformes, destaca-se a capacidade de produção de uma corrente elétrica que é gerada por um ou mais

órgãos elétricos (Bennett, 1971). O órgão elétrico deriva de tecido nervoso na família Apterontidae e de tecido muscular nas demais famílias. Com exceção do poraquê, *Electrophorus electricus*, que pode gerar descargas de mais de 500 Volts, todas as demais espécies produzem potenciais elétricos fracos, abaixo de 1 Volt. A EOD transforma os impulsos gerados em um campo elétrico ao redor do corpo do peixe, que é captado tanto pelos receptores tuberosos, que respondem a taxas de descarga de alta frequência presentes somente nos gimnotiformes, quanto pelos receptores ampulares, que respondem a frequências mais baixas e podem também estar presentes em outros grupos de peixes. Os dois tipos de receptores estão localizados ao longo do corpo, na pele dos peixes, principalmente na cabeça. A capacidade de utilizar impulsos elétricos gerados pelo próprio animal para a exploração do meio tem uma semelhança superficial ao uso dos pulsos sonoros dos morcegos. Entretanto, o sistema elétrico é diferente, pois não há reflexão; ele depende da distorção do campo elétrico (Schmidt-Nielsen, 2002). Os sistemas eletrogênicos e eletrosensoriais (EES) operando juntos permitem aos gimnotiformes explorar seu habitat e se comunicar com seus coespecíficos por meio dos potenciais elétricos, além de perceber objetos e outros seres no ambiente. Além disso, sendo menos dependentes de informações visuais, esses peixes são naturalmente ativos à noite, quando a visão é menos eficiente e a pressão de predação é reduzida (Alves-Gomes *et al.*, 1995). Aspectos neurofisiológicos e comportamentais do uso do campo elétrico para eletrolocação, comunicação e, para algumas espécies, reconhecimento individual de sexo e idade são atualmente bem compreendidos, de acordo com Crampton & Albert (2005).

Segundo Mago-Leccia (1994), os gimnotiformes possuem uma grande capacidade de regeneração quando são lesados por predadores. De acordo com o trabalho clássico de Ellis (1913), estes peixes conseguem regenerar grandes porções de seu corpo, como nadadeiras, tecidos musculares, órgãos elétricos e escamas. Entretanto, lesões que atingem a cavidade celomática normalmente levam os peixes a morte. De acordo com os trabalhos de Kirschbaum & Meunier (1981) e Meunier & Kirschbaum (1984), nas espécies *Eigenmannia virescens* e *Apteronotus leptorhynchus*, a coluna vertebral não tem reposição de vértebras, e sim a substituição destas por cartilagem.

A importância dos gimnotiformes nos grandes sistemas fluviais da América do Sul é subestimada (Lundberg & Weber, 1987). Este tipo de erro de apreciação é explicável pois estes peixes escapam, devido ao seu tamanho, forma do corpo e locais onde se escondem durante o dia, das redes de pesca comerciais e isso faz com que pareçam ser pouco frequentes. Além disso, não são peixes comestíveis e por isso são totalmente ignorados nas estatísticas pesqueiras. De acordo com o trabalho de Crampton (1996), os gimnotiformes do lago Tefé superaram 64 % dos indivíduos amostrados, 56 % da biomassa e 25% do número de espécies coletadas mostrando assim, a real representatividade destes peixes nos ecossistemas de capins flutuantes. No mesmo trabalho, o autor encontrou no lago Mamirauá (área de várzea) um total de mais de 28% de indivíduos, representando mais de 78% da biomassa e 16 % do número de espécies. De acordo com Mago-Leccia (1994), a presença massiva destes peixes nas grandes profundidades dos rios foi comprovada com arrastos de fundo feitos no canal do rio Orinoco, em que foram coletados 28 espécies de peixes elétricos, representando 86% do total de peixes capturados,

contrastando com 10% de Siluriformes e 4% de Characiformes, Clupeiformes, Perciformes, entre outros.

A família Gymnotidae atualmente é constituída pelo gênero *Electrophorus* com uma espécie válida e *Gymnotus*, que possui 32 espécies válidas (Crampton & Hopkins, 2005).

O gênero *Gymnotus* (Linnaeus 1758) é o que apresenta a maior distribuição geográfica entre os gimnotiformes, tendo o limite de distribuição sul no rio Salado, nos pampas da Argentina e o limite norte no rio San Nicolas, México, além da ilha de Trinidad (Albert & Crampton, 2003). É constituído de agressivos predadores noturnos que se alimentam de peixes e outros animais aquáticos. De acordo com Kirschbaum & Wieczorec (2002) e Crampton & Hopkins (2005), o gênero apresenta cuidado parental. Além disso, Liem *et. al.* (1984) & Graham (1999) relatam que *Gymnotus carapo* possui capacidade de respiração aérea, graças a uma bexiga natatória com grande vascularização. Tal característica é observada para *Gymnotus aff. carapo* do presente estudo.

Embora muito se tenha feito nos últimos 10 anos em relação à sistemática da ordem Gymnotiformes, ainda são poucos os conhecimentos a respeito da biologia deste grupo. O estudo realizado por Kirschbaum (1979) tratou da reprodução em cativeiro de *Eigenmannia virescens*. Barbieri & Barbieri (1982, 1983a, 1983b, 1984a, 1984b, 1984c, 1985) fizeram um amplo estudo da biologia de *Gymnotus carapo* na Represa do Lobo, São Paulo, Brasil, abordando aspectos relacionados com época de reprodução, tipo de desova, fecundidade, crescimento e histologia de gônadas, além da dinâmica nutricional. Kirschbaum & Schugardt (2003) realizaram estudos sobre estratégias reprodutivas e desenvolvimento de peixes elétricos mormiriformes

e gimnotiformes. Curtis & Stoddard (2003) realizaram experimentos sobre preferência de fêmeas por machos de *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. Vazzoler (1996) possui informações a respeito da biologia reprodutiva de *Gymnotus carapo*, *Eigenmannia trilineata* e *Eigenmannia virescens*. Silva *et al.* (2003) realizaram estudo sobre biogeografia e reprodução de gimnotiformes do Uruguai, dando ênfase a *Brachyhypopomus pinnicaudatus* e *Gymnotus carapo*. Giora (2004) realizou estudo sobre a biologia de *Eigenmannia trilineata*, enfocando aspectos como período reprodutivo, tipo de desova, tamanho de primeira maturação, proporção sexual, além do hábito alimentar da espécie.

Objetivos gerais

Como os trabalhos a respeito dos gimnotiformes ainda são incipientes, este tem como objetivos distinguir a espécie foco deste estudo de *Gymnotus carapo* e das outras espécies ocorrentes no estado do Rio Grande do Sul, bem como estudar aspectos relacionados a biologia reprodutiva de *Gymnotus aff. Carapo*. O terceiro capítulo aborda a conclusão do presente trabalho.

Identidade da espécie

Assim como diversos outros grupos de gimnotiformes, o gênero *Gymnotus* é problemático em relação à sistemática e à taxonomia. Isso acontece devido ao grande número de espécies crípticas, difíceis de serem diferenciadas. O principal problema apontado por Albert *et al.* (1999) é que os padrões de colorido e forma do corpo (não muito variáveis) são utilizados normalmente para o reconhecimento das espécies do gênero e, como resultado, muito da diversidade do grupo permanece não documentada.

Com o auxílio da técnica de gravação de EOD's, utilizada nos trabalhos de Alves-Gomes *et. al.*(1995) e Crampton *et. al.* (2003), que consiste na comparação dos padrões de ondas entre espécies, além da utilização de dados morfométricos e merísticos, muitas novas espécies poderão ser descobertas nos próximos anos. O gênero possui 32 espécies válidas (Crampton & Hopkins, 2005) e o presente estudo apresenta dados que confirmam a existência de pelo menos 3 espécies ainda não descritas que habitam os corpos d'água do estado do Rio Grande do Sul, sendo uma destas, a espécie foco deste trabalho.

No presente estudo, foi realizada uma análise das espécies de *Gymnotus* reconhecidas no Sistema Lagunar dos Patos e Sistema do rio Uruguai, utilizando espécimes do Museu de Ciências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCP), Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB), da coleção de peixes do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), espécimes coletados em diversas regiões do Estado e mantidos vivos em aquários para a gravação de EOD's, bem como exemplares da mesma população em estudo do Parque Estadual de Itapuã.

Foram analisados 25 exemplares procedentes da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã (15 fêmeas e 10 machos), referentes aos lotes UFRGS 6854, UFRGS 6855, UFRGS 6856, UFRGS 6857, UFRGS 6858 e UFRGS 6859; 16 exemplares procedentes do restante do Sistema Lagunar dos Patos, referentes aos lotes UFRGS 568, UFRGS 729, UFRGS 730, UFRGS 734, UFRGS 735, UFRGS 5014, UFRGS 5618, UFRGS 5944, UFRGS 6770, UFRGS 6771, UFRGS 6773, UFRGS 6774, UFRGS 6775, UFRGS 6776; 20 exemplares procedentes do sistema do rio Uruguai, referentes aos lotes MCP 20683, MCN 16833, MCN 17009, MCN

14347, MCN 14356, MCN 14383, MCN 14623, MCN 15279, MCN 15325, UFRGS 3896, UFRGS 5738, UFRGS 6755, UFRGS 6756, UFRGS 6759, UFRGS 6761, UFRGS 6762, UFRGS 6763, UFRGS 6764 e UFRGS 6769. Foram tomadas medidas de comprimento total (TL), comprimento da cabeça (HL), altura do corpo (Hd), largura do corpo (Bw), comprimento da nadadeira anal (Afl), distância pré-anal (Pa), distância pré-orbital (PrO), distância pós-orbital, distância interocular (Io), altura da cabeça (Hd), altura da cabeça na região ocular (Hde), largura da cabeça (Hw), abertura branquial (Bo) e comprimento da nadadeira peitoral (PI). Foram realizadas contagens do número de bandas ao longo do corpo (bands), escamas acima da linha lateral (Sall), número de raios da nadadeira peitoral (Pfr) e número de raios da nadadeira anal (Afr), de acordo com Albert *et al.* (1999). As proporções corporais e contagens foram analisadas com o programa Datax 4.2 e SigmaPlot 4.0.

De acordo com as análises realizadas, foi possível constatar a ocorrência de 4 morfo-espécies do gênero *Gymnotus* para o sistema Lagunar dos Patos e Sistema do Rio Uruguai, sendo apenas uma delas já descrita, *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1842). *Gymnotus aff. carapo*, foi assim definida por possuir características que a incluem no grupo “carapo” (Albert & Crampton, 2003) diferencia-se de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 pelas seguintes características: descarga do órgão elétrico (Fig. 1a-c), distância pré-orbital menor [PrO de 23,7-33,9% do HL (média = 28,1%)] (Tabela 1) enquanto *Gymnotus carapo* é de 32-39,4% do HL (Albert & Crampton, 2003) e presença de manchas na região ventral da cabeça. Além destas características, Albert & Crampton (2003) citam que a distribuição geográfica de *Gymnotus carapo* é essencialmente amazônica, não ocorrendo no sul do Brasil. *Gymnotus aff. carapo* ocorre tanto no Sistema Lagunar

dos Patos como no Sistema do rio Uruguai, em lagoas, rios e tributários, junto à vegetação marginal e emergente. Diferencia-se de *Gymnotus* sp.1 pela descarga do órgão elétrico (Figs. 1b-c), cabeça mais alta [Hde 38,9 – 57,5% (média = 44,5 %)] (Tabela 1, Fig. 5) e de *Gymnotus* sp. 3 pela descarga do órgão elétrico (Figs. 1c-d) e pela altura do corpo [Bd 10,1 – 13,6 % (média = 11,7%)] (Tabela 1, Figs. 3-4)

Gymnotus inaequilabiatus (Valenciennes, 1842) (Fig. 2) tem como características marcantes o seu porte, podendo atingir 59 centímetros nos exemplares analisados, 12 a 13 escamas acima da linha lateral, 15 a 18 raios na nadadeira peitoral, 310 a 350 raios na nadadeira anal (Tabela 2). Segundo Albert & Crampton (2003), pode atingir quase 1 metro de comprimento. É encontrado em rios como o Uruguai e Dourado. Não foram coletados espécimes vivos para a gravação da EOD.

Gymnotus sp.1 se diferencia das demais espécies pela descarga de órgão elétrico (Fig. 1b), perfil da cabeça mais deprimido [Hde de 34,8 - 44,8% do HL (média de 38,5%)] (Tabela 3 , Fig. 5) e foi encontrado somente em um afluente do arroio Gueromana, no Sistema do rio Uruguai.

Gymnotus sp.3 possui descarga de órgão elétrico distinta (Fig. 1d), corpo alongado [Bd de 7,4 - 9,1% (média de 8,2%)] e estreito [Bw de 4,8 – 6,6% (média de 5,7%)] (Tabela 4 , Figs. 3-4). Possui coloração olivácea e bandas mais apagadas ao longo do corpo, muitas vezes difíceis de serem visualizadas. Muitas vezes permanece em posição vertical quando imóvel no aquário. Foi encontrada somente no arroio Grande, no município de Arroio do Meio.

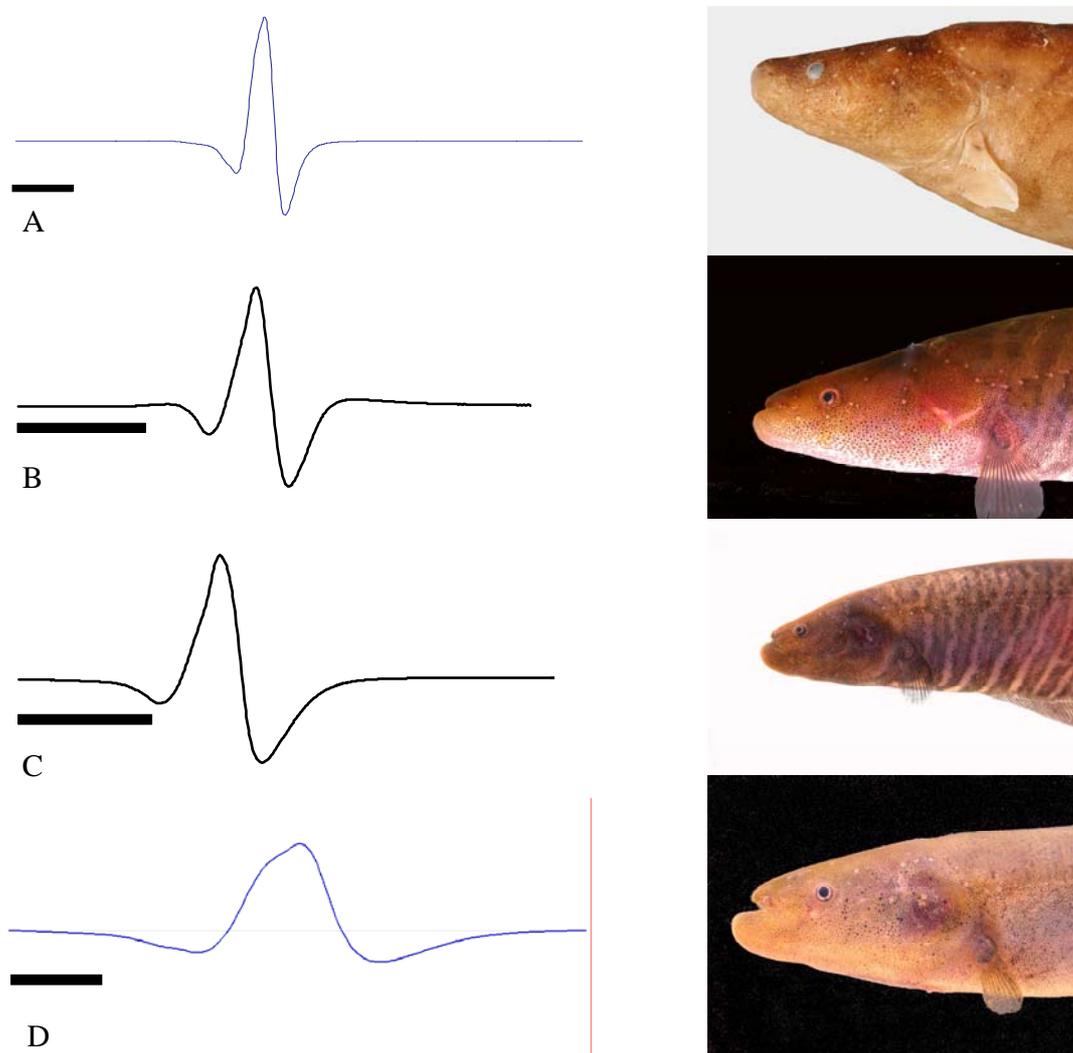


Fig. 1: Descargas de órgão elétrico (EOD's) e morfo-espécies. **A)** *Gymnotus carapo* **B)** *Gymnotus* sp.1 **C)** *Gymnotus aff. carapo* **D)** *Gymnotus* sp.3. Barras horizontais representam tempo de 1milisegundo. Fotos: William G.R. Crampton

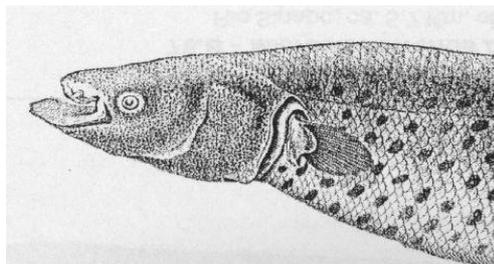


Fig. 2: Desenho de *Gymnotus inaequilabiatus*, extraído de Mago-Leccia (1994)

Tabela 1: Proporções corporais e contagens da espécie *Gymnotus aff. carapo*. L1, L2 e DP correspondem respectivamente ao limite inferior, limite superior e desvio padrão da amostra.

| Caráter | n | Variação | | | Limite de confiança 95% | | |
|--------------------|----|----------|-------|-------|-------------------------|--------|--------|
| | | menor | maior | média | L1 | L2 | DP |
| TL (mm) | 39 | 46.8 | 280.8 | 149.3 | | | 59.732 |
| Porcentagens de TL | | | | | | | |
| Hl | 39 | 9.5 | 16.1 | 12.0 | 11.506 | 12.488 | 1.516 |
| Bd | 39 | 10.1 | 13.6 | 11.7 | 11.443 | 11.976 | 0.821 |
| Bw | 39 | 6.0 | 8.4 | 7.0 | 6.785 | 7.185 | 0.617 |
| Afl | 39 | 63.5 | 84.2 | 80.0 | 78.689 | 81.253 | 3.956 |
| Pa | 39 | 5.7 | 9.9 | 8.3 | 7.981 | 8.619 | 0.983 |
| Porcentagens de Hl | | | | | | | |
| Pro | 39 | 23.7 | 33.9 | 28.1 | 27.440 | 28.757 | 2.033 |
| Poo | 39 | 49.0 | 65.7 | 58.2 | 56.962 | 59.446 | 3.833 |
| Io | 39 | 27.4 | 47.3 | 38.7 | 37.155 | 40.294 | 4.841 |
| Hd | 39 | 54.4 | 77.4 | 63.2 | 61.572 | 64.895 | 5.127 |
| Hw | 39 | 46.6 | 74.1 | 59.2 | 56.977 | 61.373 | 6.783 |
| Bo | 39 | 32.4 | 51.4 | 40.9 | 39.133 | 42.673 | 5.462 |
| Pl | 39 | 25.4 | 49.2 | 39.6 | 37.896 | 41.211 | 5.113 |
| Hde | 20 | 38.9 | 48.7 | 43.9 | 42.516 | 45.372 | 3.052 |
| Contagens | | | | | | | |
| Bands | 32 | 20.0 | 28.0 | 23.9 | | | 2.511 |
| Sall | 39 | 5.0 | 8.0 | 6.3 | | | 0.621 |
| Pfr | 39 | 13.0 | 16.0 | 14.4 | | | 0.818 |
| Afr | 38 | 194.0 | 260.0 | 223.8 | | | 14.238 |

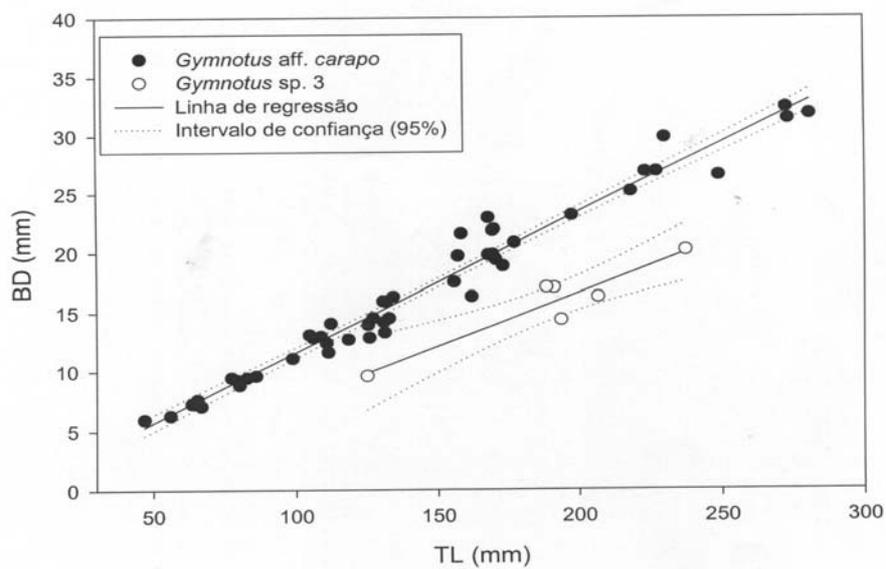


Fig. 3: Regressão linear entre comprimento total (TL) e altura do corpo (Bd) de *Gymnotus aff. carapo* e *Gymnotus sp. 3*.

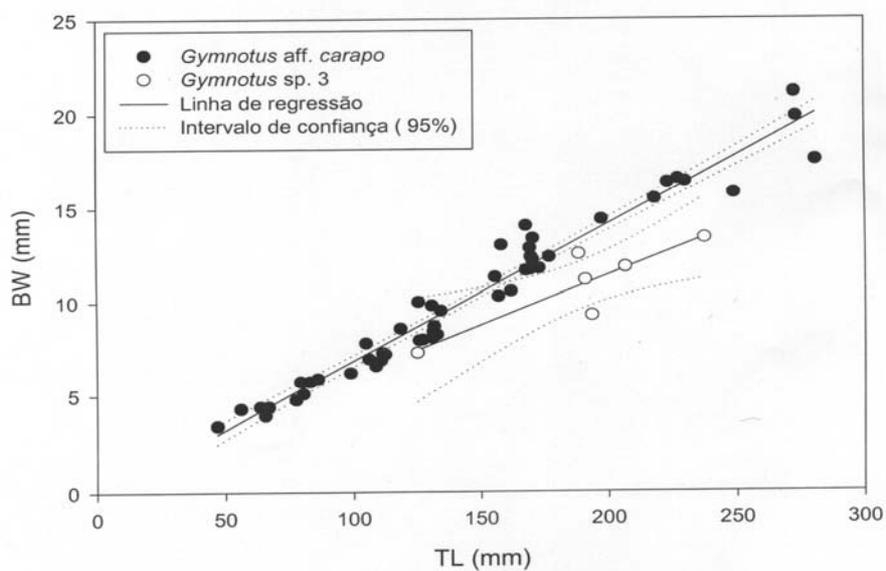


Fig. 4: Regressão linear entre comprimento total (TL) e largura do corpo (Bw) de

Gymnotus aff. carapo e *Gymnotus* sp.3**Tabela 2:** Proporções corporais e contagens da espécie *Gymnotus inaequilabiatus*.

L1, L2 e DP correspondem respectivamente ao limite inferior, limite superior e desvio padrão da amostra.

| Caráter | n | Variação | | média | Limite de confiança 95% | | | |
|--------------------|------|----------|-------|-------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | | menor | maior | | L1 | L2 | DP | |
| TL | (mm) | 4 | 394.2 | 590.0 | 478.6 | | | 81.547 |
| Porcentagens do TL | | | | | | | | |
| Hl | | 4 | 9.4 | 11.0 | 10.3 | 9.077 | 11.564 | 0.781 |
| Bd | | 4 | 8.0 | 8.9 | 8.4 | 7.829 | 8.998 | 0.367 |
| Bw | | 4 | 5.6 | 7.4 | 6.5 | 5.232 | 7.816 | 0.812 |
| Afl | | 4 | 80.4 | 85.1 | 82.8 | 79.717 | 85.820 | 1.918 |
| Pa | | 4 | 5.8 | 8.2 | 7.0 | 5.441 | 8.520 | 0.968 |
| Porcentagens do Hl | | | | | | | | |
| Pro | | 5 | 30.3 | 35.8 | 33.2 | 30.724 | 35.686 | 1.998 |
| Poo | | 5 | 58.0 | 61.8 | 59.8 | 57.532 | 62.053 | 1.821 |
| Io | | 5 | 41.6 | 47.4 | 44.7 | 41.725 | 47.647 | 2.385 |
| Hd | | 5 | 60.1 | 68.6 | 63.9 | 59.802 | 68.046 | 3.320 |
| Hw | | 5 | 64.3 | 68.5 | 66.5 | 64.510 | 68.527 | 1.618 |
| Bo | | 5 | 32.1 | 36.8 | 34.3 | 32.211 | 36.369 | 1.675 |
| Pl | | 5 | 37.2 | 45.8 | 42.2 | 38.194 | 46.166 | 3.211 |
| Hde | | 3 | 41.3 | 44.0 | 42.6 | 39.173 | 45.978 | 1.370 |
| Contagens | | | | | | | | |
| Bands | | 4 | 24.0 | 28.0 | 25.5 | | | 1.915 |
| Sall | | 4 | 12.0 | 13.0 | 12.3 | | | 0.500 |
| Pfr | | 5 | 15.0 | 18.0 | 16.4 | | | 1.140 |
| Afr | | 4 | 310.0 | 350.0 | 325.0 | | | 19.149 |

Tabela 3: Proporções corporais e contagens da espécie *Gymnotus* sp.1. L1, L2 e DP correspondem respectivamente ao limite inferior, limite superior e desvio padrão da amostra.

| Caráter | n | variação | | média | Limite de confiança 95% | | |
|--------------------|----|----------|-------|-------|-------------------------|--------|---------|
| | | menor | maior | | L1 | L2 | DP |
| TL (mm) | 8 | 89.9 | 395.0 | 202.7 | | | 117.055 |
| Porcentagens do TL | | | | | | | |
| Hl | 8 | 10.2 | 13.4 | 12.0 | 10.823 | 13.092 | 1.357 |
| Bd | 8 | 8.9 | 11.6 | 10.1 | 9.446 | 10.743 | 0.776 |
| Bw | 8 | 5.8 | 6.9 | 6.4 | 6.165 | 6.709 | 0.325 |
| Afl | 8 | 78.3 | 84.2 | 81.0 | 79.345 | 82.655 | 1.979 |
| Pa | 8 | 7.1 | 9.6 | 8.3 | 7.687 | 8.995 | 0.783 |
| Porcentagens do Hl | | | | | | | |
| Pro | 11 | 25.3 | 31.5 | 29.1 | 27.842 | 30.319 | 1.844 |
| Poo | 11 | 54.4 | 64.8 | 60.8 | 58.883 | 62.723 | 2.858 |
| Io | 11 | 33.1 | 42.3 | 37.1 | 35.010 | 39.182 | 3.105 |
| Hd | 11 | 55.0 | 65.0 | 59.6 | 57.210 | 61.953 | 3.530 |
| Hw | 11 | 43.5 | 64.8 | 53.9 | 49.643 | 58.237 | 6.397 |
| Bo | 11 | 30.9 | 40.1 | 35.8 | 33.761 | 37.794 | 3.002 |
| Pl | 11 | 42.0 | 49.2 | 45.1 | 43.522 | 46.616 | 2.303 |
| Hde | 11 | 34.8 | 44.8 | 38.5 | 36.708 | 40.250 | 2.637 |
| Contagens | | | | | | | |
| Bands | 8 | 20.0 | 26.0 | 22.6 | | | 2.134 |
| Sall | 11 | 6.0 | 7.0 | 6.1 | | | 0.302 |
| Pfr | 10 | 14.0 | 16.0 | 15.5 | | | 0.850 |
| Afr | 8 | 194.0 | 244.0 | 214.4 | | | 14.162 |

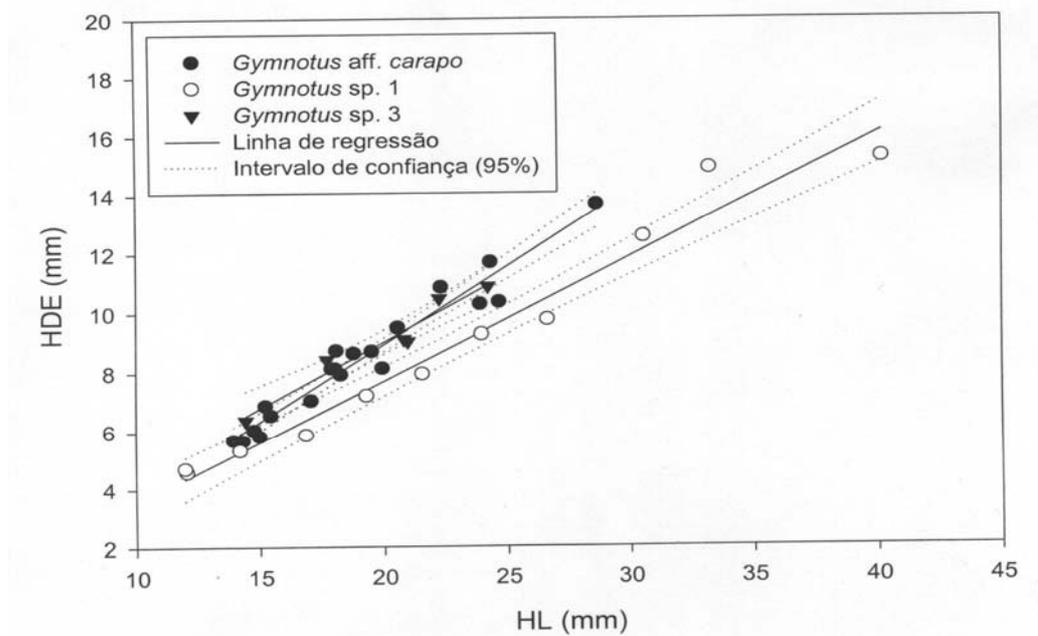


Fig. 5: Regressão linear entre comprimento da cabeça (HL) e altura da cabeça na região ocular (Hde) de *Gymnotus aff. carapo*, *Gymnotus sp. 1* e *Gymnotus sp. 3*

Tabela 4: Proporções corporais e contagens da espécie *Gymnotus* sp.3. L1, L2 e DP correspondem respectivamente ao limite inferior, limite superior e desvio padrão da amostra.

| Caráter | n | Variação | | | Limite de confiança 95% | | |
|--------------------|---|----------|-------|-------|-------------------------|--------|--------|
| | | menor | maior | média | L1 | L2 | DP |
| TL (mm) | 6 | 125.0 | 237.4 | 190.4 | | | 36.778 |
| Porcentagens do TL | | | | | | | |
| Hl | 6 | 9.2 | 11.6 | 10.6 | 9.731 | 11.505 | 0.845 |
| Bd | 6 | 7.4 | 9.1 | 8.2 | 7.509 | 8.950 | 0.686 |
| Bw | 6 | 4.8 | 6.6 | 5.7 | 5.109 | 6.353 | 0.592 |
| Afl | 6 | 80.6 | 82.6 | 81.7 | 80.896 | 82.444 | 0.737 |
| Pa | 6 | 7.8 | 9.4 | 8.5 | 7.800 | 9.121 | 0.629 |
| Porcentagens do Hl | | | | | | | |
| Pro | 6 | 27.0 | 35.2 | 30.3 | 27.271 | 33.271 | 2.858 |
| Poo | 6 | 55.7 | 61.6 | 59.1 | 56.491 | 61.785 | 2.522 |
| Io | 6 | 38.2 | 41.5 | 40.0 | 38.692 | 41.228 | 1.208 |
| Hd | 6 | 60.7 | 65.5 | 63.3 | 61.497 | 65.163 | 1.746 |
| Hw | 6 | 53.1 | 59.3 | 57.5 | 55.127 | 59.925 | 2.285 |
| Bo | 6 | 33.1 | 43.6 | 37.7 | 33.719 | 41.653 | 3.779 |
| Pl | 6 | 34.5 | 47.3 | 40.5 | 35.419 | 45.638 | 4.868 |
| Hde | 6 | 43.2 | 47.6 | 45.1 | 43.205 | 47.051 | 1.832 |
| Contagens | | | | | | | |
| Bands | 3 | 24.0 | 26.0 | 25.3 | | | 1.155 |
| Sall | 6 | 6.0 | 7.0 | 6.5 | | | 0.548 |
| Pfr | 6 | 14.0 | 15.0 | 14.7 | | | 0.516 |
| Afr | 4 | 180.0 | 213.0 | 196.8 | | | 13.696 |

Área de estudo

O Parque Estadual de Itapuã (Figura 6), situado a 57 quilômetros do centro de Porto Alegre, no município de Viamão, foi criado em 1973 devido a um forte movimento ecológico contra a destruição das paisagens e ambientes naturais causada pela extração de granito. Apesar da criação do Parque ser relativamente antiga, a pouco tempo ocorreu a remoção de loteamentos ilegais e a implementação de um Plano de Manejo. O Parque é de extrema importância biológica, pois além de possuir a última amostra de ambientes naturais da Região Metropolitana de Porto Alegre, seus mais de 5.550 hectares guardam uma grande biodiversidade de plantas e animais. Soma-se a isto as atividades de ecoturismo importantes para a conscientização da população sobre a importância da preservação de tais áreas e as muitas pesquisas ocorrendo em sua área atualmente.



Fig. 6: Mapa do Parque Estadual de Itapuã. O círculo vermelho destaca o local de coleta.

A história geológica do Parque Estadual de Itapuã é muito antiga, remontando a mais de 500 milhões de anos. As rochas graníticas formam atualmente os morros da Grota, do Araçá e do Campista, todos com mais de 190 metros de altura. A origem das praias e do pontal das desertas é mais recente, remontando os últimos 400 mil anos. A ocorrência de quatro transgressões marinhas, sendo a última delas a 5 mil anos, originou a atual planície sedimentar arenosa, ainda em formação (SEMA, 2002).

O clima local está incluído na categoria Cfa do sistema de W. Köppen, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (1000 a 1200 mm em média) e verões quentes, com uma média anual de temperatura de aproximadamente 19° C (UFRGS, 1982)

Situada entre o morro do Campista, o morro da Grota e a praia de Fora localiza-se a lagoa Verde (30° 22' 52.4'' S, 51° 01' 25'' W). Possui uma área aproximada de 4 hectares, profundidade não ultrapassando 1 metro, com fundo lodoso, água escura e parada, e grande quantidade de matéria vegetal em decomposição. Sazonalmente sofre alteração no volume d'água e, como está ligada a outra lagoa menor por uma área baixa, podem formar uma única grande área alagada no período de chuvas. Está cercada por vegetação de mata psamófila com forte influência da Mata Atlântica, com muitos sarandis e densa população de juncos em seu interior, que normalmente não ultrapassam 1,5 metros de altura. A lagoa em questão possui duas espécies de gimnotiformes com uma biomassa significativa, sendo uma delas *Gymnotus aff. carapo* aqui estudada e *Brachyhyppopomus* sp.



Fig. 7: Lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã.

Capítulo 2

Biologia Reprodutiva de *Gymnotus aff. carapo* Linnaeus, 1758 (TELEOSTEI:
GYMNOTIDAE) do Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil

Biologia Reprodutiva de *Gymnotus aff. carapo* Linnaeus, 1758 (Teleostei: Gymnotidae) no Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil

Diego de Paula Cognato

Clarice Bernhardt Fialho

RESUMO

Os peixes da Ordem Gymnotiformes, comumente conhecidos como “peixes elétricos” ou “sarapós” têm como característica marcante a capacidade de produzir e perceber campos elétricos. O gênero *Gymnotus* é o de maior distribuição geográfica entre os gimnotiformes, tendo o limite de distribuição sul no rio Salado, nos pampas da Argentina e o limite norte no rio San Nicolas, México, incluindo a ilha de Trinidad. Este estudo tem como objetivos estimar aspectos da biologia reprodutiva de *Gymnotus aff. carapo* na lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã, como o período reprodutivo e a relação deste com fatores bióticos e abióticos, estimar a fecundidade absoluta e relativa, o tipo de desova, comprimento de primeira maturação, proporção sexual, além de descrever a histologia das gônadas da espécie. O período reprodutivo foi estabelecido através das frequências relativas mensais dos estádios de maturação gonadal, além da distribuição dos valores do índice gonadossomático médio em cada mês. A fecundidade absoluta média da espécie foi estabelecida através da contagem dos ovócitos vitelinados de 10 fêmeas maduras e a fecundidade relativa através do número médio de ovócitos por miligrama de peso destas mesmas fêmeas. O tipo de desova foi estimado através da análise de 30 gônadas que representam os estádios de maturação gonadal que participam da reprodução. O tamanho de primeira maturação gonadal de machos e

fêmeas foi estimado de acordo com as distribuições das frequências relativas de jovens e adultos por classes de comprimento total. A proporção sexual foi estabelecida utilizando a frequência relativa de machos e fêmeas ao longo do período. A espécie apresentou um período reprodutivo relativamente longo, de novembro de 2003 até março de 2004. Houve correlação significativa positiva entre o IGS dos machos e o oxigênio dissolvido e negativa em relação à condutividade. O IGS das fêmeas se correlacionou positivamente com a temperatura e fotoperíodo, e negativamente com o oxigênio dissolvido. A fecundidade absoluta média foi de 915,3 ovócitos e a fecundidade relativa média foi de 0,20 ovócitos por miligrama de peso da fêmea. A desova foi considerada parcelada e o tamanho de primeira maturação gonadal foi de 141 mm para fêmeas e 146 mm para machos. A proporção sexual no período amostrado foi de 1:1, sendo que somente na menor classe de comprimento houve maior abundância dos machos.

Reproductive Biology of *Gymnotus aff. carapo* Linnaeus, 1758 (Teleostei, Gymnotidae) of Parque Estadual de Itapuã, RS, Brazil.

Abstract

Weakly electric fishes of the order Gymnotiformes, known in Brazil as “sarapós” and “tuviras” have the remarkable ability to generate and detect electric fields. *Gymnotus* has the widest geographical range of all gymnotiform genera, occurring throughout lowland South and Central America from rio Salado in the Argentinian Pampas, to the rio San Nicolas, Mexico. It also occurs on the Caribbean island of Trinidad. This study aims investigate aspects of reproductive biology of

Gymnotus aff. carapo from a study site at lagoa Verde in Itapuã State Park, Rio Grande do Sul, Brazil. This study presents data on reproductive period in relation to biotic and abiotic factors, estimates of absolute and relative fecundity, spawning type, size of first maturation, the sex ratio, and gonadal histology. The reproductive period was established through monthly measurements of relative gonadal maturity stage and distribution of gonadosomatic index. The median absolute fecundity of species was established by counting of vitelline oocytes from ten mature females, and relative fecundity by the median number of vitelline oocytes per milligram of weight of same fish. Spawning type was estimated through analysis of 30 ovaries representing all gonadal maturation stages. The size of first gonadal maturation of males and females was estimated according to the distribution of relative frequencies of young and adult specimens in different total length classes. The sex ratio was established using the summed relative frequency of males and females along the course of the entire study. *Gymnotus aff. carapo* presents a relatively long reproductive period extending from November to March. Decreases in water conductivity and increases in dissolved oxygen are correlated with increased gonadal development in males. In females, seasonal increases in temperature and photoperiod and decreases in dissolved oxygen are correlated with increased gonadal development. The median absolute fecundity reached 915,3 oocytes, and median relative fecundity 0,20 oocytes/mg body weight. Egg size distributions indicate parceled spawning. The size of first maturation was 141mm in females and 146 mm in males. The sex ratio was 1:1, with a male bias only in smaller size classes.

Key words: *Gymnotus*, Gymnotiformes, Reproduction.

Introdução

Os peixes da Ordem Gymnotiformes, comumente conhecidos como “peixes elétricos” ou “sarapós” têm como característica marcante a capacidade de produção de uma corrente elétrica que é gerada por um ou mais órgãos elétricos (Bennett, 1971). Tal habilidade permite aos gimnotiformes explorar seu habitat e se comunicar com seus coespecíficos por meio dos potenciais elétricos, além de perceber objetos e outros seres no ambiente.

Os gimnotiformes constituem um grupo endêmico das águas doces da região Neotropical, tendo como limite de distribuição sul a Argentina e o limite norte o México, incluindo a ilha de Trinidad (Albert & Crampton, 2003). São encontrados em pequenos tributários e lagoas isoladas onde podem tolerar águas pobres em oxigênio em épocas mais secas (Crampton, 1998a), além de lagoas, áreas inundadas nos períodos chuvosos e no fundo de canais de grandes rios. Segundo Lundberg & Weber (1987), a importância dos gimnotiformes nos grandes sistemas fluviais da América do Sul é subestimada, o que é comprovado pelos trabalhos de Mago-Leccia (1994) e Crampton (1996), que demonstraram a real importância deste grupo de peixes nos sistemas amazônicos.

O gênero *Gymnotus* é o que apresenta a maior distribuição geográfica entre os gimnotiformes, tendo o limite de distribuição sul no rio Salado, nos pampas da Argentina e o limite norte no rio San Nicolas, México, além da ilha de Trinidad (Albert

& Crampton,2003). É constituído de agressivos predadores noturnos que se alimentam de peixes e outros animais aquáticos. De acordo com Kirschbaum & Wieczorec (2002), Kirschbaum & Schugardt (2003) e Crampton & Hopkins (2005), ocorre cuidado parental em espécies deste gênero.

A espécie *Gymnotus aff. carapo*, reconhecida até o momento somente no estado do Rio Grande do Sul, é comumente encontrada em todos os tipos de corpos d'água, do Sistema Lagunar dos Patos e do Sistema do rio Uruguai.

Embora muito se tenha feito nos últimos 10 anos em relação à sistemática da Ordem Gymnotiformes, proporcionalmente ainda são poucos os estudos a respeito da biologia deste grupo. O estudo realizado por Kirschbaum (1979) tratou da reprodução em cativeiro de *Eigenmannia virescens*. Barbieri & Barbieri (1982,1983a,1983b,1984a,1984b,1984c,1985) fizeram um amplo estudo da biologia de *Gymnotus carapo* na Represa do Lobo, São Paulo, Brasil, abordando aspectos relacionados com época de reprodução, tipo de desova, fecundidade, crescimento e histologia de gônadas, além da dinâmica nutricional. Curtis & Stoddard (2003) realizaram experimentos sobre preferência de fêmeas por machos de *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. Kirschbaum & Schugardt (2003) realizaram estudos sobre estratégias reprodutivas e desenvolvimento de peixes elétricos mormiriformes e gimnotiformes. Vazzoler (1996) possui informações a respeito da biologia reprodutiva de *Gymnotus carapo*, *Eigenmannia trilineata* e *Eigenmannia virescens*. Silva *et al.* (2003) realizaram estudo sobre biogeografia e reprodução de gimnotiformes do Uruguai, dando ênfase a *Brachyhypopomus pinnicaudatus* e *Gymnotus carapo*. Giora (2004) realizou estudo sobre a biologia *Eigenmannia trilineata*, enfocando aspectos como

período reprodutivo, tipo de desova, comprimento de primeira maturação, proporção sexual, além do hábito alimentar da espécie.

Este estudo tem como objetivos estimar aspectos da biologia reprodutiva de *Gymnotus aff. carapo* na lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã como o período reprodutivo e a relação deste com fatores bióticos e abióticos, estimar a fecundidade absoluta e relativa, o tipo de desova, comprimento de primeira maturação, proporção sexual e descrever a histologia das gônadas da espécie.

Materiais e métodos

Área de estudo

O Parque Estadual de Itapuã, situado a 57 quilômetros do centro de Porto Alegre, no município de Viamão, foi criado em 1973, devido a um forte movimento ecológico contra a destruição das paisagens e ambientes naturais causada pela extração de granito. O Parque é de extrema importância biológica pois seus mais de 5.550 hectares guardam uma grande biodiversidade de plantas e animais e representam a última amostra de ambientes naturais da região Metropolitana de Porto Alegre.

Situada entre o morro do Campista, o morro da Grota e a praia de Fora localiza-se a lagoa Verde (30° 22' 52.4'' S, 51° 01' 25'' W). Possui uma área aproximada de 4 hectares, profundidade não ultrapassando 1 metro, com fundo lodoso, água escura e parada, e grande quantidade de matéria vegetal em decomposição. Sazonalmente sofre alteração no volume d'água e, como está ligada a outra lagoa menor por uma área baixa, podem formar uma única grande área

alagada no período de chuvas. Está cercada por vegetação de mata psamófila com forte influência da Mata Atlântica, com muitos sarandis e densa população de juncos em seu interior, que normalmente não ultrapassam 1,5 metros de altura. A lagoa em questão possui duas espécies de gimnotiformes com uma biomassa significativa, sendo uma delas *Gymnotus aff. carapo* aqui estudada e *Brachyhypopomus* sp.

Amostragem

Os espécimes foram coletados mensalmente entre maio e novembro de 2003 e quinzenalmente entre dezembro de 2003 e abril de 2004, com o auxílio de uma rede do tipo puçá e um detector de peixes elétricos, que consiste em um amplificador diferencial, com alta sensibilidade e com resposta em frequência dentro da faixa audível. A captura ocorreu sempre entre 9:00 e 12:00, principalmente em meio à vegetação de juncos, sendo os exemplares transferidos para solução de formalina 10%. Lotes dos espécimes foram tombados na coleção de peixes do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. (UFRGS 6854, UFRGS 6855, UFRGS 6856, UFRGS 6857, UFRGS 6858, UFRGS 6859)

Foram registrados os parâmetros físicos e químicos da água como a saturação de oxigênio (oxímetro OXI 330/SET-WTW), condutividade (condutivímetro LF330/SET-WTW), temperatura do ar e da água, além da profundidade, medida sempre em um mesmo ponto demarcado. Os dados de pluviosidade foram obtidos junto ao 8º Distrito de Meteorologia – Serviço de Observação e Meteorologia Aplicada de Porto Alegre. Os dados de fotoperíodo foram obtidos com o auxílio do programa SkyMap Pro 9.0.

Análise

Após um período de 10 dias, os exemplares foram transferidos para álcool 70° GL e foram tomados os dados biométricos como comprimento total (Lt) em milímetros e peso total (Wt) em gramas. Após a dissecação, foram registrados os pesos das gônadas (Wg), do fígado (Wf) e do estômago (We) em gramas. O sexo e os estádios de maturação gonadal foram pré-estabelecidos de acordo com caracteres macroscópicos como cor, vascularização, presença de ovócitos e tamanho das gônadas em relação à cavidade abdominal, de acordo com Vazzoler (1996) e Barbieri & Barbieri (1984b,1985).

Foram selecionadas 40 ovários e 70 testículos para a análise histológica com o objetivo de corroborar a análise macroscópica dos estádios de maturação gonadal. Para isso, as gônadas foram incluídas em parafina ou resina glicolmetacrilato e posteriormente cortadas sagitalmente, com espessura variando de 5 a 7 µm. Posteriormente foram coradas de acordo com a técnica de Hematoxilina-Eosina.

Foram feitos os cálculos do Índice Gonadossomático (IGS), de Repleção (IR) e Hepatossomático (IHS), que representam o percentual do peso do órgão em relação ao peso total do peixe. As fórmulas, adaptadas de Santos (1978), são:

$$\text{IGS} = (\text{Wg} \times 100) / \text{Wt},$$

$$\text{IR} = (\text{We} \times 100) / \text{Wt},$$

$$\text{IHS} = (\text{Wf} \times 100) / \text{Wt},$$

onde Wg representa o peso da gônada, We o peso do estômago, Wf o peso do fígado e Wt o peso total.

O período reprodutivo foi estabelecido através das freqüências relativas

mensais dos estádios de maturação gonadal, além da distribuição dos valores do índice gonadossomático médio em cada mês, sendo calculado através da seguinte expressão:

$$\text{IGS}_{\text{médio}} = \sum \text{IGS} / n \quad \text{onde}$$

IGS = índice gonadossomático de cada indivíduo adulto

n = número de indivíduos adultos (reprodutivos)

Para a verificação de possíveis relações entre o período reprodutivo e as variáveis bióticas (Índice de Repleção e Índice Hepatossomático) e abióticas (temperatura, condutividade, saturação de oxigênio, profundidade, pluviosidade e fotoperíodo) foi aplicado o teste de correlação não paramétrico de Spearman (Zar, 1999).

Para estimar a fecundidade absoluta média da espécie, foi realizada a contagem total dos ovócitos vitelinados de 10 fêmeas maduras. As gônadas foram colocadas em solução de Gilson modificada até a dissociação dos ovócitos. A fecundidade relativa foi estimada através do número de ovócitos por miligrama de peso da fêmea, como sugerido por Adebisi (1987).

O tipo de desova foi estimado através da análise de 30 gônadas as quais representavam os diferentes estádios de maturação gonadal. Estas foram colocadas em solução de Gilson modificada (Vazzoler, 1996) até a dissociação dos ovócitos. Após foi realizada uma subamostragem aleatória de 150 ovócitos por gônada, que foram medidos com o auxílio de estereomicroscópio acoplado a ocular milimetrada, obtendo sempre o maior diâmetro da célula.

A proporção sexual da espécie foi estimada utilizando a frequência absoluta

de machos e fêmeas ao longo do período. Para a verificação da existência de diferenças significativas na proporção sexual no período total de amostragem, por mês de amostragem e por classe de comprimento total, foi aplicado o teste qui-quadrado ($\alpha = 0,05$, g.l.=1) aos resultados.

O tamanho de primeira maturação gonadal de machos e fêmeas foi estimado de acordo com as distribuições de freqüências relativas de jovens e adultos por classes de comprimento total (Vazzoler, 1996). Os resultados foram lançados em gráficos e a curva obtida foi ajustada segundo a expressão matemática:

$$Fr = 1-(e^{-aLt^b}),$$

onde Fr é igual à freqüência relativa de indivíduos adultos; e é a base dos logaritmos naturais; Lt é o comprimento total em milímetros e a e b correspondem às constantes estimadas relacionadas ao ajuste da curva. O tamanho de primeira maturação gonadal é considerado aquele em que 50% dos indivíduos podem ser considerados adultos (Vazzoler, 1996).

Resultados

Foram coletados 388 exemplares de *Gymnotus aff. carapo*, sendo 177 fêmeas variando de 42,71 a 281,82 mm e 211 machos variando de 41,63 a 280,74 mm. Não foram coletadas larvas, pois segundo Nakatani *et al.* (2001), podem ser consideradas larvas apenas indivíduos com tamanho inferior a 26,77 mm.

Os estádios de maturação gonadal das fêmeas foram definidos como: imaturos, em maturação, maduros, semi-esgotados e esgotados. Os estádios de maturação gonadal dos machos foram definidos como: imaturos, em maturação,

maduros e esgotados. As gônadas de fêmeas imaturas são pequenas, ocupando menos de um terço da cavidade celomática, achatadas e translúcidas.

Histologicamente, são observados apenas ovócitos de estoque de reserva em grande número (Figs. 1a -b).

Fêmeas em maturação apresentam ovários pequenos, ocupando cerca de um terço da cavidade celomática e a medida que a maturação avança, estes começam a atingir comprimentos maiores. A coloração é rosada devido à vascularização, superfície mais rugosa com ovócitos podendo ser visualizados a olho nu. Histologicamente, são observados ovócitos de estoque de reserva e ovócitos pré-vitelogênicos, que aumentam de frequência ao longo da maturação (Fig. 1c).

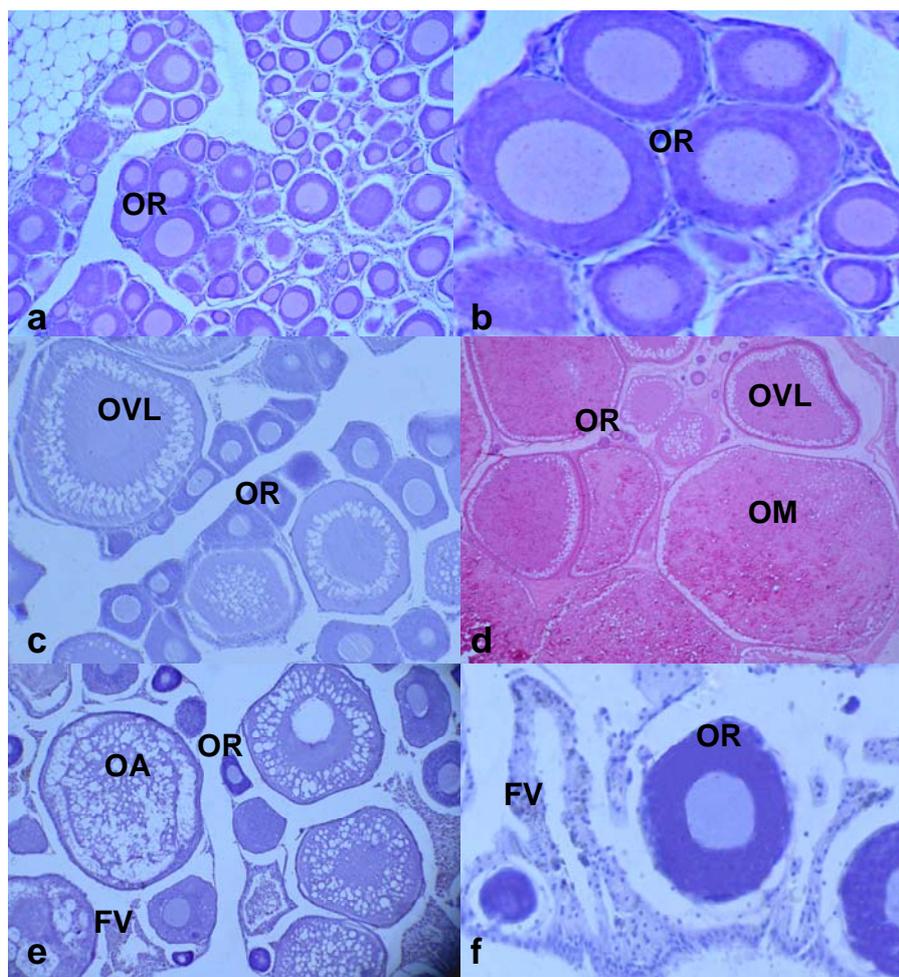


Fig. 1: Cortes histológicos em ovários de *Gymnotus aff. carapo* em 5 diferentes estádios de maturação. **a)** Imaturo (aumento 10X); **b)** Detalhe de ovário imaturo (aumento 15 X); **c)** Em maturação (aumento 10X); **d)** Maduro (aumento 4X); **e)** Semi-Esgotado (aumento 10X); **f)** Esgotado (aumento 10X). OR: ovócitos de reserva; OVL: ovócitos em vitelogênese lipídica; OM: ovócitos maduros; OA: ovócitos em absorção; FV: folículo vazio

As fêmeas consideradas maduras possuem gônadas grandes, rígidas, com formato de meio cone, ocupam a metade ou mais do comprimento da cavidade

celomática. A cor é amarelo ouro, com ovócitos opacos ou translúcidos sendo facilmente visualizados a olho nu. Histologicamente, são observados muitos ovócitos vitelogênicos, pré-vitelogênicos e de estoque de reserva (Fig. 1d).

Os ovários em estágio semi-esgotado apresentam-se flácidos, comumente ocupando metade da cavidade celomática em comprimento, cor rosada e ovócitos residuais de diâmetros menores. Histologicamente, apresentam ovócitos em diferentes estágios de desenvolvimento, folículos vazios e algumas vezes ovócitos em reabsorção (Fig. 1e).

Fêmeas consideradas esgotadas apresentam gônadas longas, ocupando mais da metade da cavidade celomática em comprimento, amareladas ou rosadas, com muitas zonas hemorrágicas e ovócitos pequenos. Histologicamente, as gônadas encontram-se desorganizadas, com ovócitos de estoque de reserva e em reabsorção (Fig. 1f).

As gônadas de machos imaturos ocupam menos de um terço em comprimento da cavidade celomática e apresentam-se translúcidas. Histologicamente, são observados lóbulos seminíferos pequenos, com grande quantidade de espermatogônias (Fig. 2a).

Machos classificados como “em maturação” possuem gônadas pequenas, alguma vezes alcançando um terço da cavidade celomática em comprimento, sendo mais opacas que as gônadas imaturas. Histologicamente, podem ser observadas células nas várias fases de desenvolvimento e os lóbulos seminíferos com uma luz maior parcialmente preenchida com espermátides e espermatozóides (Fig. 2b).

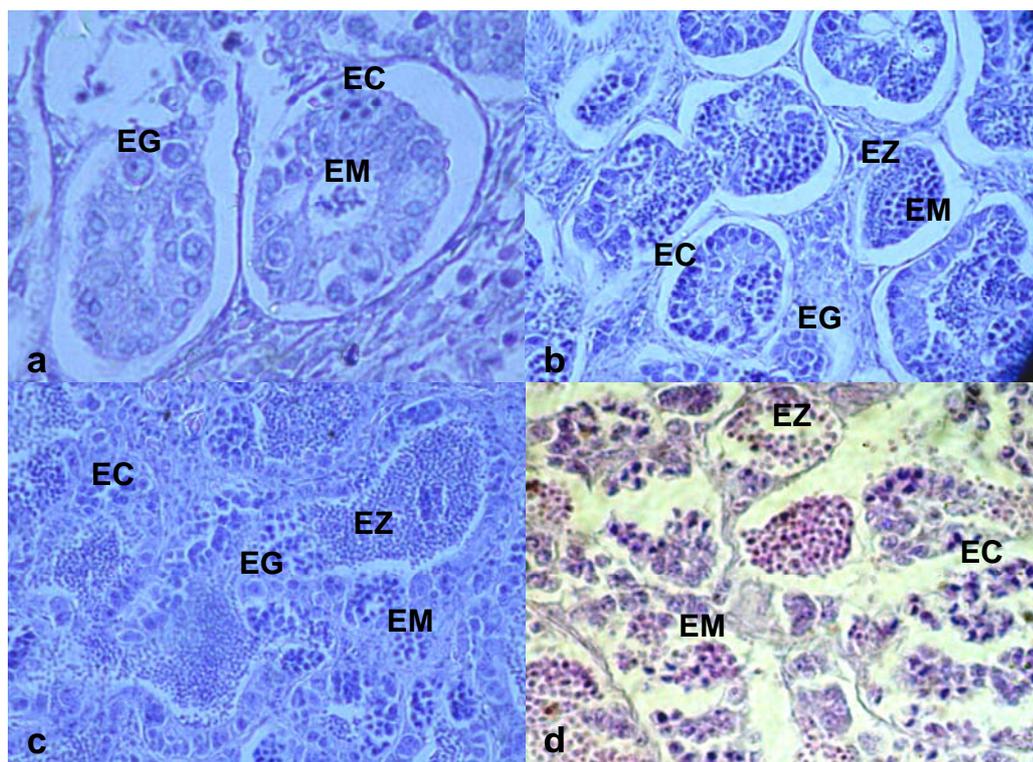


Fig. 2: Cortes histológicos de testículos de *Gymnotus aff. carapo* em 4 diferentes estádios de maturação. **a)** Imaturo (aumento 40 X); **b)** Em Maturação (aumento 40 X); **c)** Maduro (aumento 40 X) **d)** Esgotado (aumento 40 X). EG: espermatogônias; EC: espermatócitos; EM: espermátides; EZ: espermatozóides.

Os testículos maduros ocupam até metade da cavidade celomática em comprimento, sendo opacos e esbranquiçados. Histologicamente, os lóbulos seminíferos apresentam-se muito alargados, com grande quantidade de células maduras na sua luz (Fig. 2c).

Machos esvaziados apresentam os testículos com aproximadamente um terço do comprimento da cavidade celomática, esbranquiçados e algumas vezes rosados. Histologicamente, os lóbulos seminíferos apresentam-se desorganizados, com um

maior número de espermatogônias, e com poucas células maduras na sua luz (Fig. 2d).

O período reprodutivo da espécie iniciou no mês de novembro de 2003 e se estendeu até março de 2004, com as fêmeas tendo o pico de IGS em janeiro de 2004 e os machos em novembro de 2004 (Fig. 3). A frequência relativa elevada de fêmeas maduras entre os meses de novembro de 2003 e março de 2004 corrobora com os dados da curva de IGS destas. Fêmeas no estágio imaturo foram encontradas ao longo de todo o período, em maturação ao longo de todo o período com exceção dos meses de janeiro e fevereiro de 2004, Semi-esgotadas em novembro e dezembro de 2003 e fevereiro e março de 2004, e esgotadas nos meses de março e abril de 2004 (Fig. 4).

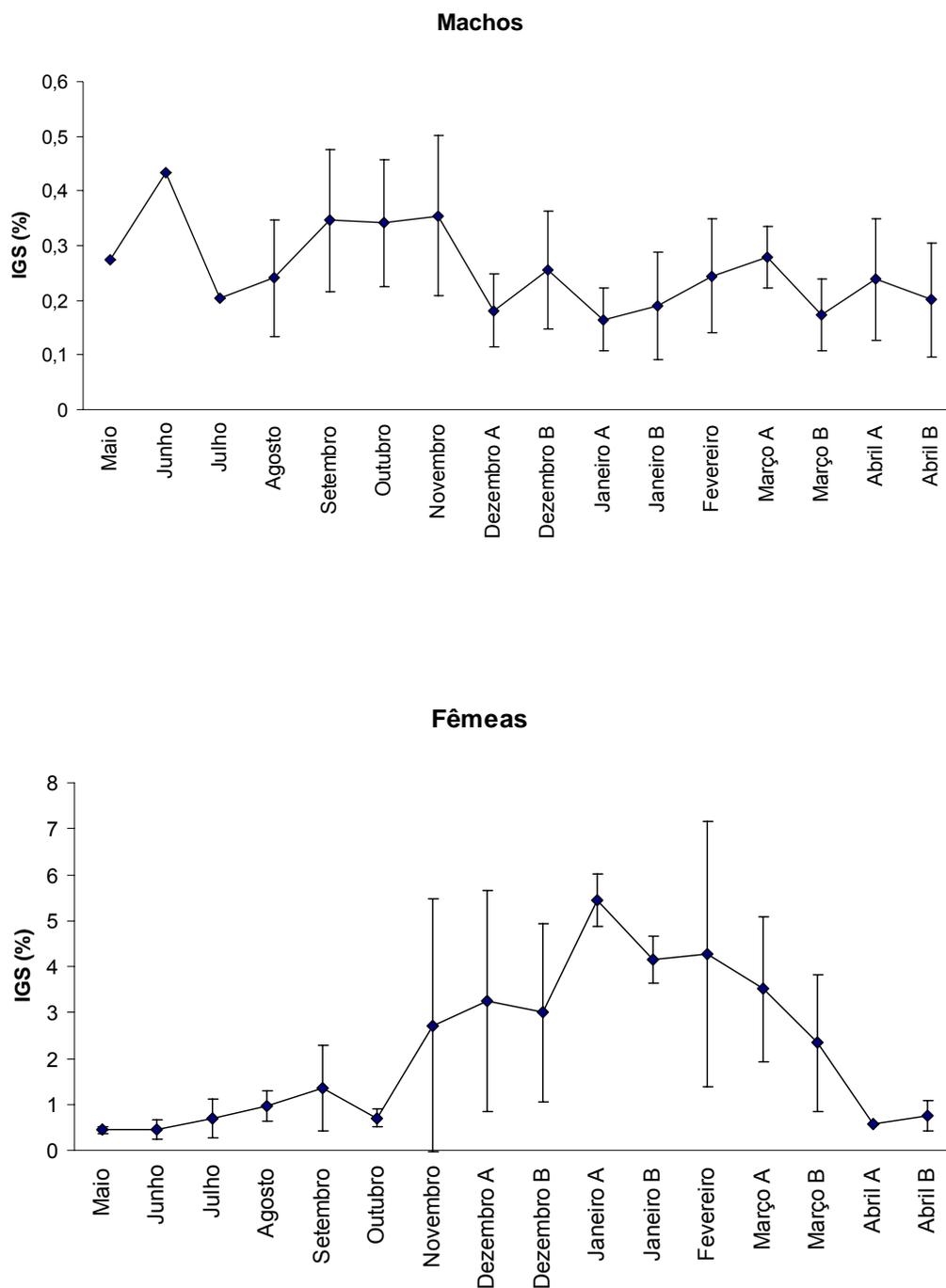


Fig. 3: Variação mensal do índice gonadosomático médio para machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã, no período de maio/2003 a abril/2004. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

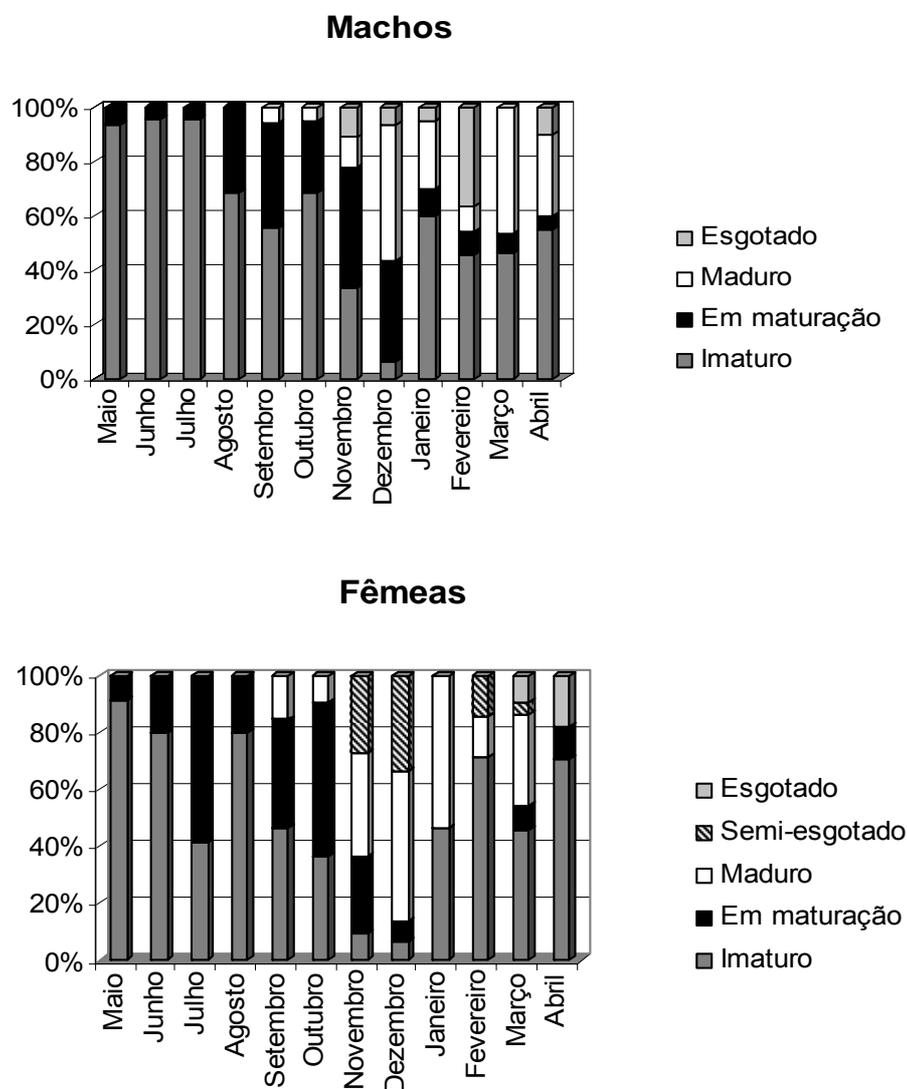


Fig. 4: Variação mensal das freqüências dos estádios de maturação gonadal de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã.

A média alta e praticamente constante de IGS dos machos nos meses de setembro, outubro e novembro indicam que estes estavam aptos para a reprodução

antes das fêmeas. Existem machos maduros ao longo de todo o período reprodutivo, principalmente nos meses de dezembro de 2003 e janeiro e março de 2004. Apesar da média de IGS dos machos encontrar-se mais baixa após novembro de 2003, ainda existem muitos indivíduos no estágio maduro. Nos meses de maio, junho e julho foi coletado apenas um indivíduo macho em cada mês e que estava apto a se reproduzir, tornando o IGS mensal alto. Machos imaturos e em maturação foram coletados ao longo de todo o período e, em estágio esgotado, em novembro e dezembro de 2003, além de janeiro, fevereiro e abril de 2004 (Fig. 4).

O IGS de fêmeas e machos não apresentou correlação significativa com os índices de repleção estomacal (IR) e hepatossomático (IHS) ($p < 0,05$) (Tabela 1). Houve correlação significativa positiva entre o IGS dos machos e o oxigênio dissolvido e negativa em relação à condutividade. O IGS das fêmeas se correlacionou positivamente com a temperatura e fotoperíodo, e negativamente com o oxigênio dissolvido (Tabela 2).

Tabela 1. Correlação de Spearman entre o IGS médio mensal de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã e dados alimentares.

| Índice Gonadossomático e dados alimentares | | R | p |
|--|--------|---------|--------|
| IGS x IR | Machos | 0,1853 | 0,4921 |
| | Fêmeas | -0,1147 | 0,6723 |
| IGS x IHS | Machos | 0,0882 | 0,7452 |
| | Fêmeas | 0,1735 | 0,5204 |

Tabela 2. Correlação de Spearman entre IGS médio mensal de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã e dados abióticos. Valores significativos estão em negrito ($p < 0,05$).

| Índice Gonadossomático e dados abióticos | | R | p |
|--|--------|---------|---------------|
| IGS x Temp. água | Machos | -0,4665 | 0,0665 |
| | Fêmeas | 0,7138 | 0,0019 |
| IGS x Condutividade | Machos | -0,5235 | 0,0374 |
| | Fêmeas | 0,0735 | 0,7867 |
| IGS x Oxigênio dissolvido | Machos | 0,5471 | 0,0283 |
| | Fêmeas | -0,7118 | 0,0020 |
| IGS x Profundidade | Machos | 0,3402 | 0,1972 |
| | Fêmeas | -0,4201 | 0,1052 |
| IGS x Pluviosidade | Machos | 0,1770 | 0,5120 |
| | Fêmeas | -0,1003 | 0,7117 |
| IGS x Fotoperíodo | Machos | -0,2971 | 0,2600 |
| | Fêmeas | 0,7941 | 0,0002 |

A fecundidade absoluta média, para fêmeas entre 213,2 a 280,5 mm foi estimada em 915,3 ovócitos, variando de 665 a 1308 ovócitos. (Tabela 3). O diâmetro dos ovócitos vitelinados chegou ao máximo de 1,7 mm. A fecundidade relativa média estimada foi de 0,20 ovócito por miligrama de peso total da fêmea (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento total (Lt), peso total (Wt), índice gonadossomático (IGS), fecundidade absoluta (FA) e fecundidade relativa (FR) de 10 fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã

| | Lt (mm) | Wt (g) | IGS (%) | FA | FR |
|---------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|-------------|
| | 204,36 | 30,4023 | 4,76 | 665 | 0,22 |
| | 213,2 | 39,9972 | 5,19 | 922 | 0,23 |
| | 216,88 | 36,2458 | 6,32 | 790 | 0,22 |
| | 219,5 | 41,7975 | 5,52 | 1308 | 0,31 |
| | 223,24 | 44,7922 | 5,18 | 703 | 0,16 |
| | 224,86 | 44,769 | 6,8 | 1111 | 0,25 |
| | 230,25 | 43,8944 | 6,01 | 1017 | 0,23 |
| | 237,53 | 54,4258 | 4,67 | 719 | 0,13 |
| | 254,82 | 55,2226 | 6,31 | 972 | 0,18 |
| | 280,5 | 84,4788 | 5,43 | 946 | 0,11 |
| Médias | 230,51 | 47,60 | 5,62 | 915,3 | 0,20 |

A análise da distribuição da frequência absoluta dos diâmetros dos ovócitos mostra que a espécie apresenta desova parcelada (Fig. 5), pois existe uma frequência elevada de ovócitos de reserva que irão participar do próximo período reprodutivo, além de lotes de ovócitos em diferentes estádios de maturação que serão liberados no ambiente em diferentes momentos até o fim do período reprodutivo. A presença de um estágio de maturação semi-esgotado confirmado histologicamente e um período reprodutivo longo confirmam a existência deste tipo de desova para a espécie estudada.

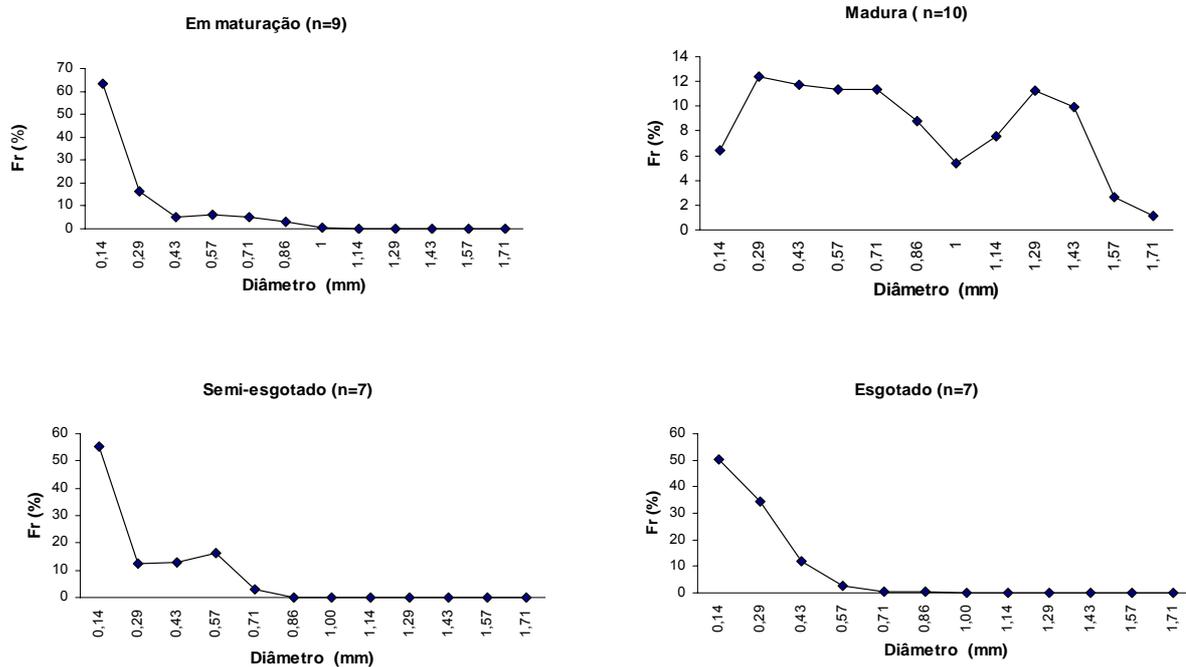


Fig. 5: Distribuição das freqüências relativas do diâmetro dos ovócitos em diferentes fases do desenvolvimento gonadal de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã.

O tamanho de primeira maturação gonadal foi estimado em 146 mm para machos e 141 mm para fêmeas (Fig. 6).

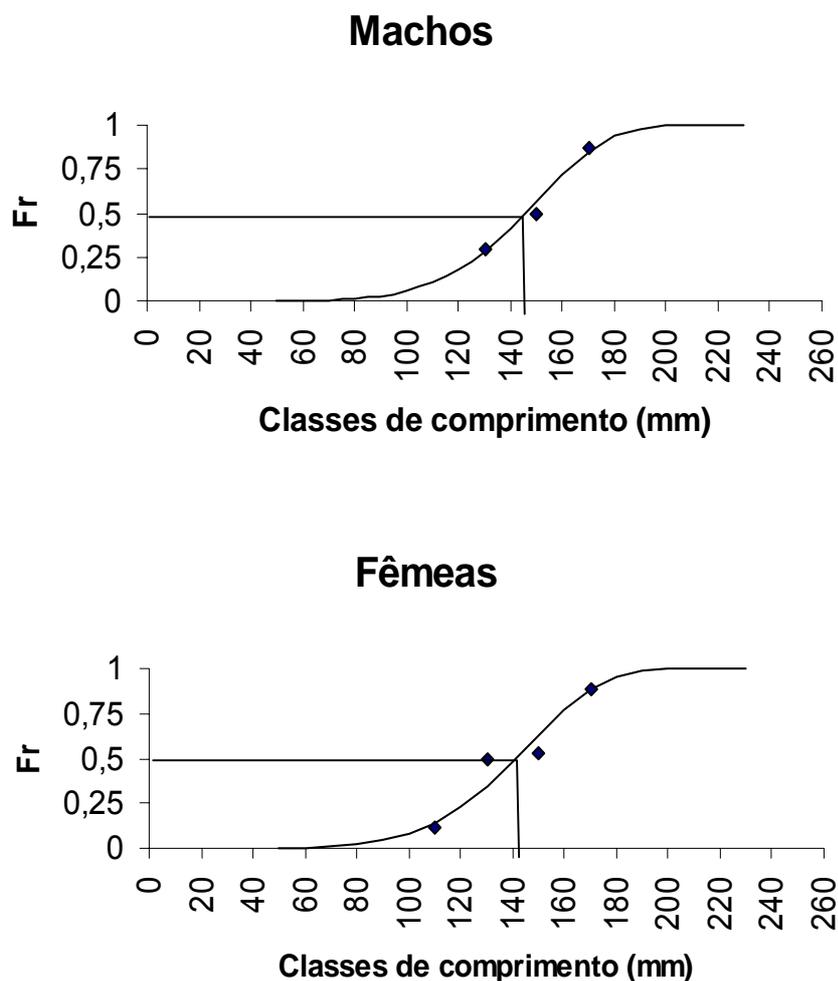


Fig. 6: Distribuição das freqüências relativas de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã por intervalo de classes de comprimento total.

A proporção sexual da espécie foi estimada em 1:1 ao longo do período amostrado ($\chi^2 = 2,97$; $p > 0,05$) (Fig. 7), e há dimorfismo sexual associado ao comprimento total na menor classe de comprimento ($\chi^2 = 5$; $p < 0,05$) (Fig. 8).

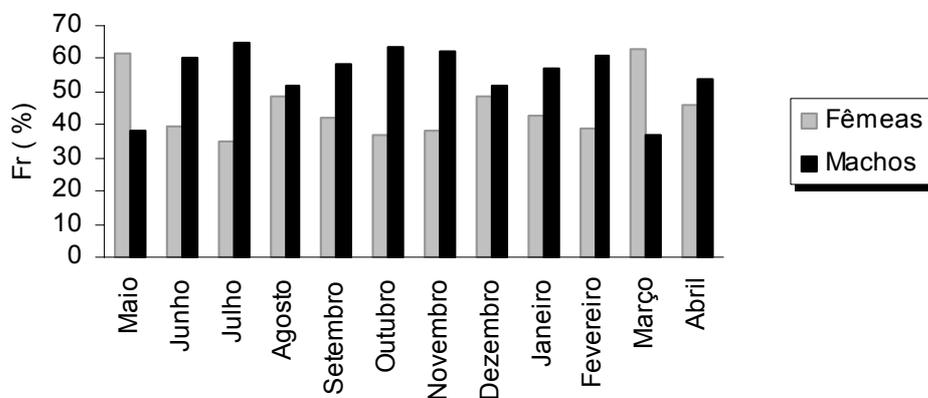


Fig. 7: Variação mensal das freqüências relativas de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã.

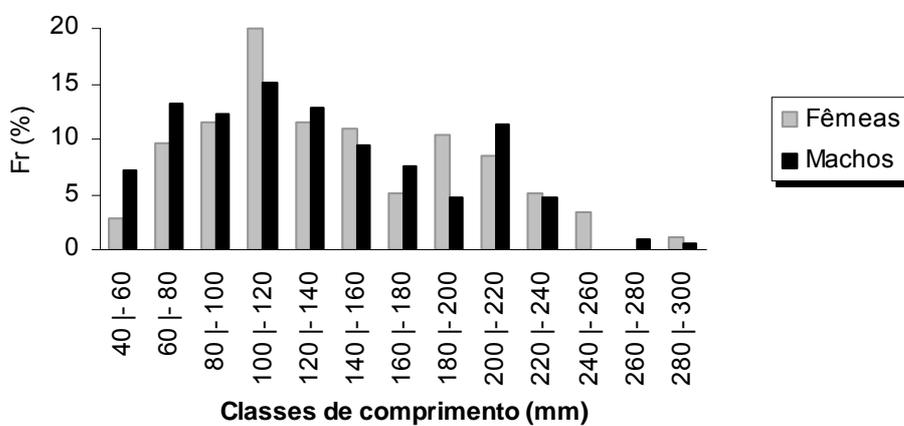


Fig. 8: Distribuição das freqüências relativas de machos e fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* da lagoa Verde do Parque Estadual de Itapuã por classes de comprimento total.

Discussão

A elaboração de uma escala de maturidade gonadal é de suma importância para que se entenda o comportamento biológico e reprodutivo de uma espécie ao longo da época do ano e de seu ciclo de vida (Giora, 2004). Segundo Vazzoler (1996), a escala de maturidade gonadal deve ser simples e adequada à espécie foco do trabalho, sendo que escalas muito detalhadas levam a erros maiores do que as generalizações.

Segundo Vazzoler (1996), para a delimitação do período reprodutivo de uma espécie torna-se necessário, para garantir a fidedignidade dos resultados, encontrar um ponto de compromisso entre a redução da subjetividade das classificações dos estádios de maturação gonadal baseadas em escalas macroscópicas e a impossibilidade de se realizar análises microscópicas para um elevado número de indivíduos, visto que análises histológicas são demoradas e dispendiosas. Devido a isto, neste estudo optou-se utilizar a classificação macroscópica e microscópica dos estádios de maturação gonadal, com o objetivo de reduzir erros.

Barbieri & Barbieri (1985), definiram para fêmeas de *Gymnotus carapo*, cinco estádios de maturação gonadal: imaturo, em maturação, maduro, semi-esgotado e esgotado. De acordo com esses autores, fêmeas em reprodução são encontradas entre os meses de setembro e fevereiro, onde existe uma frequência relativa maior de ovários nos estádios maduro e semi-esgotado. Foram encontrados dados semelhantes para a espécie foco deste estudo, já que fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* tiveram uma maior frequência relativa de ovários maduros e semi-esgotados entre os meses de setembro de 2003 e março de 2004.

Barbieri & Barbieri (1984b) definiram, para machos de *Gymnotus carapo*, quatro estádios de maturação gonadal: imaturo, em maturação, maduro e esgotado. Além disso, afirmam que ao longo do ano não ocorrem grandes variações no tamanho e na coloração dos testículos e que a atividade espermatogênica ocorre durante todo o ano, variando, porém, de intensidade; esta é maior de setembro a janeiro, com pico em outubro e novembro. Pôde-se observar que os testículos da espécie foco deste trabalho possuem o desenvolvimento e morfologia semelhantes, com gônadas ativas ao longo de todo o período amostrado, com maior intensidade entre os meses de setembro de 2003 e abril de 2004, onde encontra-se uma maior frequência relativa de machos maduros (ou em reprodução). Os testículos, ao contrário dos ovários, são difíceis de serem diferenciados macroscopicamente quanto ao seu estágio de desenvolvimento, a não ser por sua transparência, na maior parte das vezes.

O conhecimento do ciclo reprodutivo de uma espécie de peixe é fundamental quer para a proteção dos estoques naturais, quer para o cultivo para fins de consumo ou repovoamento (Barbieri & Barbieri, 1985). Segundo Giora (2004), a determinação do período reprodutivo é fundamental para o estabelecimento de todos os demais aspectos da biologia da espécie, bem como de sua dinâmica populacional. *Gymnotus aff. carapo* apresentou um período reprodutivo sazonal, ocorrendo entre os meses de novembro/2003 e março/2004, o que pode ser considerado um período de reprodução longo. Barbieri & Barbieri (1983a) estimaram que a reprodução de *Gymnotus carapo* é mais curta, ocorrendo entre os meses de outubro e dezembro, corroborando com os dados a respeito de *Gymnotus carapo*

encontrados em Vazzoler (1996). Os trabalhos citados anteriormente ocorreram em latitudes mais baixas, onde flutuações climáticas são menores, permitindo assim um período de desova mais curto, com condições mais estáveis para o desenvolvimento das larvas. Silva *et al.* (2003) estimaram para *Brachyhypopomus pinnicaudatus* um período reprodutivo ocorrendo entre os meses de novembro e janeiro. Entretanto, este período pode ser mais longo pois além de não ter sido feita uma análise detalhada da biologia reprodutiva da espécie, machos e fêmeas com mudanças morfológicas e eletrofisiológicas relacionadas ao sexo foram encontrados também no mês de fevereiro. Giora (2004), estimou um período reprodutivo longo e diferenciado sazonalmente para *Eigenmannia trilineata*, ocorrendo entre outubro/2002 e fevereiro/2003, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Segundo Winnemiller & Taphorn (1989), *Gymnotus carapo* da Venezuela possui um período reprodutivo longo como a espécie do presente estudo, apesar da grande diferença de latitude e de distribuição de chuvas entre os locais de coleta.

O desencadeamento da época de reprodução em fêmeas de teleósteos pode ser vista como o produto de numerosos estímulos bióticos e abióticos que exercem efeitos de longo prazo no crescimento ovariano e efeitos de curto prazo no final da maturação dos ovócitos (Stacey, 1984). As espécies de peixes apresentam, dentro de um período reprodutivo, exigências particulares relacionadas às condições ambientais, como a qualidade da água, a disponibilidade de alimento adequado e refúgios, que garantem o crescimento e sobrevivência dos indivíduos nas fases iniciais de desenvolvimento (Vazzoler, 1996)

Kirschbaum (1979) através de experimentos em cativeiro determinou que os

fatores abióticos que influenciam na maturação gonadal de *Eigenmannia virescens* são a diminuição da condutividade e do pH, e o aumento do nível do tanque e a simulação de chuvas neste. Silva *et al.* (2003), mostraram que a presença de machos e fêmeas adultos de *Brachyhyopomus pinnicaudatus* nos meses de novembro, dezembro e janeiro e um repentino aumento do número de juvenis nestes meses coincide com temperaturas da água mais elevadas, baixa condutividade e um fotoperíodo maior. Barbieri & Barbieri (1983a) estimaram que o índice gonadossomático médio de *Gymnotus carapo* da Represa do Lobo tem uma relação gráfica direta com a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação de oxigênio, precipitação pluviométrica e fotoperíodo.

Os principais fatores que influenciam na sobrevivência dos embriões de peixes são a respiração e a relação destes com os predadores (Kryzhanovskii, 1949). O índice gonadossomático médio de fêmeas de *Gymnotus aff. carapo* apresentou correlação negativa com o oxigênio dissolvido, indicando que as fêmeas desovam mesmo com a oxigenação baixa da água, podendo comprometer a sobrevivência dos embriões. Embora não se tenha observado cuidado parental evidente na espécie em questão, Kirschbaum & Wieczorec (2002), Crampton & Hopkins (em preparação) e Kirschbaum & Schugardt (2003) relatam a existência deste tipo de comportamento para outras espécies de *Gymnotus*. Segundo Vazzoler (1996), espécies territorialistas (como é o caso das encontradas neste gênero) com machos guardadores de ovos, embriões e fases larvais, podem gerar correntes de água que garantem a oxigenação destes. Segundo a mesma autora e Kirschbaum & Schugardt (2003), *Gymnotus carapo* apresenta ovos adesivos, que aderidos às

macrófitas poderiam facilitar o comportamento de geração de correntes de água para oxigenar os embriões. A diminuição do índice de repleção estomacal médio dos machos após o mês de novembro de 2003 poderia indicar que estes estariam ocupados com o cuidado da prole.

A sazonalidade reprodutiva em peixes de ambientes temperados, onde não ocorrem períodos claramente definidos de maior pluviosidade, está relacionada principalmente à temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de alimento (McKaye, 1984; Payne, 1986). O aumento da temperatura mostrou estar correlacionado positivamente com o aumento do índice gonadossomático das fêmeas de *Gymnotus aff. carapo*, corroborando com os dados apresentados por Barbieri & Barbieri (1983a). Em regiões temperadas, os períodos de temperatura mais elevada podem garantir condições ambientais mais propícias ao desenvolvimento das larvas, além de proporcionar alimento em abundância para o crescimento dos alevinos.

O aumento do período de luminosidade do dia é percebido por fotorreceptores pineais presentes na epiderme dos peixes, fazendo com que o hipotálamo diminua a produção do hormônio melatonina, que é um inibidor da reprodução (Bromage et. al., 2000; Schmidt & Nielsen, 1996; Jobling, 1995). O fotoperíodo mostrou estar correlacionado com o aumento do IGS das fêmeas da espécie estudada, corroborando com os dados apresentados por Barbieri & Barbieri (1983a). Estudos realizados na região sul do Brasil (Azevedo et al., 2000; Oliveira, 2003; Lampert, 2003; Gonçalves, 2003; Giora & Fialho, 2004) indicam que o período reprodutivo pode estar correlacionado com o fotoperíodo.

Segundo Kirschbaum & Schugardt (2003), o decréscimo de condutividade

está relacionado com a maturação gonadal de *Gymnotus carapo* em cativeiro. O fato dos machos de *Gymnotus* aff. *carapo* do presente estudo estarem com IGS mais alto quando a condutividade está mais baixa pode ser explicado pelo fato de que o raio de alcance do campo elétrico aumenta quando a condutividade do meio é menor, aumentando as chances de interrelação entre os indivíduos .

A fecundidade de uma população ou espécie é ajustada automaticamente ao suprimento alimentar via metabolismo (Nikolskii, 1969). Segundo Vazzoler (1996), a fecundidade depende em última instância do volume da cavidade celomática disponível para alojar ovários maduros e do tamanho dos ovócitos. Além disso, peixes maiores tendem a ter uma fecundidade mais elevada.

A espécie estudada apresentou uma fecundidade absoluta média mais baixa, se comparado aos dados de Barbieri & Barbieri (1982), que estimaram para *Gymnotus carapo* 2192 ovócitos para o período reprodutivo de 1978/79 e 1791 ovócitos para o período reprodutivo de 1979/80. Além disso, os mesmos autores estimaram uma fecundidade absoluta podendo ultrapassar os 3000 ovócitos em fêmeas variando de 25,5 a 46 centímetros no período reprodutivo de 1978/79, muito superior à fecundidade encontrada para a espécie foco deste estudo. Dados obtidos por Vazzoler (1996) estimam uma fecundidade absoluta de 3000 ovócitos para fêmeas de *Gymnotus carapo* com comprimento máximo de 32,9 centímetros e que apresentam cuidado parental. A fecundidade mais baixa da espécie *Gymnotus* aff. *carapo* do presente estudo poderia estar relacionada a fatores como cuidado com a prole, embora os dados de Vazzoler (1996) apontem para existência de cuidado parental com fecundidade mais alta, ou então, ao tipo de desova parcelada. Visto

que a espécie do presente estudo apresenta um período reprodutivo longo, pelo menos 2 meses maior do que a de outras espécies de *Gymnotus* nas quais se possui dados sobre período reprodutivo, existe a oportunidade de liberação de mais lotes de ovócitos justificando assim a fecundidade absoluta menor encontrada.

Segundo Vazzoler & Menezes (1992), algumas características reprodutivas como cuidado parental, tipo de desova, migração e tipo de fecundação podem interferir na fecundidade, visto que espécies que de alguma forma oferecem maior garantia de fecundação e sobrevivência de ovos e larvas, geralmente apresentam valores de fecundidade reduzido.

O diâmetro máximo dos ovócitos maduros é outro fator que poderia interferir nos valores da fecundidade absoluta da espécie deste estudo. Entretanto, Vazzoler (1996) encontrou para fêmeas de *Gymnotus carapo* com fecundidade absoluta de 3000 ovócitos e 32,9 cm de comprimento, ovócitos com diâmetro máximo de 2,7 mm, contrastando com o diâmetro encontrado para o presente estudo que foi de 1,7 mm. Além disso, Barbieri & Barbieri (1982), encontraram para fêmeas de *Gymnotus carapo* com fecundidade absoluta passando de 3000 ovócitos e comprimento de até 46 cm, ovócitos maduros com até 3,6 mm. Logo, o diâmetro dos ovócitos maduros da espécie estudada não impediria que esta tivesse uma fecundidade absoluta média maior, indicando assim que outros fatores como a duração do período reprodutivo e o tipo de desova poderiam estar determinando um menor número de ovócitos maduros por gônada.

O cálculo da fecundidade relativa visa minimizar a influência do tamanho do peixe na fecundidade, permitindo comparações entre peixes de portes diferentes. A

fecundidade relativa é também uma maneira indireta de se estimar o esforço energético empregado na produção de ovócitos (Giora, 2004). A mesma autora encontrou para *Eigenmannia trilineata* uma fecundidade relativa média de 0,27 ovócitos por miligrama de peso total de fêmea, valor esse muito próximo ao encontrado para a espécie foco deste estudo. Devido à anatomia peculiar dos gimnotiformes, uma fecundidade relativa baixa é esperada, pois o tamanho da cavidade celomática impede uma grande produção de ovócitos.

A desova parcelada representa um mecanismo através do qual determinadas espécies aumentam o número de ovócitos que produzem em um período de reprodução, a níveis muito mais elevados que aqueles que poderiam ser predizíveis pelo seu porte, considerando-se que a fecundidade é relacionada ao comprimento do peixe (Vazzoler, 1996). Barbieri & Barbieri (1982), Nakatani *et al.* (2001) e Vazzoler (1996) estimaram que a desova de *Gymnotus carapo* é parcelada, corroborando com o resultado encontrado no presente estudo. Kirschbaum & Schugardt (2003), realizando experimentos em cativeiro, estimaram que a desova de *Gymnotus carapo* é parcelada, podendo ocorrer a cada 60 dias a eliminação de até 247 ovócitos. Giora (2004) estimou que *Eigenmannia trilineata* possui este mesmo tipo de desova, através de análises histológicas e da distribuição das frequências dos diâmetros dos ovócitos. Kirschbaum (1979) observou desova parcelada para *Eigenmannia virescens* em cativeiro, variando os fatores abióticos como a condutividade, o pH e o nível da água, além de simular chuva. Para Nikolskii (1963), a desova parcelada e um prolongamento no período de desova são as características principais de espécies de peixes tropicais e subtropicais. O mesmo

autor argumenta que as espécies que apresentam este tipo de desova estão melhor adaptadas a sobreviver em condições abióticas desfavoráveis. Logo, posturas sucessivas podem resolver o problema da competição pelo local de desova entre as fêmeas de uma mesma população que se reproduzem em uma mesma época, além de garantir a sobrevivência das larvas, pois a liberação intermitente de ovócitos permitirá que larvas oriundas de posturas diferentes passem pela fase planctófaga em tempos diferentes, reduzindo a competição pelo mesmo alimento.

O crescimento é um aspecto quantitativo do desenvolvimento e é um processo peculiar a cada espécie e a cada estágio de desenvolvimento (Nikolskii, 1963). O comprimento da primeira maturação é uma tática reprodutiva bastante lábil, pois está intimamente relacionada ao crescimento, apresentando variações intraespecíficas espaciais e temporais relacionadas às condições ambientais abióticas e bióticas prevalescentes na região ocupada ou no período que a população ficou submetida às mesmas (Vazzoler, 1996). Machos e fêmeas da população de *Gymnotus aff. carapo* apresentaram um tamanho de primeira maturação similar, com as fêmeas atingindo o comprimento de primeira maturação menor do que os machos. Giora (2004) estimou que o tamanho de primeira maturação gonadal dos machos de *Eigenmannia trilineata* foi menor que o das fêmeas. Nakatani *et al.* (2001) estimam que o tamanho de primeira maturação gonadal de *Gymnotus cf. carapo* é de 141 mm, muito próximo ao resultado encontrado no presente estudo, demonstrando assim que espécies de *Gymnotus* apresentam características reprodutivas semelhantes. Barbieri & Barbieri (1983a) estimaram para fêmeas de *Gymnotus carapo* um tamanho de primeira maturação de

24,8 cm, muito superior ao encontrado para as fêmeas do presente estudo. Como a população desta espécie pode atingir até 50 centímetros de comprimento, o comprimento de primeira maturação gonadal pode estar ocorrendo em comprimentos maiores.

Na maioria das populações naturais de peixes, a proporção sexual encontrada é de 1:1, mas podem ocorrer variações caso algum dos sexos possua alguma vantagem particular (Reay, 1989). Os dados encontrados neste estudo a respeito de proporção sexual corroboram com as observações do autor citado anteriormente e com Giora (2004), que estimaram a proporção sexual em 1:1 para *Eigenmannia trilineata*.

Segundo Vazzoler (1996), em muitos casos observa-se para a população como um todo uma proporção de 1:1, mas quando a análise é aprofundada em nível de classes de comprimento, pode ocorrer predomínio de fêmeas nas classes de comprimento maiores, em função destas apresentarem taxa de crescimento maior que os machos, e como consequência, atingirem comprimentos superiores para uma mesma idade. Giora (2004) observou que machos de *Eigenmannia trilineata* atingem comprimentos maiores que as fêmeas. No entanto, isso não foi observado nesse estudo, pois há predominância significativa de machos somente na classe de comprimento que vai de 40 a 60 mm, não havendo diferença significativa de tamanho entre os sexos nas demais classes.

Agradecimentos

Ao CNPQ pela bolsa concedida; ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ao Prof. Dr. Luiz Roberto Malabarba pelo auxílio nas coletas e parte de sistemática; Aos colegas e amigos que auxiliaram nas saídas de campo e histologia , sem vocês este trabalho não seria possível: Aloísio S. Braun, Adriana S. Pereira, Ana Paula S. Dufech, Andréa B. Schaan, Anelise T. Hahn, Carlos Eduardo Machado, Carlos Hiroshi, Caroline Maria da Silva, Caroline Zank , Circe Machado, Cristina Oliveira, Fábio Flores Lopes, Giovanni Neves, Juan A. Anza, Júlia Giora, Juliano Ferrer, Marco Azevedo, Marta D'amilo, Martin Schossler, Patrick Colombo, Paulo Augusto de S. Motta, Vinícius R. Lampert.; aos demais colegas do laboratório de ictiologia e herpetologia da UFRGS.

Referências Bibliográficas

- Adebisi, A.A. 1987. The relationships between fecundities, gonadosomatics indices and egg sizes of some fishes of Ogun River, Nigéria. *Archiv fuer Hydrobiology*, 111(1): 151-156.
- Azevedo, M.A., L.R. Malabarba & C.B. Fialho. 2000. Reproductive biology of the inseminated Glandulocaudine *Diapoma speculiferum* Cope, 1854 (Actinopterygii:Characidae). *Copeia*, 2000(4):983-989.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1982. Fecundidade e tipo de desova de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo, estado de São Paulo (Pisces, Gymnotidae). *Spectrum: Jornal Brasileiro de Ciência*, 2(7):25-29.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1983a. Dinâmica da reprodução de *Gymnotus carapo* na represa do Lobo, estado de São Paulo. Influência de fatores abióticos (Pisces, Gymnotidae). *Tropical Ecology*, 24(2): 244-259.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1983b. Growth and first sexual maturation size of *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 in the Lobo reservoir (state of São Paulo, Brazil) (Pisces: Gymnotidae). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 16(2): 195-201.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1984a. Crescimento de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo, estado de São Paulo, pelo método da distribuição da freqüência de comprimento (Pisces, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 44(3): 239-246.
- Barbieri, M.C. & G. Barbieri. 1984b. Reprodução de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo (SP). Morfologia e histologia de testículo. Variação sazonal. (Pisces, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 44(2): 141-148.

- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1984c. Note on nutritional dynamics of *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 from the Lobo reservoir, São Paulo State, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 24: 351-355.
- Barbieri, M.C. & G. Barbieri. 1985. Reprodução de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo (SP). Morfologia e histologia de ovário. Variação sazonal. (Teleostei, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 45 (1/2): 3-12
- Bennett, M.V.L. 1971. Electric organs In: Hoar, W.S. & D.J. Randall. 1971. Academic press, New York. P. 347-484
- Bromage, N., M. Porter & C. Randall. 2000. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of the photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197(2001):63-98.
- Crampton, W.G.R. 1996. Gymnotiform fish: An important component of Amazonian floodplain fish communities. *Journal of Fish Biology*, 48: 298-301.
- Crampton, W.G.R. 1998a. Effects of anoxia on the distribution, respiratory strategies and electric diversity of gymnotiform fishes. *Journal of Fish Biology*, 53(A): 307-330
- Crampton, W.G.R. 1998b. Electric signal design and habitat preferences in a species rich assemblage of Gymnotiform fishes from the upper Amazon basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(4): 805-847.
- Crampton, W.G.R. & C.D. Hopkins. 2005. Nesting and paternal care in the weakly electric fish *Gymnotus* (Gymnotiformes: Gymnotidae) with descriptions of larval and adult electric organ discharges of two species. *Copeia* 2005(1): 48-60.
- Curtis, C.C. & P.K. Stoddard. 2003. Mate preference in female electric fish, *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. *Animal Behaviour*. 66: 329-336.

- Giora, J. & C.B. Fialho. 2004. Biologia reprodutiva e hábito alimentar de *Eigenmannia trilineata* López e Castello, 1966 (Teleostei, Sternopygidae) do Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91 p.
- Gonçalves, T.K. 2003. Biologia reprodutiva de *Aphyocharax anisitsi* Eigenmann & Kennedy, 1903 (Ostariophysi: Characidae). Dissertação de bacharelado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 21 p.
- Jobling, M. 1995. Environmental Biology of Fishes. Chapman & Hall, London, 455 p.
- Kirschbaum, F. 1979. Reproduction of the weakly electric fish *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae, Teleostei) in captivity. Behavioral Ecology and Sociobiology, 4: 331-355.
- Kirschbaum, F. & C. Schugardt. 2003. Reproductive strategies and developmental aspects in mormyrid and gymnotiform fishes. Journal of Physiology. 96: 557-566.
- Kirschbaum, & L. Wiczorek. 2002. Entdeckung einer neuen Fortpflanzungs-strategie bei südamerikanischen Messerfischen (Teleostei: Gymnotiformes: Gymnotidae): Maulbrüten bei *Gymnotus carapo*. Verhalten der Aquarienfische. 2, 99-107.
- Kryzhanovskii, S.G. 1949. Ecological and morphological trends in development of the Cyprinoidae and Siluroidae. Trudy Institute Morfology Zhivotn Akademik Nauk. SSSR, Nro 1.
- Lampert, V.R. 2003. Biologia reprodutiva de duas espécies do gênero *Bryconamericus* (Characidae:Tetragonopterinae) dos sistemas dos rios Jacuí e Uruguai, RS. Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 73p.

- Lundberg, J.G. & C. Weber. 1987. A Major food web component in the Orinoco river channel: evidence from planktivorous electric fish. *Science*. 237: 81-83.
- Mago-Leccia, F. 1994. Electric fishes of continental waters of America. *Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas Y Naturales*. Caracas, Venezuela . 206 p.
- McKaye, K.R. 1984. Behavioral aspects of cichlids reproductive strategies: patterns of territoriality and brood defense in Central American substratum spawners and African mouth brooders. Pp. 245-273. In: Potts, G. W. & R.J. Wootton (Eds). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London, Academic Press, 410p.
- Nakatani, K., A.A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialecki, P.V. Sanches, M.C. Makrakris & P.S. Pavanelli. 2001. *Ovos e larvas de peixes: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá. Editora da Universidade. 378p.
- Nikolskii, G.V. 1969. *Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources*. Edinburgh, Oliver & Boyd Ltda., 323 p.
- Nikolskii, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. London. Academic Press, 353 p.
- Oliveira, C.L.C. 2003. *Análise comparada de caracteres reprodutivos e da glândula branquial de duas espécies de Cheirodontinae (Teleostei: Characidae)*. Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 80p.
- Payne, A.I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. New York: John Wiley. 310p.

- Reay, P.J. 1984. Reproductive tactics: a non-event in aquaculture?. Pp. 291-309. In: Potts, G.W. & M.N. Wootton (Eds.) Fish reproduction: strategies and tactics. London, academic Press, 410 p.
- Santos, E.D. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, Edusp, 129p.
- Schmidt-Nielsen, K. 1996. Fisiologia Animal: Adaptação e Meio Ambiente. Livraria Santos Editora, 600p.
- Siegel, S. 1975. Estatística não paramétrica. São Paulo: McGraw-Hill. 350 pp.
- Silva, A., L. Quintana, M. Galeano, P. Errandonea. 2003. Biogeography and breeding in Gymnotiformes from Uruguay. Environmental Biology of Fishes. 66: 329-338.
- Stacey, N.E. 1989. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous factors. Pp. 207-221 In: Potts, G.W. & R.J. Wootton. Fish reproduction: strategies and tactics. London. 410p.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, Editora da Universidade, 169p.
- Vazzoler, A.E.A.M. & N.A. Menezes. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). Revista Brasileira de Biologia, 52(4): 627-640.
- Winemiller, K.O. & D.C. Taphorn. 1989. La evolucion de las estrategias de vida en los peces de los llanos occidentals de Venezuela. Biollania. 6:77-122.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analisis. New Jersey, Prentice-Hall, 663p.

Capítulo 3

Conclusão

Conclusão

De acordo com as análises efetuadas, pode-se concluir que até o momento são estimadas no estado do Rio Grande do Sul, um total de 3 espécies não descritas e uma espécie do gênero *Gymnotus*, sendo uma delas a espécie foco do presente estudo, *Gymnotus aff. carapo*. A separação destas espécies foi possível inicialmente através da análise das descargas do órgão elétrico, sendo confirmada posteriormente por análise morfométrica e merística.

Em relação à biologia reprodutiva, *Gymnotus aff. carapo* teve reprodução sazonal, de novembro/2003 a março/2004. Fatores alimentares mostraram não estar correlacionados com a reprodução da espécie. Fatores abióticos como a temperatura, fotoperíodo, condutividade e oxigênio dissolvido se mostraram correlacionados significativamente com o índice gonadossomático. A fecundidade absoluta média da espécie foi de 915,3 ovócitos, sendo mais baixa que as outras espécies de *Gymnotus*, possivelmente devido à desova parcelada associada a um período reprodutivo mais longo. A fecundidade relativa de 0,20 ovócitos por miligrama de peso é considerada baixa, pois a cavidade celomática reduzida dos gimnotiformes impede uma grande produção de ovócitos. Uma fecundidade baixa, aliada ao diâmetro dos ovócitos vitelinados poderiam indicar que existe cuidado parental para a espécie. O tamanho de primeira maturação gonadal foi de 141mm para fêmeas e 146 mm para machos e a proporção sexual foi de 1:1, havendo uma predominância de machos na menor classe de comprimento.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Albert, J.S. 2001. Species diversity and phylogenetic systematics of American knifefishes (Gymnotiformes: Teleostei). *Miscellaneous Publishing of Museum Zoology University of Michigan*, 190: 1-129
- Albert, J.S. & Campo-da-Paz. 1999. Phylogenetic systematics of American knifefishes: a review of the available data. Pp. 409-435 In: Malabarba, L.R., R.E. Reis, R.P. Vari, C.A.S. de Lucena & Z.M.S. de Lucena. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre, Edipucrs, 603 p.
- Albert, J.S. & W.G.R. Crampton. 2003. Seven new species of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei: Gymnotiformes) with redescription of *G. carapo* (Linnaeus). *Zootaxa* 287: 1-54.
- Albert, J.S. & W.L.Fink. 1996. *Sternopygus xingu*, a new species of electric fish from South America (Teleostei: Gymnotoidei), with comments on the phylogenetic position of *Sternopygus*. *Copeia* 1996(1): 85-102
- Albert, J.S. & R.R. Miller, 1995. *Gymnotus maculosus*: a new species of electric fish from Middle America (Teleostei: Gymnotoidei), with a key to the species of *Gymnotus*. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 108(4): 662-678.
- Alves-Gomes, J.A., G. Ortí, M. Haygood, W. Heligenberg, A. Meyer. 1995. Phylogenetic Analysis of the South American Electric fishes (Order Gymnotiformes) and the Evolution of Their Electrogenic system: A Synthesis Based on Morphology, Electrophysiology, and Mitochondrial sequence Data. *Molecular Biology and Evolution*, 12(2):298-318

- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1982. Fecundidade e tipo de desova de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo, estado de São Paulo (Pisces, Gymnotidae). *Spectrum: Jornal Brasileiro de Ciência*, 2(7):25-29.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1983a. Dinâmica da reprodução de *Gymnotus carapo* na represa do Lobo, estado de São Paulo. Influência de fatores abióticos (Pisces, Gymnotidae). *Tropical Ecology*, 24(2): 244-259.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1983b. Growth and first sexual maturation size of *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 in the Lobo reservoir (state of São Paulo, Brazil) (Pisces: Gymnotidae). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 16(2): 195-201.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1984a. Crescimento de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo, estado de São Paulo, pelo método da distribuição da freqüência de comprimento (Pisces, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 44(3): 239-246.
- Barbieri, M.C. & G. Barbieri. 1984b. Reprodução de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo (SP). Morfologia e histologia de testículo. Variação sazonal. (Pisces, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 44(2): 141-148.
- Barbieri, G. & M.C. Barbieri. 1984c. Note on nutritional dynamics of *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 from the Lobo reservoir, São Paulo State, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 24: 351-355.
- Barbieri, M.C. & G. Barbieri. 1985. Reprodução de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 na represa do Lobo (SP). Morfologia e histologia de ovário. Variação sazonal. (Teleostei, Gymnotidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 45 (1/2): 3-12
- Bennett, M.V.L. 1971. Eletric organs In: Hoar, W.S. & D.J. Randall. 1971. Academic press, New York. P. 347-484

- Campos-da-Paz, R. 1997. Sistemática e Taxonomia dos Peixes Elétricos das bacias dos rios Paraguai, Paraná e São Francisco, com notas sobre espécies presentes em rios costeiros do leste do Brasil (Teleostei: Ostariophysi: Gymnotiformes). Unpublished PhD Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo. 314p.
- Campos-da-Paz, R. & W.J.E.M. Costa. 1996. *Gymnotus bahianus* sp. nov., a new gymnotid fish from eastern Brazil (Teleostei: Ostariophysi: Gymnotiformes), with evidence for the monophyly of the genus. *Copeia* 1996(4): 937-944.
- Caputi, A.A. 1999. The electric organ discharge of pulse gymnotiforms: the transformation of a simple impulse into a complex spatio-temporal electromotor pattern. *Journal of Experimental Biology*. 202. 1229-1241.
- Crampton, W.G.R. 1996. Gymnotiform fish. An important component of Amazonian floodplain fish communities. *Journal of Fish Biology*, 48: 298-301.
- Crampton, W.G.R. 1998a. Effects of anoxia on the distribution, respiratory strategies and electric diversity of gymnotiform fishes. *Journal of Fish Biology*, 53(A): 307-330.
- Crampton, W.G.R., N.R. Lovejoy & J.S. Albert. 2003. *Gymnotus ucumari*: a new species of Neotropical electric fish from Peruvian Amazon (Ostariophysi: Gymnotidae), with notes on ecology and electric organ discharges. *Zootaxa* 277: 1-18
- Crampton, W.G.R & J. S. Albert. 2005. Evolution of electric signal diversity in gymnotiform fishes (in press). In: Ladich, F., S.P. Collin & B.G. Kapoor. *Communication in Fishes*. Science Publishers Inc. Enfield.

- Crampton, W.G.R. & C.D. Hopkins. 2005. Nesting and paternal care in the weakly electric fish *Gymnotus* (Gymnotiformes: Gymnotidae) with descriptions of larval and adult electric organ discharges of two species. *Copeia*. 2005(1): 48-60
- Curtis, C.C. & P.K. Stoddard. 2003. Mate preference in female electric fish, *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. *Animal Behaviour*. 66: 329-336.
- Ellis, M.M. 1913. The gymnotid eels of tropical America. *Memoirs of the Carnegie Museum*, 6: 109-195.
- Giora, J. & C.B. Fialho. 2004. Biologia reprodutiva e hábito alimentar de *Eigenmannia trilineata* López e Castello, 1966 (Teleostei, Sternopygidae) do Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91 p.
- Graham, J.B. 1999. Comparative aspects of air-breathing fish biology: an agenda for some Neotropical species Pp. 317-331. In: Val, A.L. & V.M.F. Almeida-Val. 1999. *Biology of Tropical Fishes*. Manaus, 460 p. il.
- Hagedorn, M. 1986. The ecology, courtship and mating of gymnotiform electric fish. Pp. 497-525 In: Bullock, T.H. & Heiligenberg, W. *Electroreception*. New York, Wiley
- Kaup, J.J. 1856. Family Gymnotidae. In: *Catalogue of Apodal Fishes*. British Museum of Natural History: 124-142.
- Kirschbaum, F. 1979. Reproduction of the weakly electric fish *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae, Teleostei) in captivity. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 4: 331-355.

- Kirschbaum, F. & F.J. Meunier. 1981. experimental Regeneration of the caudal Skeleton of the Glass Knifefish, *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae: Gymnotoidei). Journal of Morphology. 168: 121-135.
- Kirschbaum, F. & C. Schugardt.2003. Reproductive strategies and developmental aspects in mormyrid and gymnotiform fishes. Journal of Physiology. 96: 557-566.
- Kirschbaum, & Wieczorek, L. 2002. Entdeckung einer neuen Fortpflanzungs-strategie bei südamerikainischen Messerfischen (Teleostei: Gymnotiformes: Gymnotidae): Maulbrüten bei *Gymnotus carapo*. Verhalten der Aquarienfische. 2: 99-107.
- Liem , K.F., B. Echlancher & W.L. Fink. 1984. Aerial respiration in the banded knife fish *Gymnotus carapo* (Teleostei: Gymnotoidei). Physiological Zoology. 57:185-195.
- Lindberg, G.U. 1974. Fishes of the world. John Wiley, 545 p.
- Linnaeus, C. 1758. Systema Naturea. Ed.10, vol.1 Laurentii Salvii, Holmiae, 824 p.
- Lundberg, J.G. & C. Weber. 1987. A Major food web component in the Orinoco river channel: evidence from planktivorous electric fish. Science. 237: 81-83.
- Lundberg, J.G., C.C. Fernandes, J.S. Albert & M. Garcia. 1996. *Magosternachus*, a new genus with two new species of electric fish (Gymnotiformes: Apterontidae) from the Amazon River basin, South America. Copeia 1996(3):657-670.
- Mago-Leccia, F. 1978. Los peces de la familia Sternopygidae de Venezuela, incluyendo una descripción de la osteología de *Eigenmannia virescens* y una nueva definición y clasificación Del Orden Gymnotiformes. Acta Cientifica Venezuelana, 29(1), 89p.

- Mago-Leccia, F. 1994. Eletric fishes of continental waters of America. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas Y Naturales. Caracas, Venezuela . 206 p.
- Meunier, F.J. & F. Kirschbaum. 1984. Anatomical and Histological Investigations of the caudal skeleton of *Apteronotus leptorhynchus* (Apteronotidae: Gymnotoidei). *Acta Zoologica*, 65(3): 135-151
- Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris. 2003. Check list of freshwater fishes of south and central América. Porto Alegre, Edipucrs, 742 p.
- Schmidt-Nielsen, K. 2002. Fisiologia Animal : Adaptação e Meio Ambiente. São Paulo, Ed. Santos, 611 p.
- SEMA. 2002. Parque Estadual de Itapuã, Folheto informativo. 16 p.
- Silva, A., L. Quintana, M. Galeano, P. Errandonea. 2003. Biogeography and breeding in Gymnotiformes from Uruguay. *Environmental Biology of Fishes*. 66: 329-338.
- UFRGS – Departamento de Geografia. 1982. Itapuã, análise do espaço geográfico. Porto Alegre, Editora da Universidade, 203p.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, Editora da Universidade, 169p.