



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
E RECURSOS NATURAIS

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CICLÍDEO NEOTROPICAL
ORNAMENTAL ACARÁ DISCO, *Symphysodon discus* Heckel, 1840
(OSTEICHTHYES: PERCIFORMES: CICHLIDAE)

MÉRCIA ROCHA DA CÂMARA

SÃO CARLOS / SP

2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
E RECURSOS NATURAIS

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CICLÍDEO NEOTROPICAL
ORNAMENTAL ACARÁ DISCO, *Symphysodon discus* Heckel, 1840
(OSTEICHTHYES: PERCIFORMES: CICHLIDAE)

Mércia Rocha da Câmara

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

SÃO CARLOS / SP

2004

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

C172br

Câmara, Mércia Rocha da.

Biologia reprodutiva do ciclídeo neotropical ornamental
acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840
(Osteichthyes: Perciformes: Cichlidae) / Mércia Rocha da
Câmara. -- São Carlos : UFSCar, 2004.
135 p.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São
Carlos, 2004.

1. Peixe. 2. Acará (peixe). 3. Reprodução. 4. Peixe
ornamental. 5. Biologia. I. Título.

CDD: 597 (20^a)

Orientadora

Profa. Dra. Sathyabama Chellappa

Co-orientador

Prof. Dr. José Roberto Verani

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade proporcionada.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da Bolsa de Doutorado.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCar, pela oportunidade proporcionada, e em especial ao Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, pela inestimável compreensão e colaboração, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Sathyabama Chellappa, pela orientação segura, estímulo sempre constante, amizade, confiança e exemplo de profissionalismo, fatores imprescindíveis para o êxito do trabalho realizado.

Ao Prof. Dr. José Roberto Verani, pela co-orientação e colaboração, fatores que muito estimularam a finalização deste trabalho.

Aos Professores Dra. Nelsy Fenerich Verani e Dr. Orlando Moreira Filho, pelas valiosas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Naithirithi T. Chellappa, pelo incentivo, amizade e inestimável colaboração no provimento de recursos necessários para a realização do presente estudo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática e ao Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo espaço físico cedido durante a realização desta pesquisa.

À Juliana Leite, Maria Aliete Medeiros Costa e Maria das Dores de Melo, pela eficiente ajuda na obtenção das imagens e fotografias microscópicas.

A Arilson Carlos Barbosa de Lima, Ana Patrícia T. Medeiros e Maria do Socorro R. F. Cacho, pela colaboração na manutenção dos peixes em laboratório.

A Sérgio Ricardo de Oliveira, pela amizade e pela obtenção das fotografias digitais.

Aos colegas de Curso, pelo sentimento bom da Amizade; em especial a Didier David Pozza por toda a ajuda dispensada e a Maisa Clarí F. B. de Mendonça, pelo companheirismo durante as viagens a São Carlos/SP.

À Elizete Teresinha Santos Cavalcanti, pela inestimável amizade e companheirismo, em todas as situações.

A Hisael Rodrigues Bezerra por todo o amor, carinho, ajuda, torcida, atenção e incentivo dispensados.

A minha família, em especial a minha mãe Joana D'Arc, pelo apoio e incentivo sempre constantes na caminhada, revertidos em coragem para a luta, alento para o estudo e esperança para continuar.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

E, sobretudo, a Deus, presença constante e impulsionadora de todo êxito alcançado.

...”Tudo posso nAquele que me fortalece...”

(Fp. 4.13)

RESUMO

O acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840, é um ciclídeo originário dos igarapés da bacia Amazônica. Apesar do fato desta espécie estar sendo popularmente utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental, ainda é pouco estudada. Portanto, este trabalho teve como objetivo estudar a biologia reprodutiva desta espécie. Foram utilizados oitenta exemplares, quarenta de cada sexo, de tamanhos variados de *S. discus*, em diferentes fases de desenvolvimento gonadal. As gônadas foram examinadas macroscopicamente para avaliar os estádios de maturação e microscopicamente utilizando-se técnicas histológicas. A fecundidade, o tipo de desova e o índice gonadossomático foram avaliados. Interações agressivas e territorialidade entre machos maduros de diferentes tamanhos foram observadas em situação neutra. Os resultados da análise macroscópica das gônadas de ambos os sexos permitiram caracterizar quatro estádios de desenvolvimento: imaturo, em maturação, maduro e parcialmente esgotado. Microscopicamente, foram identificadas cinco diferentes fases de desenvolvimento ovariano e quatro fases de desenvolvimento testicular. A fecundidade média por lote foi de 536 óvulos. As gônadas das fêmeas maduras apresentaram todas as diferentes fases de desenvolvimento ovocitário, indicando tratar-se de desova do tipo parcelada. Os machos na fase reprodutiva manifestaram agressividade, territorialidade e defesa do território, apresentando diferenças entre si, tanto em relação ao tamanho do corpo, quanto ao nível de agressividade e à capacidade de defesa de território. Os machos maiores apresentaram maior agressividade que os menores. Os que estabeleceram território foram preferidos pelas fêmeas para acasalamento.

ABSTRACT

The Neotropical cichlid fish red discus, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 originates from the Amazonian basin. Though this species is popularly used in aquaria and is exported as an ornamental fish, it has not been intensively studied. As such, this work was carried out with an objective to study the reproductive biology of this species. Eighty individuals of both sexes of different body sizes and in different stages of gonadal development were used in this study. The gonads were examined macroscopically in order to observe the maturation stages and histological staining was used for microscopic observations. The fecundity, type of spawning and the gonadosomatic index were determined. Aggressive interactions and territoriality between mature males of different body sizes were observed in neutral situation. The results of macroscopic observations of the gonads of both sexes showed the four stages of gonadal development, such as, immature, maturing, mature and partially spent. Microscopic examinations showed five different phases of the ovarian development and four testicular developmental stages. The average fecundity per batch was 536 oocytes. The gonads of the mature females showed all the different phases of oocyte development indicating the multiple spawning habit of this species. The mature males in the reproductive phase manifested aggression, territoriality and defence of territory, exhibiting differences in body size, degree of aggression and capacity of territorial defence. The bigger males were more aggressive than the smaller males. The males with established territories were preferred by the females for courtship.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais sobre os ciclídeos	1
1.2 Os ciclídeos neotropicais ornamentais	6
1.3 Aspectos reprodutivos dos ciclídeos	8
1.4 Comportamento reprodutivo dos ciclídeos neotropicais	10
2. OBJETIVOS	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Espécie em estudo: Acará disco, <i>Symphysodon discus</i>	16
3.2 Local e duração do trabalho	18
3.3 Aquisição e transporte dos peixes	18
3.4 Manutenção dos peixes	18
3.5 Caracterização morfométrica e merística da espécie	20
3.6 Estádios de maturação gonadal	20
3.7 Estudos histológicos das gônadas	21
3.8 Fecundidade e tipo de desova	24
3.9 Comportamento de agressividade e territorialidade	27
4. RESULTADOS	30
ARTIGO I: Ovarian development in the Amazonian red discus, <i>Symphysodon discus</i> Heckel (Osteichthyes: Cichlidae)	31
ABSTRACT	33
RESUMO	34
INTRODUCTION	35

MATERIAL AND METHODS	37
RESULTS	39
DISCUSSION	43
REFERENCES	45
ARTIGO II: Fecundidade e tipo de desova do ciclídeo amazônico	
acará disco, <i>Symphysodon discus</i> Heckel	54
ABSTRACT	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ARTIGO III: Testicular development in the Amazonian red discus,	
<i>Symphysodon discus</i> Heckel (Osteichthyes: Cichlidae)	65
ABSTRACT	67
RESUMO	68
INTRODUCTION	69
MATERIAL AND METHODS	70
RESULTS	71
DISCUSSION	74
REFERENCES	77
ARTIGO IV: Comportamento agressivo e territorialidade entre os	
machos de <i>Symphysodon discus</i> Heckel no período reprodutivo	85
ABSTRACT	87
INTRODUÇÃO	88
MATERIAL E MÉTODOS	89
RESULTADOS	92
DISCUSSÃO	93
CONCLUSÃO	95

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
5. DISCUSSÃO GERAL	105
6. CONCLUSÕES	117
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	134

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais sobre os ciclídeos

Os ciclídeos englobam cerca de 105 gêneros com 1300 espécies de peixes de água doce e água salobra, que formam a Família Cichlidae, na Ordem dos Perciformes, dentro da Classe Osteichthyes (MEIJIDE & GUERRERO, 1997). São peixes de ampla distribuição geográfica nativos da África (com 900 espécies válidas, mais de 1300 espécies estimadas), América do Sul (com 290 espécies válidas), América Central (Cuba e Hispaniola, com 4 espécies válidas, algumas salobras), América do Norte e istmo da América Central (com 95 espécies válidas), Ásia (sul da Índia e Sri Lanka, com 3 espécies salobras), Madagascar (com 17 espécies válidas, algumas salobras), Oriente Médio (vale do Jordão, com 4 espécies), Irã (uma espécie) e algumas regiões dos Estados Unidos (KULLANDER, 1998).

KULLANDER (1998) estima 290 espécies válidas de ciclídeos na América do Sul e 95 espécies na América Central. Segundo LOWE-McCONNELL (1999), existem cerca de 400 espécies de ciclídeos neotropicais agrupadas em 50 gêneros.

Os ciclídeos nativos da América do Sul estão representados nas regiões Amazônica, Guianense, região do Orinoco para o norte e na região Paranaense para o sul, como também nos rios do leste brasileiro (LOWE-McCONNELL, 1991; KULLANDER, 1997). Os ciclídeos neotropicais, da América do Sul e Central,

estão amplamente distribuídos, com grande parte encontrando-se na bacia Amazônica.

Os principais grupos de ciclídeos sul-americanos estão bem representados em quatro das oito regiões faunísticas (Figura 1), denominadas Amazônica/Guiana, Orinoco-Venezuela, Paraná, e Brasileira Oriental, em rios fluindo para a costa atlântica. As outras quatro regiões (Madalena, Trans-Andina, Andina e Patagônica) apresentam poucas espécies de ciclídeos (KEENLEYSIDE, 1991).

A bacia Amazônica possui extensa área coberta por densa floresta pluvial, em torno de $2,5 \times 10^6$ km², localizada cerca de 200 m acima do nível do mar. O complexo da bacia Amazônica inclui lagos laterais, planícies de inundação (lagos de várzea), rios de águas brancas ricas em nutrientes, com pH neutro; e águas negras, pobres em nutrientes, com pH ácido, em torno de 4 a 5 (Rio Negro). Além destes, inclui também rios de águas claras (Xingu e Tapajós), também pobres em nutrientes, com pH variando de 4,5 a 7,8, e rios de floresta pluvial (Purus e Jaruá). Esta região da bacia Amazônica recebe uma pluviosidade de 3000 mm ao longo do ano (LOWE-McCONNELL, 1999).

A maioria dos ciclídeos neotropicais ocupa habitats mais lênticos dentro dos rios e córregos; mas há também um número moderado de espécies reofílicas fortemente adaptadas. Os últimos incluem muitas espécies de *Crenicichla* e os gêneros *Teleocichla* e *Retroculus*, que são distribuídos principalmente nos planaltos do Brasil e das Guianas (KULLANDER, 1998).

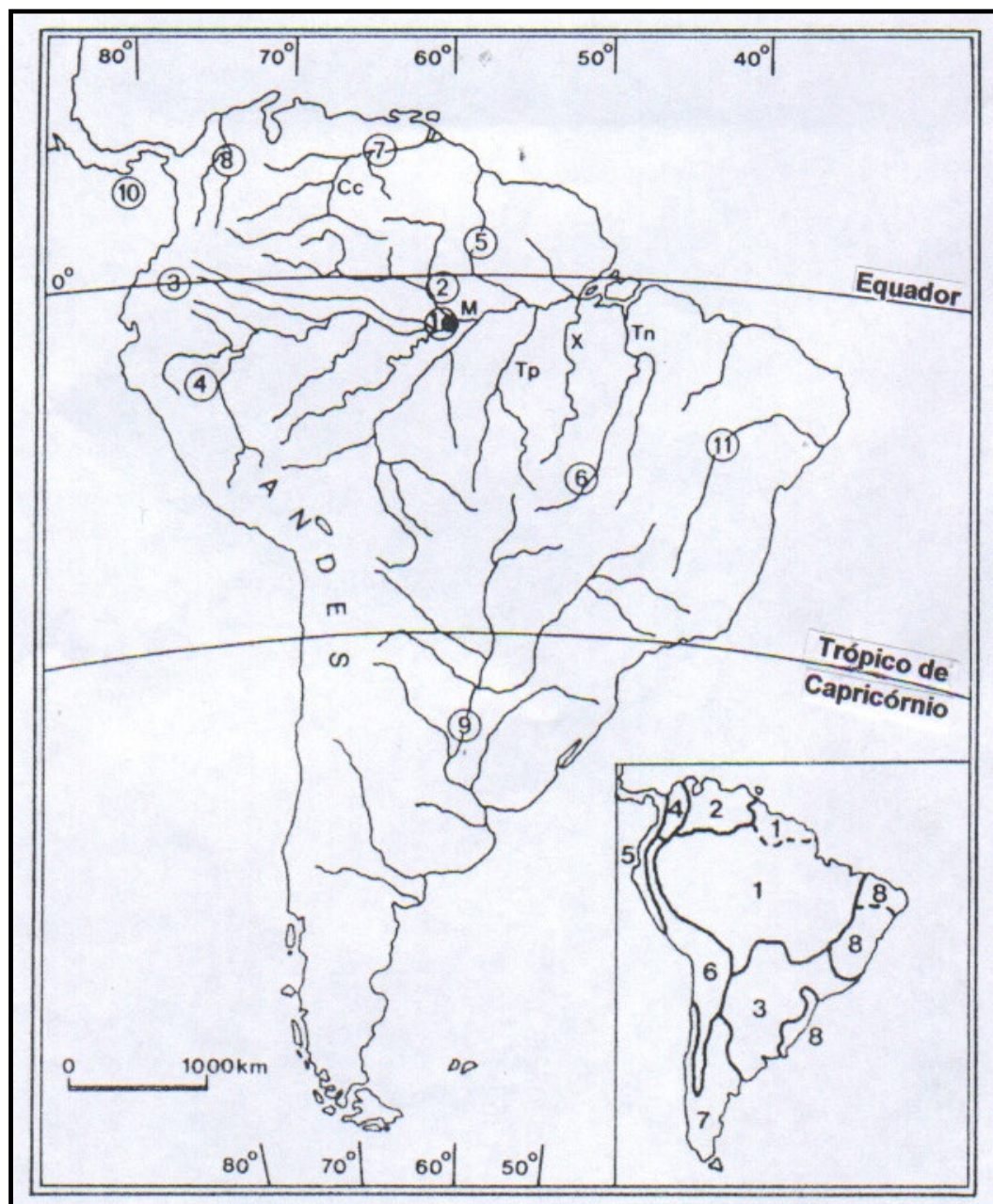


Figura 1 – Locais de ocorrência de ciclídeos na América do Sul: (1) Amazônia Central; (2) Rio Negro; (3) Equador; (4) Amazonas peruano; (5) Rupununi; (6) Mato Grosso; (7) Orinoco; (8) Madalena; (9) Paraná; (10) Panamá; (11) São Francisco. (M) Manaus; (Cc) Canal Casiquaire; (Tp) Tapajós; (X) Xingu; (Tn) Tocantins. Mapa menor, com as regiões faunísticas que apresentam os principais grupos de ciclídeos sul-americanos: (1) Guiana/Amazônia; (2) Orinoco; (3) Paraná; (4) Madalena; (5) Trans-Andina; (6) Andina; (7) Patagônica; (8) Leste brasileiro (Modificado baseado em KEENLEYSIDE, 1991).

As espécies nativas dos ciclídeos mais populares encontradas no Brasil apresentam especializações específicas para estratégias tróficas ou para sobrevivência em condições ambientais especiais. Estes grupos incluem peixes piscívoros (tucunaré comum, *Cichla monoculus* e tucunaré-pinima, *Cichla temensis*), comedores do fundo (acará chibante, *Geophagus jurupary* e acará-diadema, *Geophagus brasiliensis*), reofílicos, (*Teleocichla* e *Retroculus*), habitantes de locais com folhas em decomposição (*Apistogramma*), peixes com formato do corpo lateralmente comprido (acará-bandeira, *Pterophyllum scalare*) e discoidal (acará-disco, *Symphysodon discus*), adaptados para sobreviverem em locais com densa vegetação aquática; e onívoros (*Chaetobranchus*), em lagos de planícies de inundação (KULLANDER, 1997).

Além das espécies nativas, ocorrem também espécies exóticas de ciclídeos, ou seja, aquelas principalmente da região africana, representadas pelas tilápias, muito utilizadas em piscicultura no Brasil, como fonte alimentar protéica (SENA & CHELLAPPA, 1991; KUBITZA, 2003). As tilápias foram introduzidas no Brasil em 1953, mais especificamente no Estado de São Paulo, representadas pela tilápia do Congo (*Tilapia rendalli*), de hábito alimentar herbívoro, com o objetivo do aproveitamento das plantas aquáticas dos grandes reservatórios e pequenos açudes. A diversidade climática do Brasil (clima tropical, subtropical e temperado), permitiu a adaptação de várias espécies exóticas de ciclídeos, procedentes de várias regiões. As principais espécies exóticas de ciclídeos cultivados no Brasil são: tilápia de Java, *Oreochromis mossambicus*; tilápia do Congo, *Tilapia rendalli*; tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*; tilápia do Zanzibar, *Oreochromis hornorum* e híbrido vermelho de tilápia, *O. niloticus* x *O.*

mossambicus. Dentre os trabalhos onde essas espécies são citadas destacam-se os de CASTAGNOLLI & CYRINO, 1986; VOLPATO *et al*, 1989; SENA & CHELLAPPA, 1991 e CÂMARA & CHELLAPPA, 2000.

A forma do corpo dos ciclídeos é amplamente variável, de subcilíndrico, como em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (CASTAGNOLLI & CIRINO, 1986), lateralmente comprido, como em acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (DIAS & CHELLAPPA, 2003), ao discoidal, como em acará disco, *Symphysodon discus* (CÂMARA *et al.*, 2002b). O corpo dos ciclídeos apresenta-se escamoso, exceto o focinho, a nadadeira dorsal é contínua ou com ligeiros entalhes, entre a parte espinhosa e ramosa, os raios medianos são prolongados e às vezes são os anteriores que se prolongam. A nadadeira anal apresenta raios igualmente prolongados. As nadadeiras peitorais são moderadas ou assimétricas. As nadadeiras ventrais apresentam um acúleo fraco e algumas vezes com raios anteriores muito longos, enquanto a nadadeira caudal é raramente filamentosa (KULLANDER, 1998).

Podem apresentar comprimento máximo de aproximadamente 80 cm, como o ciclídeo gigante, *Boulengerochromis microlepis*, endêmico do Lago Tanganika, na África. Entre os ciclídeos neotropicais, os comprimentos do adulto variam de aproximadamente 25-30 milímetros em *Apistogramma* e em *Taeniacara*, a aproximadamente um metro no *Cichla temensis*. Entretanto, a maioria dos taxa está no intervalo de 10 a 20 cm (KULLANDER, 1998).

A coloração é muito variável, amarelo-dourada (olho-dourado, *Nannacara anomala*), prateada (acará bandeira *Pterophyllum scalare*), verde-acinzentada (cocatuóide, *Apistogramma cacatuoides*), marrom-esverdeada (acará-bererê, *Cichlasoma festivum*), azul-esverdeada (tabuleiro, *Crenicara filamentosa*) e verde-amarelada (*festae*, *Parapetenia festae*) (MILLS, 1998). Os ciclídeos algumas vezes apresentam um ocelo no corpo ou na cauda (tucunaré comum, *Cichla monoculus* e apaiari, *Astronotus ocellatus*), além de uma mácula circular, com uma cruz ao centro e um ocelo na base da nadadeira caudal, como em jacundá-coroa, *Crenicichla sexatilis* (SANTOS, 1981).

Alguns ciclídeos neotropicais apresentam dimorfismo sexual com a manifestação de caracteres sexuais secundários, como no acará diadema, *Geophagus brasiliensis* (SANTOS, 1981) e no tucunaré, *Cichla monoculus*, em que os machos maduros desenvolvem, apenas durante o período reprodutivo, uma protuberância cefálica pós-occipital, de caráter sexual secundário extragenital (CHELLAPPA *et al.*, 2003a). No gênero *Apistogramma*, os sexos diferem na cor e a fêmea é menor que o macho e assume todo ou a maioria do cuidado com os ovos e as larvas.

1.2 Os ciclídeos neotropicais ornamentais

Desde muitos anos que a manutenção de pequenos peixes em aquários faz parte do cotidiano de muitas civilizações, principalmente dos ocidentais, onde no início do século XX espécies foram levadas para a Europa Central. No Brasil

existe um número elevado de ciclídeos ornamentais (MILLS, 1998), a maioria dos quais se reproduz em aquário com facilidade (Anexo 1).

Dentre as diversas vertentes da piscicultura, a criação de peixes ornamentais vem adquirindo status elevado no comércio aquícola, principalmente o externo. Muitas das espécies utilizadas na aquariofilia são procedentes da América do Sul, mais especificamente dos rios da Bacia Amazônica. O cultivo de peixes ornamentais no Brasil é praticado de forma incipiente; o maior entrave até o momento está na falta de conhecimento referente à biologia e às técnicas apropriadas de cultivo. Para que uma espécie de peixe seja cultivada com sucesso, é necessário que se tenha conhecimentos básicos sobre seu hábito alimentar, potencial de crescimento, sua reprodução e seu comportamento em cativeiro.

Os principais países importadores de ciclídeos são os Estados Unidos, Alemanha e Japão. Os peixes exportados a partir da América do Sul representam 17,6% do número de exemplares comercializados no mercado de peixes ornamentais dos EUA, sendo que o Brasil contribui com 6% e a Colômbia com 5%. Entretanto, em termos de renda, o Brasil detém apenas 3,5% desse mercado, enquanto a Colômbia fica com 11% (LEITE & ZUANON, 1991).

Um dado negativo nessa atividade reside no sistema predatório de captura, fomentado pelos exportadores junto às populações ribeirinhas. Devido à intensidade das capturas em estoques monoespecíficos e às grandes perdas ocasionadas pelo transporte, manipulação e acondicionamento desses peixes nas

suas diferentes etapas entre os locais de captura e o mercado externo, é que se faz necessário o cultivo em cativeiro das espécies ornamentais (FERRAZ, 1999).

1.3 Aspectos reprodutivos dos ciclídeos

A reprodução é um fenômeno de crucial importância não só para perpetuação da espécie, mas como um dos fatores considerados na escolha das espécies adequadas à criação racional e lucrativa. Entre os ciclídeos, o início da reprodução varia com a idade e tamanho do peixe, como o híbrido vermelho de tilápia, *O. niloticus* x *O. mossambicus*, que inicia sua reprodução a partir dos quatro meses de idade (CÂMARA & CHELLAPPA, 2000) e o tucunaré, *C. monoculus*, que reproduz-se a partir do segundo ano de vida (CÂMARA *et al.*, 2002a). Esses peixes são ovulíparos, em que a fecundação e o desenvolvimento do embrião ocorrem no meio externo, porém apresentam diversas formas de cuidado parental (CHELLAPPA, 2000).

Os ciclídeos são bastante desenvolvidos no que se refere à territorialidade e cuidado parental, em particular na criação dos filhotes. Muitas espécies são territoriais, arrumando o espaço para a construção do ninho e a guarda dos filhotes, enquanto alguns são carregadores bucais de ovos. O macho escava depressões para a desova, nas quais a fêmea deposita seus ovos e em seguida, capta os ovos fertilizados, ou ainda os ovos não fertilizados e o esperma do macho em sua boca, comportando-se como carregadores bucais até a eclosão, como em *Gymnogeophagus balzanii*. Os filhotes permanecem próximos à mãe, onde a qualquer sinal de perigo entram na sua boca, permanecendo em maior

segurança. A incubação oral (ou choco bucal) tem sido relatada para muitas espécies de *Geophagus*, *Gymnogeophagus* e *Satanoperca*, mas também para uma espécie de *Aequidens* e uma espécie de *Heros*. As espécies de cuidadores bucais são geralmente biparentais e os ovos são guardados em um substrato antes da incubação oral, que se inicia com ovos maduros ou larvas recém-eclodidas. Algumas espécies de carregadores bucais praticam exclusivamente o cuidado maternal, com uma demora mínima entre a postura dos ovos e a incubação oral, como em *Gymnogeophagus balzanii* e espécies de *Geophagus* do nordeste da Colômbia (KULLANDER, 1998).

A maioria das espécies possui desova parcelada, chegando a desovar até quatro vezes durante o ciclo reprodutivo (KEENLEYSIDE, 1991). Os ciclídeos mostram desova parcelada cujo mecanismo de desenvolvimento ovocitário apresenta-se do tipo “sincrônico em mais de dois grupos”, em que os lotes maduros dos ovócitos são eliminados sucessivamente dentro de um dado período reprodutivo (SENA & CHELLAPPA, 1991; CÂMARA, 1998; DIAS & CHELLAPPA, 2002, 2003).

Entre os diversos estudos realizados sobre os ciclídeos, tanto exóticos quanto nativos, uma considerável atenção foi dada a respeito de sua reprodução, pois são peixes que se propagam facilmente sob condições laboratoriais em aquários, tanques ou viveiros e muito utilizados na aquicultura. Por serem peixes territoriais, tornam-se interessantes para os estudos sobre caracteres sexuais secundários e comportamento reprodutivo (CACHO *et al.*, 1996).

Entre os ciclídeos, a agressividade e a territorialidade são manifestadas principalmente durante a época de reprodução, quando os machos estabelecem território e junto com as fêmeas defendem agressivamente a prole (CACHO *et al.*, 1999; CHELLAPPA *et al.* 1999a, 1999b e 1999c).

Os ciclídeos apresentam um cuidado biparental, onde a prole é protegida por um ou ambos os pais desde a desova até a independência dos filhotes, o que não é comum nos peixes de um modo geral (KEENLEYSIDE, 1991; CACHO *et al.*, 1999).

1.4 Comportamento reprodutivo dos ciclídeos neotropicais

O comportamento reprodutivo dos ciclídeos é bastante complexo, envolvendo competição por parceiro e território, além de fases de corte, acasalamento e cuidado parental (CACHO, 1997; 2002 e CHELLAPPA, 2000). Na natureza, para esses peixes se reproduzirem, normalmente enfrentam outros competidores de sua própria espécie (co-específicos) ou de outras espécies (hetero-específicos), com o objetivo de conseguir os recursos que lhes são necessários para completar seu ciclo reprodutivo. São peixes que apresentam grande diversidade no comportamento social e as fêmeas tendem a mostrar preferência por tamanho e aspectos complexos do comportamento dos machos, como habilidade e experiência parental (CACHO *et al.*, 1999; CHELLAPPA *et al.*, 1999a e 1999b; YAMAMOTO *et al.*, 1999).

Trabalhos sobre a biologia reprodutiva e o comportamento reprodutivo do acará bandeira *Pterophyllum scalare* foram realizados (CACHO *et al.*, 1996; CHELLAPPA *et al.*, 1999a, 1999b e 1999c; CACHO *et al.*, 2000; YAMAMOTO *et al.*, 1999; CACHO, 2002). O acará bandeira, *P. scalare*, por volta dos oito meses a um ano de idade, apresenta gônadas maduras e manifesta agressividade e territorialidade durante a época de reprodução. *P. scalare* se caracteriza por apresentar um comportamento reprodutivo bastante complexo, envolvendo competição por parceiro e território (seleção de substrato para desova), corte, acasalamento, escolha de parceiro e cuidado parental da espécie (CACHO *et al.*, 1996; CACHO, 1997). Além disso, estes peixes apresentam um cuidado biparental durante a proteção da prole (YAMAMOTO *et al.*, 1999; CACHO *et al.*, 2000). Os machos apresentam maior empenho do que a fêmea na defesa da prole, resultando em uma divisão de tarefas entre o casal durante o cuidado parental, além de maiores níveis de agressão do que as fêmeas, durante o cuidado com os ovos e as larvas (CACHO *et al.*, 2000).

CACHO *et al.* (2001) estudaram sobre a preferência de substrato para desova e escolha do parceiro pelo *P. scalare*, indicando que o tipo de substrato disponível para desova e o tamanho do corpo do macho foram fatores importantes para a escolha da fêmea. Há dois aspectos a destacar na escolha das fêmeas: a preferência por machos de maior porte e por território de melhor qualidade. Os resultados sugerem que a qualidade do território foi o aspecto chave considerado pelas fêmeas em relação à escolha dos machos para acasalamento. Os machos de maior tamanho, em território de baixa qualidade (plantas aquáticas com folhas estreitas), foram desprezados em relação àqueles

de menor tamanho, com território de boa qualidade (plantas aquáticas com folhas largas).

CÂMARA *et al.*, 2002a estudaram sobre a biologia reprodutiva do tucunaré comum, *Cichla monoculus*, em que as características macro e microscópicas dos ovários e testículos permitiram estabelecer quatro estádios de maturação gonadal: imaturo, em maturação, maduro e esvaziado. Características sexuais secundárias foram observadas apenas nos machos maduros em forma de uma protuberância cefálica pós-occipital, armazenando lipídeos. *C. monoculus* apresentou desova parcelada, verificada através da distribuição da frequência relativa do diâmetro dos ovócitos. A fecundidade por lote foi, em média, de 3.188 óvulos.

Contudo, várias informações sobre o desenvolvimento gonadal e o comportamento reprodutivo do acará disco permanecem sem esclarecimentos. Essa espécie está sendo utilizada em aquariorfilia no Brasil e também vem sendo exportada para fins ornamentais; obviamente, seus estoques da bacia Amazônica estão sendo sobreexplorados. O presente trabalho visa gerar informações sobre a biologia reprodutiva da espécie a aquariorfilistas que desejem reproduzir esses peixes em cativeiro. O estudo proposto é particularmente informativo para dar respostas sobre os estádios de maturação gonadal, estudos histológicos das gônadas, fecundidade, o tipo de desova e índice gonadossomático do acará disco, *S. discus*.

2. Objetivos

2. OBJETIVO

Estudar a biologia reprodutiva do ciclídeo neotropical ornamental acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Perciformes: Cichlidae).

2.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar o desenvolvimento ovariano de *S. discus* através de estudos macroscópicos e microscópicos

(Artigo 1 – Submetido ao Brazilian Journal of Biology para publicação).

- Avaliar a fecundidade e caracterizar o tipo de desova de *S. discus*, através da distribuição da frequência relativa do diâmetro dos ovócitos

(Artigo 2 – A ser submetido à Revista Brasileira de Zoologia).

- Caracterizar o desenvolvimento testicular de *S. discus* através de estudos macroscópicos e microscópicos

(Artigo 3 – A ser submetido ao Brazilian Journal of Biology).

- Identificar e caracterizar os comportamentos de agressividade e territorialidade entre os machos de *S. discus* durante o período reprodutivo

(Artigo 4 – em preparação, a ser submetido ao Journal of Fish Biology).

3. Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécie em estudo: Acará disco, *Symphysodon discus*

O ciclídeo neotropical acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Figura 2) é originário dos igarapés da bacia Amazônica e sua distribuição é restrita às regiões mais baixas dos rios Negro, Abacaxis e Trombetas. *S. discus* apresenta natação lenta, habitando águas tranqüilas e límpidas, tornando-se, portanto presa fácil para o homem. Pertence à linhagem Heroíni, da Família Cichlidae, na Ordem Perciformes, ainda pouco estudada (KULLANDER, 1997). *S. discus* destaca-se entre outros ciclídeos por apresentar o corpo com formato discoidal, variando cerca de 12 a 20 cm de comprimento, podendo atingir 25cm de altura. É uma espécie de valor comercial, muito utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental (FERRAZ, 1999). Devido a sua boca diminuta, alimenta-se de pequenos peixes de baixa motilidade (como *Poecilia*, por exemplo), pequenos vermes vivos e náuplios de microcrustáceos (PEREIRA, 1976).



Figura 2 - Espécie em estudo: acará disco, *Symphysodon discus*.

A posição taxonômica da espécie é a seguinte:

Classe: Osteichthyes

Ordem: Perciformes

Subordem: Percoidei

Família: Cichlidae

Subfamília: Cichlasomatinae

Gênero: *Symphysodon*

Espécie: *Symphysodon discus* Heckel, 1840.

(JORDAN, 1968; KULLANDER, 1996).

Por ocasião da desova, os alevinos cercam os pais como uma nuvem, alimentando-se do muco que envolve o tegumento dos pais. A análise desse muco indicou que ele apresenta propriedades nutritivas para os filhotes, porém de duração curta, que cessa após a época da cria (PEREIRA, 1976).

3.2 Local e duração do trabalho

O trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em Natal/RN, no período de abril de 2002 a março de 2003.

3.3 Aquisição e transporte dos peixes

Cerca de 80 exemplares de acará disco, *S. discus* (40 machos e 40 fêmeas), foram adquiridos em postos de venda de peixes ornamentais, originários do Amazonas. Estes peixes foram transportados em sacos plásticos com oxigênio para o laboratório de Ictiologia do DOL/UFRN, onde foram estocados em quatro tanques retangulares de amianto com capacidade para 1000 litros. A aeração dos tanques foi feita através de um sistema constituído de mangueiras plásticas e um aerador.

3.4 Manutenção dos peixes

Para serem realizadas as observações dos peixes sem nenhuma manipulação experimental, foram mantidas as condições mínimas para a

sobrevivência dos mesmos em laboratório. Para o estoque dos animais, foram utilizados dois tanques retangulares de amianto (de 1,50 x 0,65 x 0,97 m) com capacidade para 1000 litros e um aquário retangular de vidro (de 1,20 × 0,58 × 0,50 m), com capacidade de aproximadamente 350 litros.

O aquário com fundo de cascalho originário de rio foi complementado com plantas aquáticas de diferentes espécies, de folhas largas, como amazonensis, *Echinodorus amazonensis* e folhas estreitas, como capim d'água, *Valisneria gigas*.

Foram mantidas as condições necessárias à sobrevivência e reprodução dos peixes, com temperatura em torno de 27° C, pH entre 6,8 a 7,0 e oxigênio dissolvido entre 7,0 a 8,0 mgL⁻¹. Os valores dos parâmetros físico-químicos tais como pH e temperatura da água foram registrados diariamente. Devido à dificuldade de se manter o pH nas condições adequadas ao acará disco, foram adicionados troncos de árvores nos aquários, para induzir a diminuição do pH.

Os peixes foram vistoriados a cada semana para controle de doenças, devido à alta sensibilidade da espécie, a qual necessita de controle cuidadoso da água.

A alimentação correspondente a 5% do peso corporal foi à base de *Artemia salina*, sendo adicionada à dieta ração artificialmente produzida para ciclídeos (Tetrabits, Tetra Spirulin, Alconcichlids e Tetra Cichlid).

3.5 Caracterização morfométrica e merística da espécie

Em laboratório foram realizadas as seguintes medidas, para a caracterização morfométrica da espécie em estudo: comprimento total, comprimento padrão, comprimento da cabeça, comprimento do focinho, altura máxima do corpo, diâmetro do olho, comprimento pré-dorsal, comprimento pré-anal, comprimento pré-ventral, comprimento pré-peitoral, comprimento da nadadeira peitoral, comprimento da nadadeira dorsal, comprimento da nadadeira ventral e comprimento da nadadeira anal, base da nadadeira dorsal, base da nadadeira anal, base da nadadeira peitoral, base da nadadeira ventral. Essas medidas foram expressas em milímetros, obtidas com o auxílio de paquímetro e régua. Foi utilizada uma balança (Quimis semi-analítica, Modelo QI-3000) com capacidade de 3000g, para a obtenção do peso corporal dos peixes (em gramas).

Para a caracterização merística dos peixes foram registradas as contagens das seguintes estruturas: Lepidotríquios dorsais (número de espinhos da nadadeira dorsal), lepidotríquios anais (número de espinhos da nadadeira anal), lepidotríquios peitorais (número de espinhos da nadadeira peitoral) e lepidotríquios ventrais (número de espinhos da nadadeira ventral), com a finalidade da determinação taxonômica da espécie em estudo.

3.6 Estádios de maturação gonadal

Os peixes foram dissecados com uma incisão ventral, expondo as gônadas para a identificação do sexo e a observação macroscópica do seu desenvolvimento. Os estádios de maturação dos ovários foram identificados

macroscopicamente, considerando-se os seguintes aspectos: tamanho e disposição em relação à cavidade celomática, coloração, transparência, grau de irrigação sangüínea superficial, turgidez e visualização dos ovócitos a olho nu. Os estádios de maturação dos testículos foram identificados levando-se em consideração o tamanho, a coloração, a fluidez e a viscosidade do sêmen (VAZZOLER, 1996). Para este estudo foram classificados os estádios observados macroscopicamente, de acordo com AGOSTINHO *et al.* (1982) e VAZZOLER (1996).

Para avaliar o grau de desenvolvimento das gônadas foi calculado o Índice Gonadossomático (IGS), representado pela razão entre o peso da gônada e o peso total do corpo do indivíduo, expressos em porcentagem, de acordo com a fórmula: $RGS = (Wg / Wc) \times 100$, onde Wg = peso das gônadas (em g) e Wc = peso do corpo (em g).

3.7 Estudos histológicos das gônadas

Para os estudos histológicos das gônadas dos peixes de ambos os sexos foram realizados cortes histológicos das gônadas de machos e fêmeas em diferentes estádios de desenvolvimento. Estes procedimentos histológicos foram realizados no Laboratório de Técnicas Histológicas do Departamento de Patologia Geral do Centro de Ciências da Saúde da UFRN.

Os exemplares foram seccionados ventralmente, até a cavidade celomática e em seguida, foi feita a retirada das gônadas, que foram medidas e pesadas em balança de precisão Modelo Sauter D-7470 (± 0.1 mg).

Foram retirados fragmentos dos terços anterior, médio e posterior das gônadas (testículos e ovários) em diferentes fases de desenvolvimento, os quais foram fixados em formol 4% (neutralizado com carbonato de cálcio) e Bouin, durante 12 a 24 horas, à temperatura ambiente. Após terem sido empregadas as técnicas usuais que seguem a fixação, os cortes com cerca de 5 a 7 μ m de espessura foram corados com Hematoxilina-Eosina. Os procedimentos foram realizados segundo a metodologia de MICHALANY (1990).

Posteriormente, os diferentes tipos de células germinativas foram identificados e as imagens foram obtidas com o auxílio de um microscópio binocular (Taimin, modelo TM 800), acoplado com câmara de vídeo (Kodo Digital). Cada estágio de maturação das gônadas foi caracterizado com base nas alterações estruturais apresentadas.

A Figura 3 apresenta o Fluxograma dos procedimentos histológicos adotados.

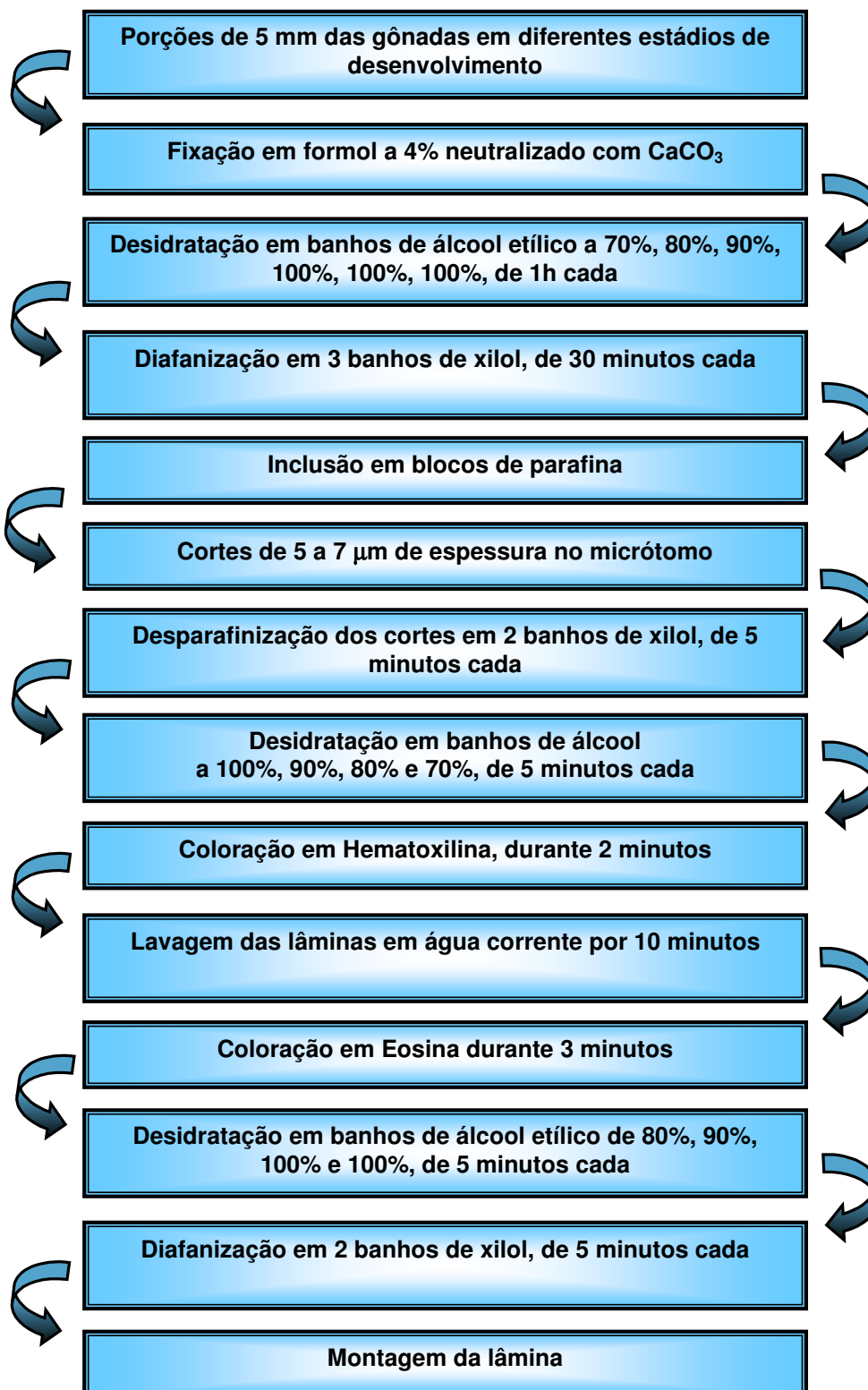


Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos histológicos
(Baseado em MICHALANY, 1990).

3.8 Fecundidade e tipo de desova

Cerca de 20 exemplares de fêmeas de acará disco, *S. discus* foram numerados, medidos, pesados e suas gônadas foram retiradas para pesagem e fixação. A fecundidade e o tipo de desova foram determinados segundo a metodologia proposta por VAZZOLER (1996), com base na contagem absoluta dos ovócitos vitelogênicos e na distribuição de freqüência de ocorrência das classes de diâmetros dos ovócitos. Os ovários em diferentes fases de desenvolvimento foram preservados por 24 horas em solução de Gilson modificada (SIMPSON, 1951), cuja composição é a seguinte: Água destilada (880 mL), álcool 60% (100 mL), ácido acético glacial (18 mL), ácido nítrico 80% (15 mL) e cloreto de mercúrio sublimado (20 g). A metodologia adotada objetivou a dissociação completa dos ovócitos, que posteriormente foram lavados e preservados em álcool etílico a 70% (Figura 4).

Para o estudo da fecundidade, foram determinadas as classes de ovócitos, com base no valor dos diâmetros mensurados. A totalidade de cada classe existente nas subamostras foi contada e o número total de ovócitos foi estimado. Foi avaliada também a fecundidade absoluta por lote, com base no tamanho dos ovócitos.

O tipo de desova foi avaliado através da análise dos resultados da medição do diâmetro dos ovócitos, com o auxílio de lupa com ocular micrométrica (Wild M7, objetiva 31x e ocular 10x). De acordo com a distribuição de freqüência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos, estes foram agrupados em quatro

classes de amplitudes distintas ($T_1 = 0$ a $250 \mu\text{m}$, $T_2 = 251$ a $500 \mu\text{m}$, $T_3 = 501$ a $750 \mu\text{m}$, $T_4 = 751$ a $1000 \mu\text{m}$).

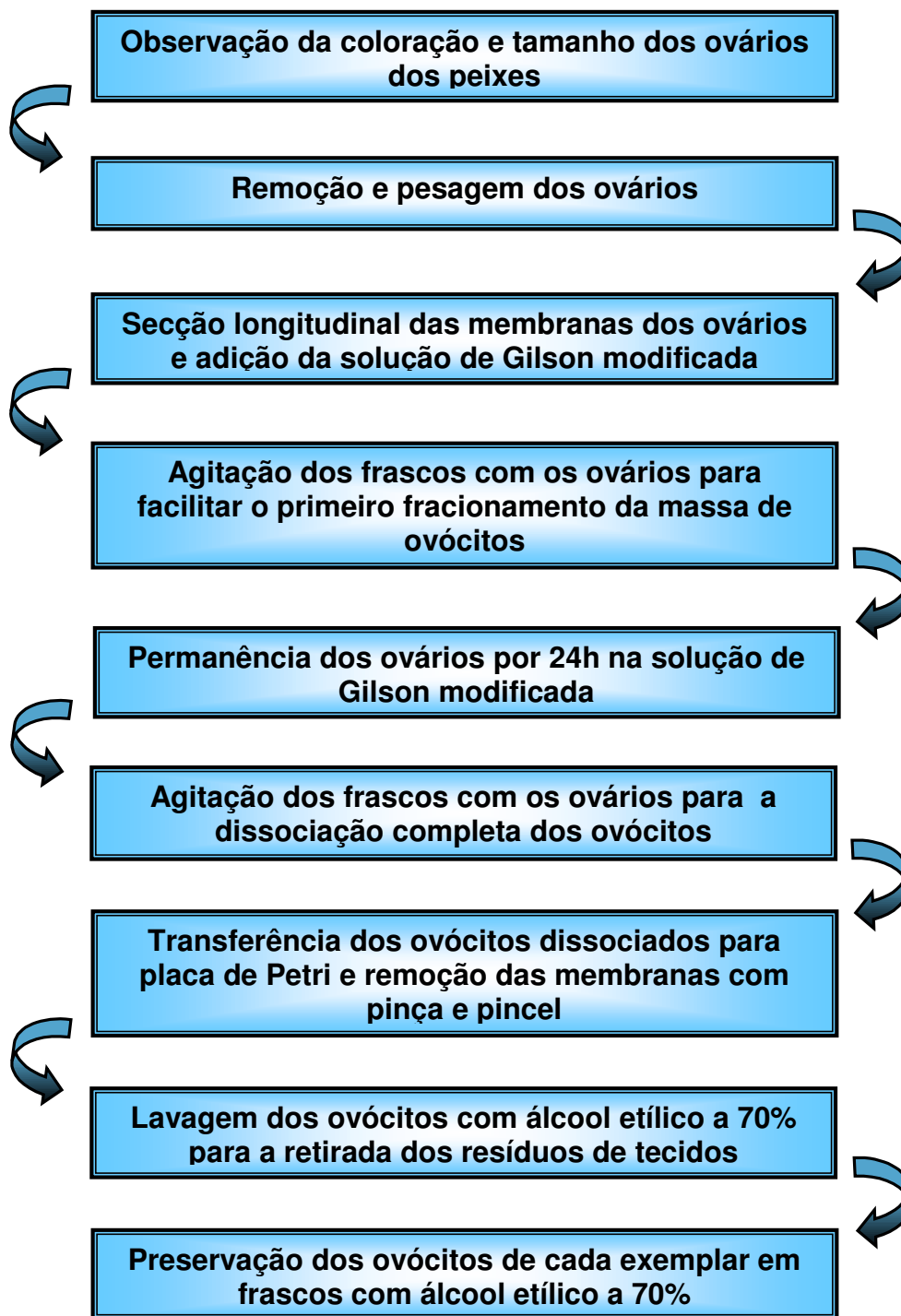


Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos adotados para a dissociação dos ovócitos (Baseado em VAZZOLER, 1996).

3.9 Comportamento de agressividade e territorialidade

Para as observações de agressão e estabelecimento de território dos machos foram preparados três aquários com fundo de cascalho e areia originária de rio, enriquecidos com plantas de diferentes espécies, com folhas largas (anúbia, *Anubia* sp. e amazonense, *Echinodorus amazonensis*) e estreitas (capim d'água, *Valisneria gigas* e rabo de raposa, *Elodea* sp. ou tronco de árvore. A seleção foi confirmada, considerando-se 60% do tempo de cada observação em que os peixes permaneciam próximos a determinado substrato e a defesa desse substrato contra a ação de outros competidores.

Foram utilizados vinte machos adultos sexualmente maduros de acará disco, com cerca de um ano de idade, mantidos em situação seminatural em aquário de vidro de 70 x 35 x 40 cm, com capacidade de aproximadamente 100 litros.

Os testes foram iniciados quando dois machos foram colocados simultaneamente em determinado aquário onde anteriormente nenhum dos dois residia (situação neutra). Os peixes foram observados em sessões de 30 minutos através do método focal contínuo.

Os comportamentos agressivos exibidos entre os machos durante o estabelecimento de território foram observados e descritos, segundo HUNTINGFORD (1993) e CHELLAPPA *et al.* (1999a). Os critérios adotados para descrever os níveis de agressividade e a vitória de um competidor foram: aproximação (quando os peixes se dirigem um ao outro mantendo entre eles uma

distância aproximada de 10 cm); ameaça (postura na qual o peixe mantinha a cabeça baixa, com as nadadeiras expandidas); ataque (movimento de um peixe em direção ao oponente, com rápidos movimentos natatórios); mordida (ferimento do rival com os dentes, através da abertura e fechamento da boca durante o contato) de um dos peixes que levava o outro a uma clara situação de submissão (mantendo-se imóvel, com a cabeça elevada durante 60% do tempo total de cada observação) e fuga (quando o oponente deixava de encarar o outro e se retirava de forma rápida).

Foram realizadas as observações para identificar os comportamentos apresentados pelos machos e fêmeas durante a fase de corte e acasalamento. Foram utilizados três casais de *S. discus* e cada observação representou três sessões, cada uma com duração de 30 minutos. A escolha de parceiro foi confirmada através da permanência das fêmeas, considerando-se 60% de tempo de cada observação em que elas se mantinham próximas aos machos.

Os critérios adotados para descrever os comportamentos apresentados por machos e fêmeas durante a fase de corte, escolha de substrato e acasalamento foram: a aproximação (quando as fêmeas se dirigiam a um macho), a permanência (quando os peixes permaneciam próximos ao macho ou um determinado substrato), o afastamento (quando os peixes nadavam para longe do macho ou do substrato), a postura de corte (uma postura apresentada pelo macho para atrair a fêmea, na qual a cabeça era mantida elevada e as nadadeiras permanentemente fechadas e aderidas ao corpo) e a limpeza do substrato para desova (movimentos de fricção realizados através do contato da boca, da nadadeira caudal e do próprio ventre com o substrato).

As observações foram feitas através do método focal contínuo e a frequência de ocorrência dos comportamentos foi registrada utilizando-se folhas de registro elaboradas especialmente para cada tipo de observação. O registro da duração dos comportamentos observados foi realizado utilizando-se cronômetros.

4. Resultados

- Artigo I -

**OVARIAN DEVELOPMENT IN THE AMAZONIAN RED DISCUS,
Symphysodon discus Heckel (OSTEICHTHYES: CICHLIDAE)**

Mércia Rocha da Câmara¹ ; Sathyabama Chellappa²
& José Roberto Verani¹

Artigo submetido ao Brazilian Journal of Biology
(Revista Brasileira de Biologia)

(Atende ao Objetivo I)

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte

OVARIAN DEVELOPMENT IN THE AMAZONIAN RED DISCUS, *Symphysodon discus* Heckel (OSTEICHTHYES: CICHLIDAE)

S. CHELLAPPA,* M. R. CÂMARA**, & J. R. VERANI**

* Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática,

Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,

Praia de Mãe Luíza, s/n, Natal, RN, Brazil. CEP: 59.014-100.

Fax: (84) 202.3004. E-mail: bama@dol.ufrn.br

** Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,

Universidade Federal de São Carlos,

Via Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal 676. CEP 13565-905.

São Carlos/SP - Brasil.

Telefax: (16)260-8305.

E-mails: mercia.camara@bol.com.br; verani@power.ufscar.br

* To whom correspondence should be addressed

Running Title: Ovarian development of the red discus

2 Figures + 2 Tables.

Palavras chave: *Symphysodon discus*, peixe amazônico, Cichlidae, desenvolvimento ovariano.

Key words: *Symphysodon discus*, Amazonian fish, Cichlidae, ovarian development

ABSTRACT

The Neotropical red discus fish, *Symphysodon discus* originates from the Amazonian basin and has a discoid body. Though this species is popularly used in aquaria and is exported as an ornamental fish, it has not been intensively studied. This work was carried out with an objective to study the morphological and histological aspects of the ovarian development in the red discus. Forty females of *S. discus*, of different body sizes in different stages of gonadal development were used in this study. The ovaries were weighed and examined macroscopically in order to observe the maturation stages. Histological staining of hematoxylin-eosin was used for microscopic observations of the ovaries. Macroscopic observations showed the immature, maturing, mature and partially spent stages of the ovarian development. Microscopic examination of the ovaries revealed five stages and five phases of the ovarian development. The ovaries of the mature females showed all the different phases of oocyte development indicating the multiple spawning habit of this species.

KEY WORDS: *Symphysodon discus*, gonadal development, ovaries.

RESUMO

Desenvolvimento ovariano do acará disco Amazônico, *Symphysodon discus* Heckel

(Osteichthyes: Cichlidae)

O acará disco, *Symphysodon discus*, é um ciclídeo neotropical originário da bacia Amazônica e seu corpo apresenta formato discoidal. Embora esta espécie seja popularmente utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental, ainda é pouco estudada. Este trabalho teve como objetivo estudar os aspectos morfológicos e histológicos do desenvolvimento ovariano do acará disco. Para este estudo foram utilizadas 40 fêmeas de *S. discus*, de tamanhos diferentes, em várias fases de desenvolvimento gonadal. Os ovários foram pesados e examinados macroscopicamente para observar os estádios de maturação. Para as observações microscópicas dos ovários foi utilizada coloração de hematoxilina-eosina. Os resultados da análise macroscópica apresentaram os estádios de desenvolvimento ovariano imaturo, em maturação, maduro e parcialmente esvaziado. A análise microscópica dos ovários revelou cinco estádios e cinco fases de desenvolvimento ovariano. Os ovários das fêmeas maduras apresentaram todas as diferentes fases de desenvolvimento ovocitário, indicando a desova múltipla para a espécie estudada.

Palavras-chave: *Symphysodon discus*, peixe amazônico, Cichlidae, desenvolvimento ovariano.

INTRODUCTION

The family Cichlidae (Order: Perciformes; Class: Osteichthyes) consists of about 105 genera with 1300 species of freshwater and estuarine fishes (Keenleyside, 1991; Meijide & Guerrero, 1997). Cichlids have a wide geographical distribution and are natives of Africa (with 900 valid species and more than 1300 estimated species), South America (with 290 valid species), Central America (Cuba and Hispania, with 4 valid species including some estuarine species), North America and Central America (with 95 valid species), Asia (South India and Sri Lanka, with 3 estuarine species), Madagascar (with 17 valid species, some estuarine species), Middle East (Jordan, with 4 species), Iran (one species) and some regions of the United States of America (Kullander, 1998).

Kullander (1998) estimated 290 valid species of cichlids in South America and 95 species in Central America. Lowe-McConnell (1999), estimated around 400 species of Neotropical cichlids grouped in 50 genera. The Neotropical cichlids of South America are well represented in the Amazonian / Guyanean region, in the Orinoco region to the north and in the Paranean region to the south, besides the rivers in eastern Brazil (Keenleyside, 1991; Lowe-McConnell, 1991; Kullander, 1997).

The Amazon basin possess an extensive area covered by the dense rain forest, an area exceeding 2.5×10^6 km², lying less than 200 m above the sea level. This complex basin forms a heterogeneous environment, including lateral lakes on the floodplain, nutrient-rich white water rivers and the nutrient-poor black water rivers. Besides these, there are also the clear water rivers and rain forest rivers and this region has a rainfall of 3000 mm. The cichlids of the Amazon basin share the biotopes with the non-cichlid species (Keenleyside, 1991).

The red discus, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 is a Neotropical cichlid, which originates from the igarapes of the Amazonian basin, restricted to the lower regions of the

River Negro, Abacaxis and Trombetas. *S. discus* lives mainly in clean and tranquil waters and is a slow swimmer. This cichlid species belongs to the Order Perciformes and to the Heroini lineage (Kullander, 1998). It is commercially important since it is extensively used in aquaria and exported as an ornamental fish (Ferraz, 1999).

This species is strikingly different from the other cichlids due to its discoidal and laterally compressed body form (Câmara *et al.*, 2002). This species presents complex reproductive behaviour involving competition for territory and mates, courtship and parental care. The males establish breeding territories utilizing aquatic plants with wide leaves, to which the female gets attracted. Males defending territories are more aggressive and gain priority in courting females. Courtship provides an opportunity for mate choice and also fulfils several mutually compatible functions, such as, orientation to the spawning site and synchronisation of the spawning activities, so that gametes are released at the same time (Câmara & Chellappa, 2002).

Ornamental fish culture is gaining popularity and hence there is a growing need for information on the ecology, diet, behaviour and reproduction of these fish. Though the Neotropical cichlids are considered as very popular ornamental fish, very limited scientific information is available regarding their gonadal development and reproduction, as in the case of the angel fish, *Pterophyllum scalare* (Dias & Chellappa, 2003).

The reproductive process is of fundamental importance in order to study the biology of the species (Silva & Esper, 1991). Fishes exhibit the whole spectrum of life-history strategies in relation to spawning frequency. In contrast with the semelparous species, which spawn once in their life span, different spawning modes occur in the iteroparous species. Some species spawn once a year for several years, as in total spawners, whereas others spawn several batches within an annual cycle, as in multiple or partial spawners (Wootton, 1990; Rinchard & Kestmont, 1996). As such, an understanding

of the gonadal development and reproductive cycles of fishes is of fundamental importance, for conservation of the natural stocks and for fish culture purposes.

Various phases of gonadal development of fishes have studied in order to clarify the dynamics and regulation of oogenesis (Potts & Wootton, 1984). Sex determination is possible only by examining the gonads of fish species that do not present any apparent sexual dimorphism, as in the case of *S. discus*. Macroscopic characteristics of the gonads deal with the size, colouration, degree of vascularization and appearance of the oocyte clusters. However, such observations alone are not sufficient to clarify the dynamics and regulation of oogenesis. As such, histological study of the gonads is of vital importance.

This paper reports on the morphological and histological aspects of the ovarian development in the Amazonian red discus, *S. discus*.

MATERIAL AND METHODS

STUDY AREA AND SAMPLE COLLECTION

Female fishes of *Symphysodon discus* (**Fig. 1**) used in this study were collected, with the help of the local fisherman, from the igarapes of the River Negro of the Amazonian basin. Forty females of *S. discus* of different sizes were used and the sample size was sufficiently large to allow accurate estimations of the various biometric and histological variables, without depleting the natural population.

This study was conducted during the period of April 2002 and July 2003 in the Ichthyology Laboratory of the Department of Oceanography and Limnology, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, Brazil. Fishes were weighed (Quimis Semi-analítica, Modelo QI-3000, precision ± 1 g) and their total lengths were determined (± 1 mm). They were then dissected, sexed and the location and general appearance of the ovaries were noted. Both ovaries were removed and weighed (SAUTER, Model D-7470,

precision ± 0.1 mg). Gonadosomatic index (GSI) was used to assess the reproductive status (Wootton *et al.*, 1978). $GSI = 100 (\text{wet wt of gonads in g}) / (\text{total body wet wt in g})$.

OVARIAN ANALYSIS

To avoid possible variation in the developmental stage of oocytes, due to their position in the ovaries, histological examinations were carried out on sections from the anterior (cephalic), middle (central), and posterior (caudal) regions of both ovaries. The ovaries were preserved in Bouin's solution and after 24 h were transferred 50% ethanol. The preserved ovaries were embedded in paraffin, sectioned at 10 μm thickness, and stained with hematoxylin and eosin (Michalany, 1990). Three slides were prepared, from different parts of each ovary, for all 40 fishes to determine if oocyte development was consistent along the length of the ovary. Ovarian developmental stages were assessed microscopically with the help of light microscope (Taimin, model TM 800), coupled with a video camera (Kodo Digital). In addition, the relative frequency of the different sizes of oocyte were estimated by enumerating a sub sample of the different sized oocytes of each ovary (West, 1990). The diameters of oocytes from all the ovaries were measured with an ocular micrometer.

The terminology used for staging the individual oocytes based on their histological appearance was taken adapted from Palmer *et al* (1995) and Vazzoler (1996).

RESULTS

LENGTH, WEIGHT AND GSI OF FEMALES

Female fishes up to an average total length of 130.87 mm (\pm SD 8.11) and an average total weight of 136.52 (\pm SD 16.00) were immature and presented a low mean GSI (0.02) value. Females of an average total length of 134.44 mm (\pm SD 6.41) and an average total weight of 134.06 (\pm 35.14) were maturing and had slightly higher mean value of GSI (0.06). The mature females, with ripe oocytes, had an average total length of 134.00 mm (\pm SD 0.01) and an average total weight of 167.50 (\pm 2.40), and presented a high GSI value (0.10). The partially spent females presented low GSI values (0.01) though they were bigger in size, with an average total length of 139.00 mm (\pm SD 0.01) and an average total weight of 155.70 (\pm 0.01). **Table 1** shows the average values of total length and weight, besides the GSI values of females in different stages of ovarian development.

OVARIAN MACROSCOPIC CHARACTERISTICS

The macroscopic observations showed the ovaries as a long and fusiform-paired organ, situated in the posterior-dorsal part of the celomic cavity, ventral to the kidneys and the swim bladder, to which it was attached by the mesovary originating from the peritoneum. Above the mesovary exist a thin capsule of fibrous conjunctive tissue, the albugine tunica, which internally separates the ovigerous lamella. The ovaries are free in the anterior region, but are united in the posterior region, forming the short oviduct, which opens on the urogenital papilla beyond the anus. The left and the right ovaries of the red discus were symmetrical in size. The macroscopic observations of the ovaries of *S. discus* showed four stages of ovarian development, as described in **Table 2**.

OVARIAN MICROSCOPIC CHARACTERISTICS

Microscopic examination of histological sections of ovaries revealed five stages of ovarian development and five phases of oocyte development. The oocyte diameter varied according to the various stages of development from 100 μm to 1000 μm . According to the frequency distribution of the oocyte diameters they were grouped in four different size categories (0 to 250 μm , 251 to 500 μm , 501 to 750 μm and 751 to 1000 μm). The oocyte development was consistent along the whole length of the ovary depending on the degree of ovarian maturation.

Stage I – Immature

During the first growth stage young germ cells compactly filled the ovaries of young females (**Fig. 2a**). The oocyte showed a well-defined spherical nucleus with clear nucleoplasm, thin filaments of chromatic material, and at times two or more nucleoli were observed. As the oocyte grew, the initially clear cytoplasm acquired a basophilic nature, which became accentuated with the development of the cell. The occurrence of young germ cells was observed (Phase I) along with the reserve stock of oocytes (Phase II).

Phase I - Chromatin nucleolar phase: The small oocytes of germ lineage were found embedded in follicular tissue as a result of the ovogonial differentiation. Clusters of oocytes were found lying just beneath the ovigerous lamella, and had a large nucleus occupying the greater part of the oocyte. One or more nucleoli were observed within the nucleus. The nucleus had little affinity towards stains, in comparison to the cytoplasm. The immature oocytes had basophilic cytoplasm and were characterised by the total absence of yolk. A fine layer of conjunctive tissue surrounded the oocytes.

Phase II – Perinucleolar phase: Oocyte size increased and was more voluminous with basophilic cytoplasm (**Fig. 2b**). Multiple nucleoli were distributed around the inner

part of the nuclear envelope. The follicular cells were surrounding the oocytes in the form of a single layer.

The ovaries of maturing females showed two distinct stages: maturing I and maturing II.

Stage II - Maturing

This stage began from the time the oocytes became visible to the naked eye. The ovaries were of small size, translucent and of an orangish-pink colour. As the oocytes developed, their colour gradually became reddish-pink, and at times even yellow. Maturing was characterised by the presence of stock reserve oocytes (Phase II), as well as the oocytes with lipid droplets and cortical alveoli (Phase III). Germ cells and ovigerous lamellae forms the basic structure of ovaries, as such, were observed in all stages.

The oocytes in maturation were characterised by the presence of cortical alveoli. They appeared initially in the peripheral region of the oocyte, at the same time, occurring in isolation. The cytoplasm gradually lost its basophile.

Phase III – The cortical alveoli phase: This phase was characterised by the presence of big round cells, voluminous nucleus and granular cytoplasm, with the appearance of cortical alveoli in the periphery. The cytoplasm showed presence of lipid droplets. The follicular layer showed an external surface with cells flatter than the theca.

The end stage was characterised by the bigger diameter of the oocytes due to the presence of lipid droplets and protein (Phase IV). The yolk granules and oil vesicles were distributed in the cytoplasm. The yolk granules began to appear, initially in the peripheral region of the cell as small bodies with an affinity to stains. These granules increased in number and size, and became ovoid and gradually moved to the periphery of the cytoplasm, in the direction of the irregular nucleus. The nucleoli were still observed. In this

stage the zona radiata appeared, which was initially thin and the radiating lines developed as the oocyte matured (**Fig. 2c e Fig. 2d**).

Phase IV – Early yolk phase: In this phase the nucleus was still in the center and with irregular outer surface, numerous nucleoli, presenting bigger cells, and the cytoplasm was full of yolk granules. The follicle was composed of the zona radiata, followed by the granulosa in a single layer of cells.

Stage III – Mature

Mature females had swollen ovaries that occupied half of the body cavity and had large numbers of big oocytes as well as others of smaller sizes. The colour was dark yellow, due to deposition of large quantity of yolk. The mature oocytes were full of yolk plates and with nuclear migration close to the micropyle region.

The surrounding layers were fully developed. The mature oocytes were transformed from the rounded to polyhedral shapes, due to mutual compression effect. Besides the large quantity of mature oocytes, there were also oocytes in the other phases of development, such as, immature, maturation besides the reserve stock of oocyte.

Phase V – Mature oocyte: In this phase the biggest cells of the germ lineage were encountered. The fusion of numerous yolk granules into yolk plates and oil vesicles into oil droplets were observed. The yolk granules gave the cytoplasm of the oocyte a grainy appearance. Flat cells formed the theca. The zona radiata and the zona granulosa were observed. The oocytes were retained at this stage before completing final maturation.

Stage IV – Ripening

In the mature stage the oocytes were mainly in various stages of development (Phases I to V) with an abundance of oocytes in Phase V. Among the oocytes in the final

maturation phase, those in the most advanced stage had the nucleus moving to the micropyle region of the animal pole. The oocytes were ready for release. The mature females showed the simultaneous occurrence of oocytes of different sizes, indicating that each individual of *S. discus* spawns more than once within a breeding cycle (**Fig. 2e**).

Stage V – Partially Spent

The ovaries of partially spent females appeared somewhat flaccid with some haemorrhaging areas and empty space. Only few small oocytes were present in the ovaries of partially spent females, besides some oocytes in maturation stage. Presence of post-ovulatory follicles, residual oocytes in the reabsorbing process of atresia, and immature and maturing oocytes characterised the partially spent stage (**Fig. 2f**). Atretic oocytes were recognized by their irregular shape, disintegration of the nucleus and liquefaction of yolk granules.

DISCUSSION

The general morphology and microscopic examination of histological sections of ovaries of the red discus, *S. discus* indicates that it resembles with majority of the teleost fishes. The left and the right ovaries of the red discus were symmetrical in size, as observed for other cichlids, such as the angelfish, *Pterophyllum scalare* (Dias & Chellappa, 2003) and *Cichla monoculus* (Chellappa *et al.*, 2003). The macroscopic classification of the ovaries of the red discus suggests that there is a regular pattern of the ovarian development for each maturity stage, such as, the immature, maturation, mature and partially spent stages. These results are consistent with the findings of red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* (Câmara & Chellappa, 2000) and of *Cichla monoculus* (Câmara *et al.*, 2002; 2003).

Dias *et al.* (1998) discussed the possible omissions of the various gonadal developmental stages due to macroscopic analyses and highlighted the importance of histological studies involving microscopic observations in order to correct the same. Since, the macroscopic analyses of gonads permit only gross information and may involve errors and omissions. The macroscopic analyses of the ovaries identified four developmental stages of *S. discus*, such as, immature, maturing, mature and partially spent. By employing the microscopic analyses, it was possible to identify five stages of ovarian development involving five phases. There were, phases I and II (corresponding to the immature stage of development), phases III and IV (corresponding to the maturing stage), phases V (corresponding to the mature stage), ripening stage and the partially spent stage with some empty follicles, mature oocytes in re-absorption with a large quantity of immature and maturing oocytes.

Ovaries in the immature stage of *S. discus* were characterised by the occurrence of young germinative cells and ovogonia, whereas the ovaries in maturation showed in the ovigerous lamellae young and maturing oocytes. Barbieri *et al.* (1981) observed a similar pattern for another cichlid, *Geophagus brasiliensis*.

The present study on *S. discus*, shows that the mature females exhibit simultaneous occurrence of oocytes of different sizes in all developmental stages, which is typical of a multiple spawner. Other cichlids, such as, the red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* (Câmara & Chellappa, 2000), *Cichla monoculus* (Câmara *et al.*, 2003) and the angelfish, *Pterophyllum scalare* (Dias & Chellappa, 2003) also exhibit partial spawning and spawn more than once within a breeding cycle.

Multiple spawners are characterised by the temporal pattern of macroscopic ovarian stages, the regular occurrence of partially spent ovaries, and the oocyte development pattern, with the release of mature oocytes in batches as in *Cichla monoculus* (Chellappa *et*

al., 2003). The multiple spawning pattern of red discus could be represented by an inner cycle (composed of ovulation, spawning and redevelopment) within the general reproductive cycle. The inner cycle continues throughout the spawning season. Due to the multiple spawning pattern of red discus, the GSI does not clearly indicate peak spawning activity.

Acknowledgments – Mércia Rocha da Câmara is grateful to CAPES/MEC, for the financial support awarded during the study period.

REFERENCES

- BARBIERI, M.C.; BARBIERI, G. & MARINS, M.A. 1981. Sobre a anatomia e histologia de testículo de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na Represa do Lobo, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, 41(1):169-173.
- CÂMARA, M.R. & CHELLAPPA, S. 2000. Reprodução nas fêmeas do híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Revista de Ecologia Aquática Tropical* 10: 77-83.
- CÂMARA, M. R. & CHELLAPPA, S. 2002. Territorialidade em acará disco, *Symphysodon discus*. In: *Anais do XX Encontro Anual de Etologia*. São Paulo: Associação Brasileira de Etologia, v.1. p.445.
- CÂMARA, M.R., CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. 2002. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensia* 14 (2): 9-16.
- CÂMARA, M. R., VERANI, J. R., CHELLAPPA, S. 2002. Descrição morfométrica, merística e produção de muco do acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Cichlidae). In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia*. Curitiba: Associação Brasileira de Zoologia, v.1. p.319.

- CHELLAPPA, S., CÂMARA, M. R., CHELLAPPA, N.T., BEVERIDGE, M.C.M. & HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*. 63, (1), 17 – 26, 2003.
- DIAS, R. L. & CHELLAPPA, S. 2003. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura . Vol. 2. (Eds. URBINATI, E.C. & CYRINO, J.E.P.) AQUABIO: Jaboticabal, SP. p.135-148.
- DIAS, J.F., PERES-RIO E., CHAVES, P.T.C. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. 1998. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. *Revista Brasileira de Biologia* 58 (1):55-69.
- FERRAZ, E. 1999. Management and diseases of the ornamental fish exported from the rio Negro basin. In: *Biology of Tropical Fish* (Eds. A.L. VAL & V.M.F. ALMEIDA-VAL). Manaus: INPA. 99-111.
- KEENLEYSIDE, M. H. A., 1991. Cichlid Fishes-Behaviour Ecology and Evolution. London: Chapman and Hall, p. 377.
- KULLANDER, S.O., 1997. *Crenicichla rosemariae*, a new species of pike cichlid (Teleostei, Cichlidae) from the upper Rio Xingu drainage, Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwat.* 7(3):279-287.
- KULLANDER, S.O., 1998. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498. In L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M. Lucena and C.A.S. Lucena (Eds.) *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre, EDIPUCRS. 603 p.

- LOWE-McCONNELL, R. H., 1991. Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African great lakes. In: M. H. A. KEENLEYSIDE (Ed.) *Cichlids Fishes Behaviour, Ecology and Evolution*. London: Chapman and Hall, p. 60-85.
- LOWE-McCONNELL, R. H., 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP. 534p.
- MEIJIDE, F.J. & GUERRERO, G.A. 1997. Characterization of the reproductive behaviour and early life history stages of *Cichlasoma dimerus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Cichlidae) under laboratory conditions. In: *Proceedings of International Symposium on Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre: EDIPUCRS. p.74.
- MICHALANY, J. 1990. *Técnica histológica em anatomia patológica com instruções para o cirurgião, enfermeiro e citotécnico*. Ed. São Paulo: SP, 247p.
- PALMER, E.E., SORENSEN, P.W. & ADELMAN, I.R. 1995. A histological study of seasonal ovarian development in freshwater drum in the Red Lakes, Minnesota. *Journal of Fish Biology*. 47, 199-210.
- POTTS, G.W. & WOOTTON, R.J., 1984. *Fish reproduction: strategies and tactics*. Academic Pres: London, 410 p.
- RINCHARD, J. & KESTEMONT, P., 1996. Comparative study of reproductive biology in single and multiple spawner cyprinid fish. 1. Morphological and histological features. *Journal of Fish Biology*. 49, 883-894.
- SILVA, R.M.P.C. & ESPER, M.L.P., 1991. Observações sobre o desenvolvimento citomorfológico dos ovários de tainha, *Mugil platanus* (Günther) da Baía de Paranaguá (Brasil). *Acta Biologica Paranaense* 20 (1-4): 15-39.
- VAZZOLER, A. E. A. M., 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 169p.

WEST, G., 1990. *Methods of assessing ovarian development in Fishes: a review.*

Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 41, 199-222.

WOOTTON, R.J., 1990. *Ecology of Teleost Fishes.* London: Chapman and Hall, p. 404.

WOOTTON, R.J., EVANS, G. W. & MILLS, L. A. 1978. Annual cycle in female three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) from an upland and lowland population. *Journal of Fish Biology.* 12, 331-343.

TABLE 1

Total length (Lt), total weight (Wt), Stage of gonadal maturity and Gonadosomatic Index (GSI) of the de females of red discus, *S. discus*

Lt (mm) (x ± SD)	Wt (g) (x ± SD)	Stage of gonadal maturity	GSI (x ± SD)
130.87 ± 8.11	136.52 ± 16.00	Immature	0.02 ± 0.02
134.44 ± 6.41	134.06 ± 35.14	Maturing	0.06 ± 0.02
134.00 ± 0.01	167.50 ± 2.40	Mature	0.10 ± 0.01
139.00 ± 0.01	155.70 ± 0.01	Partially Spent	0.01 ± 0.01

TABLE 2**Macroscopic characteristics of the ovarian developmental stages in *S. discus*.**

Stage of	Description
maturations	
Immature	The ovaries of young females are of reduced size, occupying less than 1/3 of the coelomic cavity, thread-like, translucent, light yellow in colour, with superficial blood vascularization. Oocytes were not visible to the naked eye.
Maturing	The ovaries are of bigger size, occupying about 1/3 of the coelomic cavity, yellow in colour varying to pinkish-orange, intense vascularization. Small opaque oocytes were visible to the naked eye.
Mature	The ovaries occupy 1/2 of the coelomic cavity. Oocytes become bigger as the development proceeds, acquiring a dark yellow colouration, due to the accumulation of yolk granules. Bigger, opaque and numerous oocytes, with intense superficial vascularization were observed.
Partially Spent	The ovaries were rather flaccid occupying about half of the coelomic cavity.

FIGURE 1

FIGURE 2

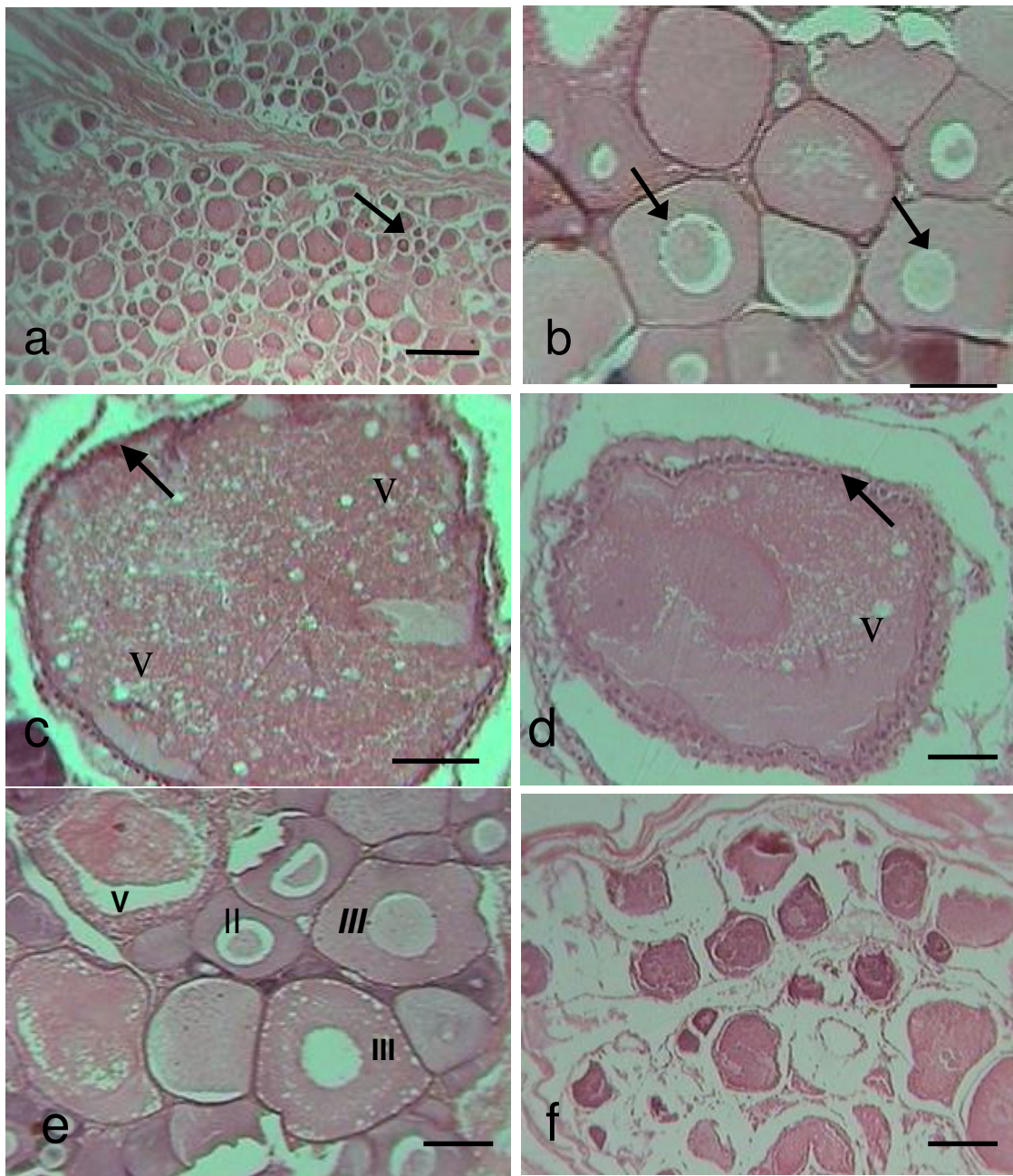


Figure Legends

Figure 1 - Red discus, *Symphysodon discus* Heckel, 1840

Figure 2 - Histological sections showing the ovarian development of *Symphysodon discus* (a) Ovary in the immature stage, showing young germ cells (arrow) (scale bar 100 μm); (b) Oocytes in the immature stage, with multiple nucleoli within the nucleus (arrow) (scale bar 200 μm); (c) and (d) Oocytes in the maturation stage, showing yolk granules (v) and the appearance of zona radiata (arrow) (scale bar 200 μm); (e) Ovary in the partially spent stage, showing oocytes in various phases of development: perinucleolar phase (II), cortical alveoli phase (III) and oocyte in atresia (V) (scale bar 500 μm); (f) Ovary in the partially spent stage, showing empty follicles (scale bar 200 μm), immature and maturing oocytes. (Stained by Hematoxylin-eosin).

- Artigo II -

**FECUNDIDADE E TIPO DE DESOVA DO CICLÍDEO AMAZÔNICO
ACARÁ DISCO, *Symphysodon discus* Heckel**

Mércia Rocha da Câmara¹ ; Sathyabama Chellappa²
& José Roberto Verani¹

**(Artigo em preparação, a ser submetido à
Revista Brasileira de Zoologia)**

(Atende ao Objetivo II)

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte

FECUNDIDADE E TIPO DE DESOVA DO CICLÍDEO AMAZÔNICO**ACARÁ DISCO, *Symphysodon discus* Heckel**

M. R. CÂMARA¹, S. CHELLAPPA² & J. R. VERANI¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,

Universidade Federal de São Carlos,

Via Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal 676. CEP 13565-905.

São Carlos/SP - Brasil.

Telefax: (16)260-8305.

E-mail: mercia.camara@bol.com.br; verani@power.ufscar.br

² Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática,

Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,

Praia de Mãe Luíza, s/n, Natal, RN, Brazil. CEP: 59.014-100.

Fax: (84) 202.3004. E-mail: bama@dol.ufrn.br

ABSTRACT

FECUNDITY AND TYPE OF SPAWNING OF THE AMAZONIAN CICHLID RED

DISCUS, *Symphysodon discus* Heckel. The Neotropical red discus fish, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 originates from the Amazonian basin. Though this species is popularly used in aquaria and is exported as an ornamental fish, it has not been intensively studied.

This work was carried out with an objective to estimate the fecundity and type of spawning of the red discus. Forty females of *S. discus*, of different body sizes in different stages of gonadal development were used in this study. The ovaries were weighed and examined macroscopically in order to observe the maturation stages. The total batch fecundity varied from 339 to 696, with average of 536 mature oocytes. The fecundity, when related to body weight of the females, showed that they are positively correlated. Analysis of the percentage distribution of the oocyte diameters of the females, in the different stages of gonadal development, indicated the multiple spawning habit of this species.

KEY WORDS: Cichlid fish, multiple spawning, number of mature oocytes.

A fecundidade, ou seja, o número de óvulos maduros das fêmeas que serão eliminados durante um período reprodutivo, é considerada um dos aspectos mais relevantes da biologia reprodutiva dos peixes. Porém, raramente é englobada em estudos ecológicos dos peixes amazônicos (SANTOS & FERREIRA, 1999). Algumas espécies de ciclídeos de grande tamanho apresentam elevado número de óvulos, com cerca de 3100 óvulos, como o tucunará amazônico, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002), enquanto outros de pequeno porte, como acará bandeira, *Pterophyllum scalare*, produzem óvulos em pequena quantidade, variando de 19 a 495 óvulos (DIAS & CHELLAPPA, 2003).

O tipo de desova nos peixes é determinado pela interação entre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário, a frequência de desova dentro de um período reprodutivo e o número desses períodos durante sua vida (VAZZOLER, 1996). Estas informações são importantes por demonstrar a capacidade adaptativa das espécies às flutuações ambientais (SÁ-OLIVEIRA & CHELLAPPA, 2002).

O acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 é um ciclídeo neotropical originário da bacia Amazônica e seu corpo apresenta formato discoidal. Embora esta espécie seja popularmente utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental, ainda é pouco estudada. Este trabalho teve como objetivo avaliar a fecundidade e o conhecer tipo de desova do acará disco, *S. discus*, uma vez que estas informações são relevantes para aqüicultores de peixes ornamentais, além de gerar subsídios para proposições de medidas corretas de normas de manejo de seus estoques naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

Cerca de 40 exemplares de fêmeas de acará disco, *S. discus*, foram adquiridos em postos de venda de peixes ornamentais, originários do Amazonas. Estes peixes foram transportados para o laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde foram numerados, medidos, pesados e suas gônadas foram retiradas para pesagem e fixação.

A fecundidade e o tipo de desova foram determinados segundo a metodologia proposta por VAZZOLER (1996), com base na contagem absoluta dos ovócitos vitelogênicos e na determinação de classes de diâmetros dos ovócitos. Os ovários em diferentes fases de desenvolvimento foram preservados em solução de Gilson modificada (SIMPSON, 1951), por 24 horas, objetivando a dissociação completa dos ovócitos. Posteriormente, os ovócitos foram lavados com álcool etílico a 70%.

Para o estudo da fecundidade, foram determinadas as classes de ovócitos, com base nos tamanhos. A totalidade de cada classe existente nas subamostras foi contada e o número total de ovócitos foi estimado. Foi avaliada também a fecundidade absoluta por lote, com base no tamanho dos ovócitos. Para tanto, foram considerados os ovócitos maduros com tamanho a partir de 501 μm .

O tipo de desova foi avaliado através da análise dos resultados da medição do diâmetro dos ovócitos, com o auxílio de lupa com ocular micrométrica (Wild M7, objetiva 31x e ocular 10x). De acordo com a distribuição de freqüência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos, estes foram agrupados em quatro classes de diferentes amplitudes (T1 = 0 a 250 μm , T2 = 251 a 500 μm , T3 = 501 a 750 μm , T4 = 751 a 1000 μm) (CÂMARA & CHELLAPPA, 2000) e o tipo de desova da espécie em estudo foi caracterizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo VAZZOLER (1996), é importante distinguir entre fecundidade por lote (número de ovócitos eliminados a cada desova) e fecundidade por período reprodutivo (número de total de ovócitos eliminados durante um período reprodutivo). Os resultados deste trabalho indicam que os valores mínimos e máximos de ovócitos eliminados a cada desova do acará disco, *S. discus*, foram de 339 e 696 ovócitos maduros, respectivamente. A média de ovócitos eliminados a cada desova foi de 536 ovócitos.

A relação entre a fecundidade e o peso total do corpo e a fecundidade e o peso das gônadas foi do tipo linear, sendo correlacionadas positivamente ($r^2 = 0,9930$ e $r^2 = 0,9931$, respectivamente). Estas relações demonstram que a fecundidade aumenta com o incremento do peso do corpo e das gônadas (Figura 1). O aumento da fecundidade deve-se ao fato de que existem, além das outras células germinativas em desenvolvimento, fontes renováveis e contínuas de ovócitos a partir do epitélio folicular, o que explica a relação positiva entre os valores da fecundidade com o peso das gônadas.

→ Inserir Figura 1

Um dos critérios frequentemente utilizados para determinar o tipo de desova dos teleósteos é a análise da distribuição de frequência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos intra-ovarianos, durante o desenvolvimento gonadal (GODINHO *et al.*, 1977; ROMAGOSA *et al.*, 1985). Peixes com desova múltipla ou parcelada o fazem intermitentemente, em lotes, como o tucunaré, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002). No presente trabalho foi verificado que a distribuição de frequência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos por classe de diâmetro em intervalos de 250 μm evidencia um desenvolvimento do tipo

sincrônico em mais de dois grupos, em que ocorreram vários grupos de ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, sugerindo posturas sucessivas durante um único período reprodutivo, indicando a desova da espécie do tipo múltipla ou parcelada (Figura 2).

→ Inserir Figura 2

CONCLUSÃO

A fecundidade do acará disco, *S. discus* é considerada baixa, e apresenta uma relação positiva com o peso do corpo e das gônadas. O tipo de desova é sincrônico em mais de dois grupos, caracterizando a desova do tipo parcelada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, M.R. & CHELLAPPA, S. 2000. Reprodução nas fêmeas do híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*. **Revista de Ecologia Aquática Tropical**. Natal, **10**, 77-83.

CÂMARA, M.R.; CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. 2002. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, **14** (2):9-16.

DIAS, R.L. & CHELLAPPA, S. 2003. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*, p. 135-148. In: E.C. URBINATI & J.E.P. CYRINO (Eds). **Artigos Científicos do Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**. Jaboticabal, AQUABIO, 167p.

GODINHO, H. M.; BASILE-MARTINS, M. A., FENERICH, N. A. & NARAHARA, M. Y. 1977.

Fecundidade e tipo de desova do mandi, *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803 (Pisces, Siluroidei). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, **37** (4):737-744.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y. & GODINHO, H. M.. 1985. Tipo de desova do curimatá, *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881, do Rio Mogi-Guaçu, Pirassununga, São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, **12** (4):1-5.

SANTOS, G.M. & FERREIRA, E.J.G. 1999. Peixes da Bacia Amazônica, p.345-373. In: R.H. LOWE-MCCONNELL (Ed). **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo, EDUSP, 534p.

SÁ-OLIVEIRA, J.C. & CHELLAPPA, S. 2002. Fecundidade e tipo de desova do tamuatá, *Hoplosternum littorale* Hancock (Osteichthyes, Siluriformes) no Rio Curiaú, Macapá, Amapá. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, **19** (4):1053-1056.

SIMPSON, A.C. 1951. The fecundity of the plaice. **Fish. Invest. London**, ser 2, 17 (5):1-27.

VAZZOLER, A.E.A.M. 1996. **Biologia de Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática**. Maringá, EDUEM, 169p.

FIGURA 1

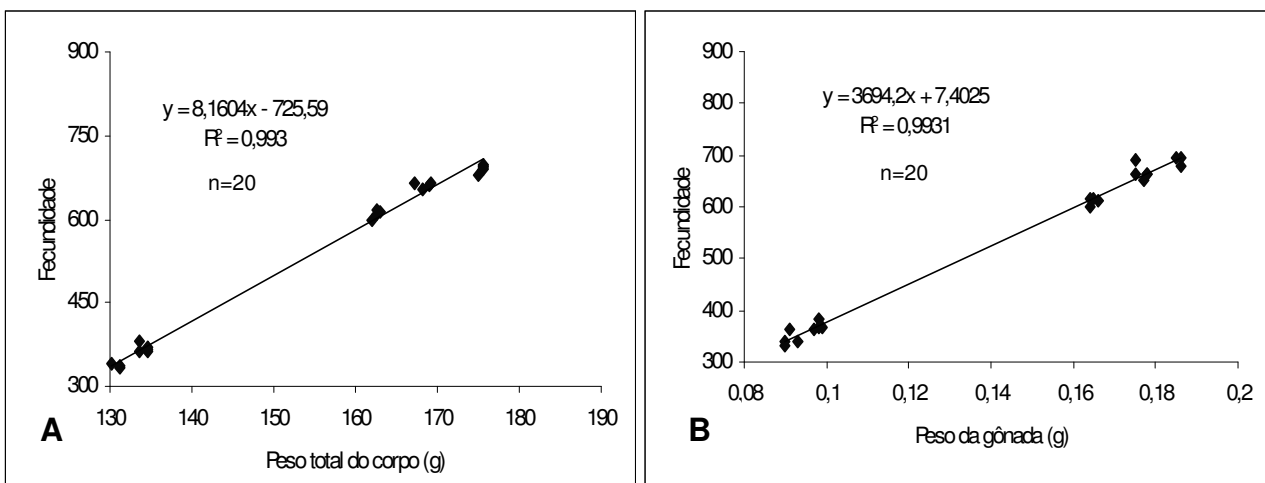
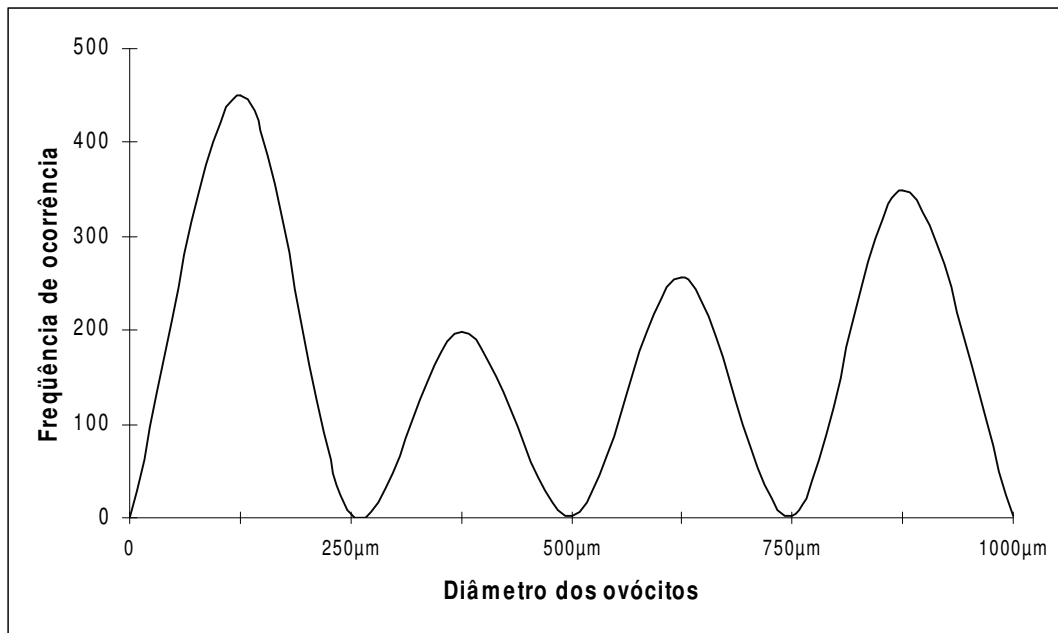


FIGURA 2

Legendas das Figuras

Figura 1 – (A) Relação entre a fecundidade e o peso total do corpo e (B) entre a fecundidade e o peso das gônadas em fêmeas de acará disco, *S. discus*.

Figura 2 – Distribuição da frequência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos durante o processo de desenvolvimento ovocitário do acará disco, *S. discus*.

- Artigo III -

**TESTICULAR DEVELOPMENT IN THE AMAZONIAN RED DISCUS,
Symphysodon discus Heckel (OSTEICHTHYES: CICHLIDAE)**

Mércia Rocha da Câmara¹ ; Sathyabama Chellappa²
& José Roberto Verani¹

Artigo submetido ao Brazilian Journal of Biology
(Revista Brasileira de Biologia)

(Atende ao Objetivos III)

¹ Universidade Federal de São Carlos
² Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**TESTICULAR DEVELOPMENT IN THE AMAZONIAN RED DISCUS,
Symphysodon discus Heckel (OSTEICHTHYES: CICHLIDAE)**

M. R. CÂMARA*, S. CHELLAPPA** & J. R. VERANI*

* Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,
Universidade Federal de São Carlos,
Via Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal 676. CEP 13565-905.
São Carlos/SP - Brasil.
Telefax: (16)260-8505.
E-mails: mercia.camara@bol.com.br; verani@power.ufscar.br

** Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática,
Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Praia de Mãe Luíza, s/n, Natal, RN, Brazil. CEP: 59.014-100.
Fax: (84) 202.3004. E-mail: bama@dol.ufrn.br

** To whom correspondence should be addressed

Running Title: Testicular development of the red discus

2 Figures + 2 Tables.

Palavras chave: *Symphysodon discus*, peixe amazônico, Cichlidae, desenvolvimento testicular.

Key words: *Symphysodon discus*, Amazonian fish, Cichlidae, testicular development.

ABSTRACT

The Neotropical red discus fish, *Symphysodon discus* originates from the Amazonian basin. Though this species is popularly used in aquaria and is exported as an ornamental fish, it has not been intensively studied. This work was carried out with an objective to study the morphological and histological aspects of the testicular development in the red discus. Forty males of *S. discus*, of different body sizes in different stages of gonadal development were used in this study. The testes were weighed and examined macroscopically in order to observe the maturation stages. Histological staining of hematoxilin-eosin was used for microscopic observations of the testes. Macroscopic observations showed the immature, maturing, mature and spent stages of the testicular development. Microscopic examination of the testes revealed five stages and five phases of the testicular development.

KEY WORDS: *Symphysodon discus*, gonadal development, testes.

RESUMO

Desenvolvimento testicular do acará disco Amazônico, *Symphysodon discus* Heckel

(Osteichthyes: Cichlidae)

A espécie acará disco, *Symphysodon discus*, é um ciclídeo neotropical originário dos igarapés da bacia Amazônica. Apesar de estar sendo popularmente utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental, esta espécie é ainda pouco estudada. Este trabalho teve como objetivo estudar os aspectos o desenvolvimento testicular do acará disco. Para este estudo foram utilizados 40 machos de *S. discus*, de tamanhos diferentes, em várias fases de desenvolvimento gonadal. As gônadas foram pesadas e examinadas macroscopicamente para observar os estádios de maturação e para as observações microscópicas foram utilizadas colorações de hematoxilina-eosina. Os resultados da análise macroscópica apresentaram os estádios de desenvolvimento testicular imaturo, em maturação, maduro e esvaziado. A análise microscópica dos testículos revelou quatro estádios de desenvolvimento ovariano, com espermatogônias e espermatócitos primários e secundários, espermatídes e espermatozóides. Não houve ocorrência de esvaziamento total dos testículos, que foram do tipo espermatogonial irrestrito.

Palavras-chave: *Symphysodon discus*, peixe amazônico, Cichlidae, desenvolvimento testicular.

INTRODUCTION

The red discus, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 is a Neotropical cichlid, which originates from the Amazonian basin, restricted to the lower regions of the River Negro, Abacaxis and Trombetas. *S. discus* lives mainly in clean and tranquil waters and is commercially important since it is extensively used in aquaria and exported as an ornamental fish (Ferraz, 1999).

This species is strikingly different from the other cichlids due to its discoidal and laterally compressed form of the body (Câmara *et al.*, 2002b). This species presents complex reproductive behaviour involving competition for territory and mates, courtship and parental care. The males establish breeding territories utilizing aquatic plants with wide leaves, to which the female gets attracted. Males defending territories are more aggressive and gain priority in courting females (Câmara & Chellappa, 2002).

Ornamental fish culture is gaining popularity and hence there is a growing need for information on the ecology, diet, behaviour and reproduction of these fishes. Though the Neotropical cichlids are considered as very popular ornamental fish, limited scientific information is available regarding their gonadal development and reproduction. An understanding of the gonadal development and reproductive cycle of ornamental fishes is of fundamental importance, for conservation of the natural stocks and for fish culture purposes. This paper reports on the morphological and histological aspects of the testicular development of the Amazonian red discus, *S. discus*.

MATERIAL AND METHODS

STUDY AREA AND SAMPLE COLLECTION

Males of *Symphysodon discus* used in this study were collected, with the help of the local fisherman, from the River Negro of the Amazonian basin. Forty males of *S. discus* were used and the sample size was sufficiently large to allow accurate estimations of the various biometric and histological variables, without depleting the natural population. This study was conducted during the period of April 2002 and July 2003 in the Ichthyology Laboratory of the Department of Oceanography and Limnology, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, Brazil.

MACROSCOPIC EXAMINATION OF TESTES

Fishes were weighed (Quimis Semi-analítica, Modelo QI-3000, precision ± 1 g) and their total lengths were determined (± 1 mm). They were then dissected, sexed and the general appearance of the testes were noted. Testes were removed and weighed (SAUTER, Model D-7470, precision ± 0.1 mg). A four-point maturity scale, based on external appearance was used to classify the maturity stage of the testes. The features used to categorize the testes were size, volume, degree of vascularization (Vazzoler, 1996). Gonadosomatic index was calculated to assess the reproductive status. $GSI = 100$ (weight of the gonads in g) / (total body weight in g).

MICROSCOPIC EXAMINATION OF TESTES

Histological examinations were carried out on sections from the middle region of the testes. The testicular fragments were fixed in Bouin's solution for 24 h and subsequently were transferred 50% ethanol. The fixed testes were embedded in paraffin after dehydration and clearing. Serial sections of 5 μ m thickness were stained with

hematoxylin and eosin (Michalany, 1990). Testicular developmental stages were assessed microscopically with the help of light microscope (Taimin, model TM 800), coupled with a video camera (Kodo Digital). The terminology used for staging the testicular development based on their histological appearance was adapted from Amiri *et al* (1996).

RESULTS

LENGTH, WEIGHT AND GSI OF MALES

Males up to an average total length of 126.14 mm (\pm SD 6.98) and an average total weight of 138.69 (\pm SD 14.39) were immature and presented a low mean GSI (0.01) value. Males of an average total length of 133.43 mm (\pm SD 6.90) and an average total weight of 147.21 (\pm SD 14.76) were maturing and had slightly higher mean value of GSI (0.02). The mature males had an average total length of 141.25 mm (\pm SD 4.87) and an average total weight of 164.52 (\pm SD 3.57), and presented a high GSI value (0.04). The spent males presented low GSI values (0.01) though they were bigger in size, with an average total length of 143.50 mm (\pm SD 0.71) and an average total weight of 164.35 (\pm SD 0.64). **Table 1** shows the average values of total length and weight, besides the GSI values of males in different stages of testicular development.

TESTICULAR MORPHOLOGY

The testes of red discus are paired, narrow and elongate structures, suspended from the posterior-dorsal wall of the coelomic cavity by a short mesorchium, and located ventral to the kidneys and the swimbladder. Each testis has a single seminal duct running along the entire organ. The left and the right testes are symmetrical in size, and a sperm duct arises from each testis. At the caudal end of the testes the two sperm ducts unite to form a common sperm duct, which opens to the exterior between the anus and the excretory pore.

Structures accessory to the reproductive apparatus were not observed. Macroscopic examination of the testes, based on external appearance, was used to classify the maturity stages (**Table 2**).

DEVELOPMENT OF GERM CELLS

In transverse section, the testis is bean-shaped with two distinct zones, an outer blind zone and an inner duct zone. A system of seminiferous tubules passes from the blind zone into the duct zone. Each seminiferous tubule is a coiled, unbranched, closed loop, which encloses the germ cells in different stages of development, depending on the degree of gonad maturation. Blood vessels, interstitial cells and fibrous cells were observed between the seminiferous tubules. The testis is enclosed completely by the tunica albuginea.

Based on the microscopic examination of histological sections of *S. discus* testes, the germinal epithelium was composed of four main types germ cells: spermatogonia, spermatocytes, spermatids and spermatozoa.

There were primary and secondary spermatogonia, of which, the primary spermatogonia were large and occurred in cysts all along the seminiferous tubule. Its nucleus presents chromatin in the periphery of the nuclear membrane. The nucleolus was evident and slightly eccentric in position. The secondary spermatogonia originate from the primary spermatogonia by successive mitotic divisions. Thus, there were found two or more cells per cyst, along with a gradual reduction in the size of the cells. The nucleus varied according to the number of secondary spermatogonia per cyst and always occupied a major part of the cell. Initially, the secondary spermatogonia were similar to the primary spermatogonia, though smaller in size. As the division of the cells proceeds, their nuclei become darker, as a consequence of condensation of chromatin.

The spermatids have spherical nucleus, with chromatin in different degrees of condensation. The production of spermatids initiated the spermiogenetic process, during which spermatids were transformed into spermatozoa, each with rounded head and long thin flagellum. These cells accumulate freely in the seminiferous tubules.

HISTOLOGY OF TESTICULAR DEVELOPMENT

The wall of the testis was very thin and is encased by the peritoneal epithelium. Internally, immediately beneath the wall, short spermatogenic lobules were present. The lobule walls were lined with spermatogenic epithelium, spermatogonia and cysts with spermatocytes and spermatids were present.

On the basis of histological changes testicular development could be divided into the following stages:

Stage I – Immature

During this stage, increasing number of spermatogonia (SG) was present, lined along the periphery of seminiferous tubule. The number of spermatogonia declined, as the seminal lobules became filled with cysts containing primary and secondary spermatocytes (SC) (Figure 1a).

Stage II - Maturing

In the beginning of this stage, the seminiferous tubules were bigger, with cysts of germ cells in advanced stages of maturation. Spermatocytes, spermatids (ST) were observed. During the final phase of this stage, spermatozoa and lesser number of spermatogonia were observed (Figure 1b).

Stage III – Mature

In mature males, the testes are large with a very firm texture, and the seminiferous duct is highly vascularized. Milt runs from the genital pore on slight pressure. Histologically the seminiferous tubules are often packed with many spermatozoa (SZ) and some spermatids (ST), however, some spermatogonia were also present (Figure 2a).

Stage IV – Partially Spent

In this stage, the testes was characterized by enlargement of Sertoli cells on the lobule wall along with residues of germ cells. However, spermatogonia were present in sufficient quantities (Figure 2b).

DISCUSSION

The structure and development of the teleost testes has been the subject several studies (Hoar, 1969; Nagahama, 1983). The testes, according to the organization of the germinal compartments, can be classified as tubular or lobular (Billard *et al.*, 1982; Billard, 1984). Some authors have showed that spermatogenesis occur in lobules of the testes (Grier, 1975; Lo Nostro & Guerrero, 1996), while others have described that spermatogenesis occur in tubes of the testes (Zaniboni Filho & Resende, 1988; Cecílio & Agostinho, 1991).

A revised terminology, based upon comparative morphology between chordate classes, has been applied to the morphology of the fish testis (Grier, 1992; 1993). Anastomosing tubular testes, in which the germinal epithelium is confined to highly interconnected compartments that do not terminate at the periphery of the testis, may be

typical of lower fish (Grier, 1993). Lobular testes, consisting of germinal compartments that terminate at the periphery of the testis, are found in higher fish such as Perciformes. The functional units of spermatogenesis in the germinal epithelium are the spermatocysts in either testis type (Grier & Taylor, 1998). The red discus testis belongs to the lobular type, consisting of germinal compartments that terminate at the periphery of the testis.

The general morphology and microscopic examination of histological sections of testes of the red discus, *S. discus* indicates that it resembles with majority of the teleost fishes. The left and the right testes of the red discus were symmetrical in size, as observed for other cichlids, such as the angelfish, *Pterophyllum scalare* (Dias & Chellappa, 2003) and *Cichla monoculus* (Chellappa *et al.*, 2003). The macroscopic characteristics of testicular developmental stages of the red discus suggests that there is a regular pattern of development for each maturity stage, such as, the immature, maturation, mature and partially spent stages. These results are in agreement with findings from Câmara *et al.*, (2002a; 2003) for *Cichla monoculus*.

Testicular volume change has been used to document reproductive cycles in fish. In *Garra gotyla* annual testicular volumetric changes between the regressed and reproductive testes is about 35 times (Shrestha & Khanna, 1978). Although changes in testicular volume and histology have been used to document annual reproductive cycles in male fish, the underlying mechanisms of testicular growth and regression are not well understood (Grier & Taylor, 1998). In red discus, changes in testis weight through the various stages of gonadal development coincide with four reproductive phases: immature, maturing, mature and partially spent. Each class is defined by an easily discerned histological criterion. Annual testicular volumetric changes between the partially regressed and reproductive testes of the red discus is about six times. This small difference is related to the fact that

this fish is a partial spawner (Câmara *et al.*2002a). A similar observation was made in relation to another cichlid fish, *Geophagus brasiliensis* (Barbieri *et al.*, 1981).

Acknowledgments – Mércia Rocha da Câmara is grateful to CAPES/MEC, for the financial support awarded during the study period.

REFERENCES

- AMIRI, B. M., MAEBAYASHI, M., ADACHI, S. & YAMAUCHI, K. 1996. Testicular development and serum sex steroid profiles during the annual sexual cycle of the male sturgeon hybrid, the bester. *Journal of Fish Biology*, 48, 1039-1050.
- BARBIERI, M.C.; BARBIERI, G. & MARINS, M.A. 1981. Sobre a anatomia e histologia de testículo de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na Represa do Lobo, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, 41(1):169-173.
- BILLARD, R. 1984. Ultrastructural changes in the spermatogonia and spermatocytes of *Poecilia reticulata* during spermatogenesis. *Cell and Tissue Research*, 237, 219-226.
- BILLARD, R., FOSTIER, A., WEIL, C. & BRETON, B. 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 39, 65-79.
- CÂMARA, M. R. & CHELLAPPA, S. 2002. Territorialidade em acará disco, *Symphysodon discus*. In: *Anais do XX Encontro Anual de Etologia*. São Paulo: Associação Brasileira de Etologia, v.1. p.445.
- CÂMARA, M.R., CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. 2002a. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensia* 14 (2): 9-16.
- CÂMARA, M. R., VERANI, J. R., CHELLAPPA, S. 2002b. Descrição morfométrica, merística e produção de muco do acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Cichlidae). In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia*. Curitiba: Associação Brasileira de Zoologia, v.1. p.319.
- CECÍLIO, E.B. & AGOSTINHO, A. A. 1991. Biologia reprodutiva de *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 18290 (Osteichthyes: Siluriformes) no reservatório de Itaipu, PR. I. Estrutura dos testículos e escala de maturidade. *UNIMAR*, 13 (2), 195-209.

- CHELLAPPA, S., CÂMARA, M. R., CHELLAPPA, N.T., BEVERIDGE, M.C.M. & HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*. 63, (1), 17 – 26, 2003.
- DIAS, R. L. & CHELLAPPA, S. 2003. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura. Vol. 2. (Eds. URBINATI, E.C. & CYRINO, J.E.P.) AQUABIO: Jaboticabal, SP. p.135-148.
- DIAS, J.F., PERES-RIO E., CHAVES, P.T.C. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. 1998. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. *Revista Brasileira de Biologia* 58 (1):55-69.
- FERRAZ, E. 1999. Management and diseases of the ornamental fish exported from the rio Negro basin. In: *Biology of Tropical Fish* (Eds. A.L. VAL & V.M.F. ALMEIDA-VAL). Manaus: INPA. 99-111.
- GRIER, H.J. 1975. Aspects of germinal cyst and sperm development in *Poecilia latipinna* (Teleost: Poeciliidae). *Journal of Morphology*. 146, 229-250.
- GRIER, H.J. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoologist*. 21, 345-357.
- GRIER, H.J. 1993. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cells barrier. In: *The Sertoli Cell* (RUSSEL, L.D. & GRISWOLD, M.D. Eds.). Clearwater, FL: Cache River Press, 703-739.
- GRIER, H.J. & TAYLOR, R.G. 1998. Testicular maturation and regression in the common snook. *Journal of Fish Biology*, 53, 521-452.
- GRIER, H.J., LINTON, J.R., LEATHERLAND, J.F. & VLAMING, V. L. 1980. Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. *American*

- Journal of Anatomy*. 159, 331-345.
- HOAR, W.S. 1969. Reproduction. In: *Fish Physiology*. Vol. III (HOAR, W.S. & RANDALL, D.J. Eds.) New York: Academic Press. 1-72.
- Lo NOSTRO, F.L. & GUERRERO, G.A. 1996. Presence of primary and secondary males in a population of the protogynous *Synbranchus marmoratus*. *Journal of Fish Biology*, 49, 788-800.
- MICHALANY, J. 1990. *Técnica histológica em anatomia patológica com instruções para o cirurgião, enfermeiro e citotécnico*. Ed. São Paulo: SP, 247p.
- NAGAHAMA, Y. 1983. Fish Reproduction. In: *Fish Physiology*. Vol. IX A (HOAR, W.S., RANDALL, D.J. & DONALDSON, E.M. Eds.) New York: Academic Press. 223-275.
- SHRESTHA, T.K. & KHANNA, S.S. 1978. Seasonal changes in the testes of a hill stream teleost, *Garra gotyla* (Gray). *Acta Anatomica* 100, 210-220.
- VAZZOLER, A. E. A. M., 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 169p.
- ZANIBONI FILHO, E. & RESENDE, E.K. 1988. Anatomia de gônadas, escala de maturidade e tipo de desova do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleosti: Characidae). *Revista Brasileira de Biologia* 48 (4): 833-844.

TABLE 1

Total length (Lt), total weight (Wt), Stage of gonadal maturity and Gonadosomatic Index (GSI) of the de males of red discus, *S. discus*.

Lt (mm) (x ± SD)	Wt (g) (x ± SD)	Stage of gonadal maturity	GSI (x ± SD)
126.14 ± 6.98	138.69 ± 14.39	Immature	0.01 ± 0.01
133.43 ± 6.90	147.21 ± 14.76	Maturing	0.02 ± 0.01
141.25 ± 4.87	164.52 ± 3.57	Mature	0.04 ± 0.01
143.50 ± 0.71	164.35 ± 0.64	Partially Spent	0.01 ± 0.01

TABLE 2**Macroscopic characteristics of testicular developmental stages in *S. discus*.**

Stage of maturation	Description
Immature	The testes are thread-like with a tubular structure, occupying less than 1/5 of the coelomic cavity, translucent, white in colour, with no visible blood vascularization.
Maturing (developing)	The flattened tubular-shaped testes increase in size, whitish in colour, blood vessels become visible.
Mature (ripe)	The testes have a very firm texture, and the seminiferous duct is highly vascularized. Milt runs from the genital pore on slight pressure. Even at this stage, the testes occupy less space of the coelomic cavity.
Partially Spent	The testes are flaccid but still highly vascularized.

FIGURE 1

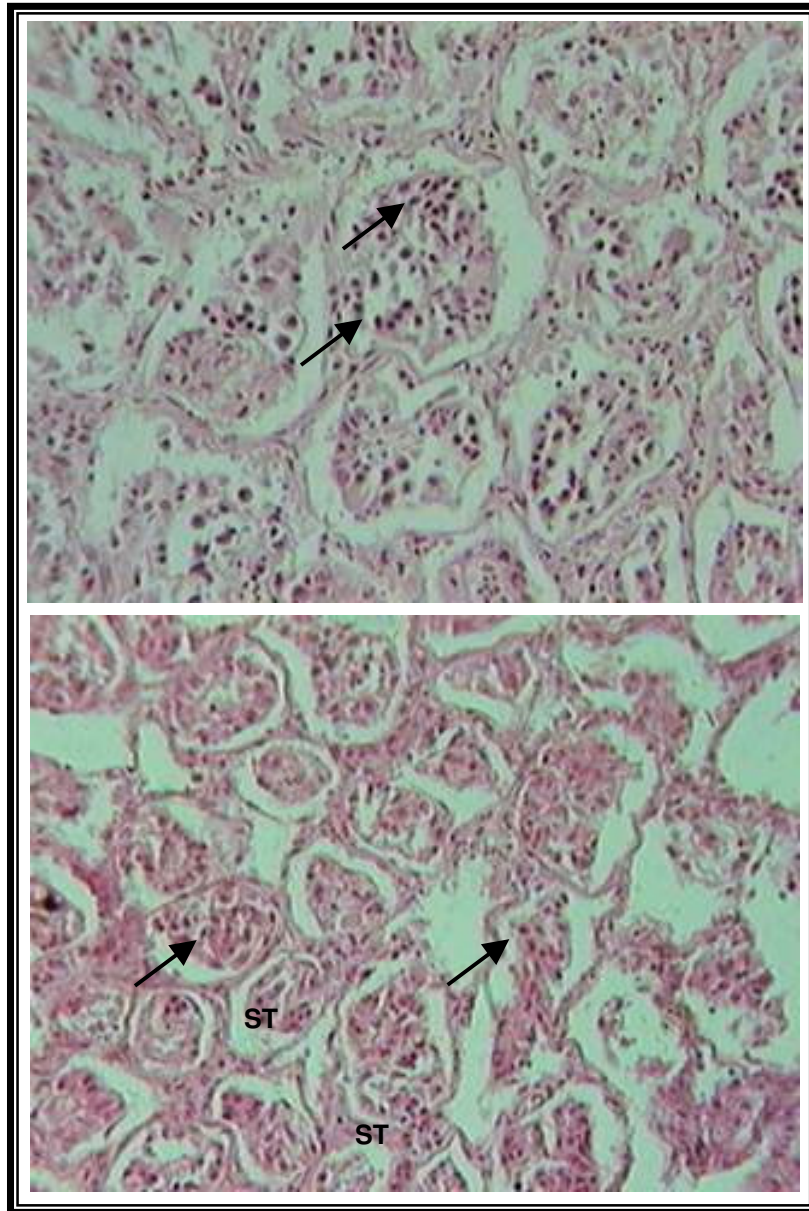


FIGURE 2

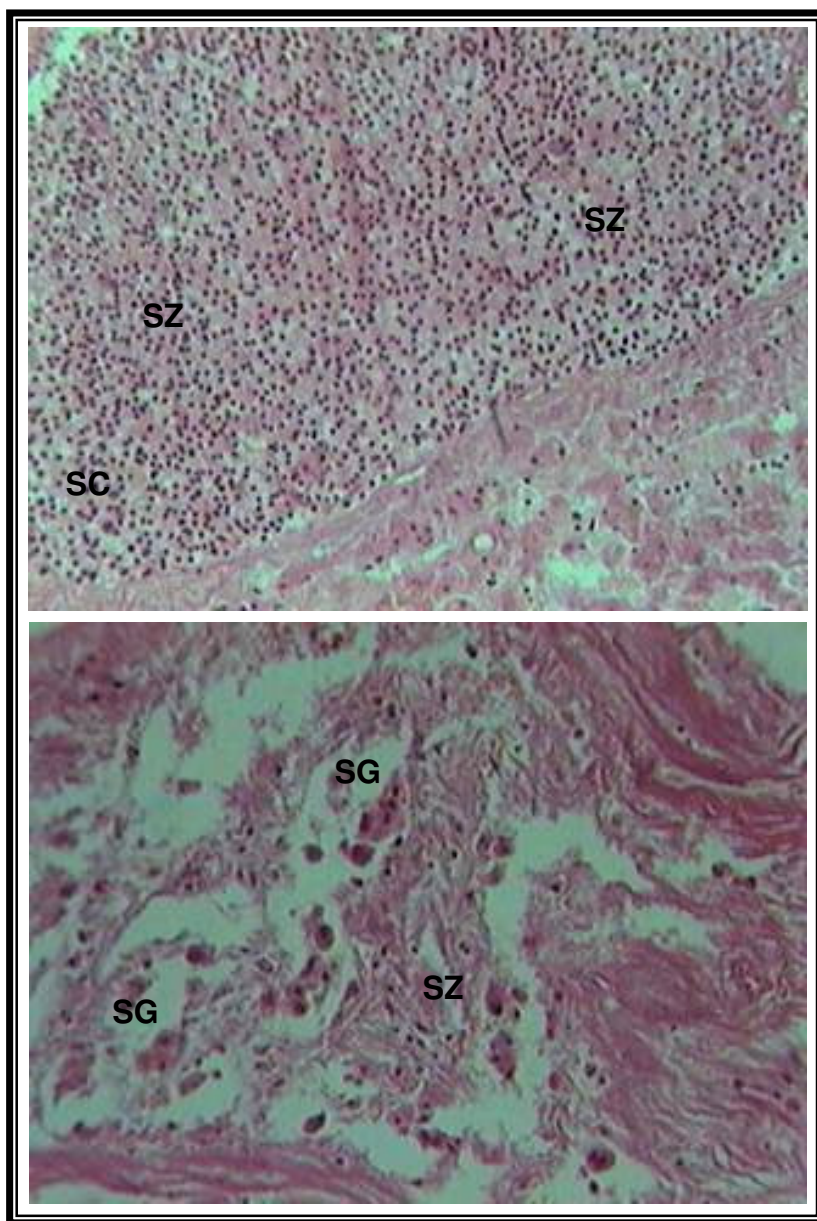


Figure Legends

Figure 1 - Testis of *Symphysodon discus* (a) in the immature stage, showing nest of spermatogonia (arrows). (b) In the maturing stage, showing spermatocytes (arrows) and spermatids (ST). Stained by Hematoxylin-eosin. 100x.

Figure 2 - Testis of *Symphysodon discus* (a) in the mature stage showing predominance of spermatozoa (SZ), besides a small number of spermatocytes (SC). (b) In the partially spent stage showing residuals spermatozoa (SZ), besides a small number of spermatogonia (SG). Stained by Hematoxylin-eosin. 100x.

- Artigo IV -

**COMPORTAMENTO AGRESSIVO E TERRITORIALIDADE ENTRE OS
MACHOS DE *Symphysodon discus* Heckel
NO PERÍODO REPRODUTIVO**

Mércia Rocha da Câmara¹ ; Sathyabama Chellappa²
& José Roberto Verani¹

**(Artigo em preparação, a ser submetido ao
Journal of Fish Biology)**

(Atende ao Objetivo IV)

**COMPORTAMENTO AGRESSIVO E TERRITORIALIDADE ENTRE OS
MACHOS DE *Symphysodon discus* Heckel NO PERÍODO REPRODUTIVO**

M. R. CÂMARA*, S. CHELLAPPA** & J. R. VERANI*

* Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,

Universidade Federal de São Carlos,

Via Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal 676. CEP 13565-905.

São Carlos/SP - Brasil.

Telefax: (16)260-8305.

E-mails: mercia.camara@bol.com.br; verani@power.ufscar.br

** Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática,

Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,

Praia de Mãe Luíza, s/n, Natal, RN, Brazil. CEP: 59.014-100.

Fax: (84) 202.3004. E-mail: bama@dol.ufrn.br

** To whom correspondence should be addressed

ABSTRACT

AGGRESSIVE BEHAVIOUR AND TERRITORIALITY BETWEEN MALES OF RED DISCUS *Symphysodon discus* Heckel DURING THE REPRODUCTIVE PERIOD. The Neotropical red discus fish, *Symphysodon discus* originates from the Amazonian basin. Though this species is popularly used in aquaria and is exported as an ornamental fish, it has not been intensively studied. This work was carried out with an objective to investigate the levels of aggression and territoriality between reproductive males of red discus. Territorial interactions between size mis-matched, sexually mature males of *S. discus* were observed in the neutral condition. Behaviour descriptions resulting from the observations indicate that in the neutral category of territorial fights between two males, the bigger males were more aggressive than the smaller males. The loser fish showed submissive posture and lost the fight. The eventual losers performed both attack and threat at a lower rate than eventual winners. Body size and possession of a territory influence the nature of interactions between reproductive males of red discus. Territory is of fundamental importance for reproduction of this species, and males with established territories were successful in courting with females.

KEY WORDS: Cichlid fish, *Symphysodon discus*, aggression and territoriality.

INTRODUÇÃO

O comportamento reprodutivo dos ciclídeos é bastante complexo envolvendo competição por parceiro e território, além de fases de corte, acasalamento e cuidado parental. Estes frequentemente enfrentam competidores de outras espécies (heteroespecíficos) ou de sua própria espécie (coespecíficos) e utilizam a agressão como meio para enfrentar seus oponentes com o objetivo de conseguir os recursos que lhes são necessários para completar seu ciclo reprodutivo (HUNTINGFORD, 1993; CHELLAPPA, 2000).

Entre esses peixes, a agressividade e a territorialidade são manifestadas principalmente durante a época de reprodução, quando os machos estabelecem território e junto com as fêmeas defendem agressivamente a prole. Durante todo o processo reprodutivo utilizam comportamentos agressivos, como ameaças, ataques e mordidas (CACHO *et al.*, 1999; CHELLAPPA *et al.* 1999a, 1999b e 1999c).

A espécie acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (**Figura 1**), é um ciclídeo neotropical, originário dos igarapés da bacia Amazônica e sua distribuição é restrita às regiões mais baixas dos rios Negro, Abacaxis e Trombetas. *S. discus* apresenta natação lenta, habitando águas tranquilas e límpidas, tornando-se, portanto presa fácil para o homem. Pertence à linhagem Heroini, da Família Cichlidae, na Ordem Perciformes, ainda pouco estudada (KULLANDER, 1998).

Destaca-se entre outros ciclídeos por apresentar o corpo com formato discoidal, variando entre 12 e 20 cm de comprimento. É uma espécie de valor comercial, muito utilizada em aquarofilia e exportada como peixe ornamental (FERRAZ, 1999). No Brasil, a produção de peixes ornamentais e estudos relacionados ao seu comportamento são bem

recentes. O acará disco tem se destacado cada vez mais na piscicultura de peixes ornamentais na região neotropical.

Como outros ciclídeos, *S. discus* manifesta agressividade e territorialidade durante a época reprodutiva (CÂMARA *et al.*, 2002). Geralmente os machos são agressivos e estabelecem e defendem uma área territorial contra outros machos. O tamanho do corpo é considerado como um atributo importante durante os conflitos e também um fator influenciador dos resultados de encontros agonísticos entre os machos desta espécie (CACHO *et al.*, 1999, CHELLAPPA *et al.*, 1999a e b).

Este trabalho faz parte de um estudo sobre os aspectos comportamentais do *S. discus*, tratando mais especificamente sobre a agressividade e territorialidade entre os machos do acará disco durante a época reprodutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Os exemplares de acará disco foram originários dos igarapés da bacia Amazônica. As observações sobre o comportamento reprodutivo foram realizadas no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. As observações sobre o comportamento agressivo e a territorialidade do acará disco foram realizadas durante o período de março a junho de 2002.

Os peixes foram mantidos em aquários de vidro (1,20 x 0,58 x 0,50 m). As condições necessárias à manutenção saudável dos peixes foram mantidas, com temperatura em torno de 27°C, pH entre 6,8 a 7,0 e oxigênio dissolvido entre 7,0 a 8,0 mgL⁻¹. A aeração do aquário foi feita utilizando-se aeradores e mangueiras plásticas. A dieta oferecida diariamente foi *Artemia salina*, correspondendo a 5,0 % do peso do corpo. As observações diárias tiveram uma hora de duração, por meio do método focal contínuo.

Com um ano de idade os acarás disco estavam prontos para iniciar a reprodução. Foram feitas biometrias para registrar o peso, altura e comprimento total. Para diferenciar os peixes maiores e menores, foram considerados maiores os que apresentaram comprimento total superior a 120 mm e os peixes menores, os que apresentaram comprimento total inferior a 120 mm.

Agressividade e territorialidade entre os machos de acará disco

Para as observações de agressão e estabelecimento de território dos machos foram preparados três aquários com fundo de cascalho e areia originária de rio, nos quais foram colocadas plantas de diferentes espécies, com folhas largas (anúbia, *Anubia* sp. e amazonense, *Echinodorus amazonensis*) e estreitas (capim d'água, *Valisneria gigas* e rabo de raposa, *Elodea* sp. (SANTOS, 1981) ou tronco de árvore. A seleção foi confirmada, considerando-se 60% do tempo de cada observação em que os peixes permaneciam próximos a determinado substrato, e a defesa deste substrato de outros competidores.

Foram utilizados vinte machos adultos sexualmente maduros de acará disco, com cerca de um ano de idade, mantidos em condição seminatural em aquário de vidro de 70 x 35 x 40 cm, com capacidade de aproximadamente 100 litros.

Os testes foram iniciados quando dois machos foram colocados simultaneamente num determinado aquário no qual nenhum dos dois se encontrava anteriormente (situação neutra). Os peixes foram observados em sessões de 30 minutos através do método focal contínuo.

Os comportamentos agonísticos exibidos entre os machos durante o estabelecimento de território foram observados e descritos, segundo HUNTINGFORD (1993) e CHELLAPPA *et al.* (1999a). Os critérios adotados para descrever os níveis de

agressividade e a vitória de um competidor foram: **aproximação** (quando os peixes se dirigem um ao outro mantendo entre eles uma distância aproximada de 10 cm); **ameaça** (postura na qual o peixe mantinha a cabeça baixa, com as nadadeiras expandidas); **ataque** (movimento de um peixe em direção ao oponente, com rápidos movimentos natatórios); **mordida** (ferimento do rival com os dentes, através da abertura e fechamento da boca durante o contato) de um dos peixes que levava o outro a uma clara situação de **submissão** (mantendo-se imóvel, com a cabeça elevada durante 60% do tempo total de cada observação) e **fuga** (quando o oponente deixava de encarar o outro e se retirava de forma rápida).

Corte e acasalamento entre casais do acará disco

Foram realizadas as observações para caracterizar os comportamentos apresentados pelos machos e fêmeas durante a fase de corte e acasalamento. Foram utilizados três casais de *S. discus* e cada observação representou três sessões, cada uma com duração de 30 minutos. A escolha do parceiro foi confirmada através da permanência das fêmeas, considerando-se 60% de tempo de cada observação em que elas se mantinham próximas aos machos.

Os critérios adotados para descrever os comportamentos apresentados por machos e fêmeas durante a fase de corte, escolha de substrato e acasalamento foram: a aproximação (quando as fêmeas se dirigiam a um macho), a permanência (quando as fêmeas permaneciam próximas ao macho ou a um determinado substrato), o afastamento (quando as fêmeas nadavam para longe do macho ou do substrato), a postura de corte (uma postura apresentada pelo macho para atrair a fêmea, na qual a cabeça era mantida elevada e as nadadeiras permanentemente fechadas e aderidas ao corpo) e a limpeza de substrato para

desova (movimentos de fricção realizados através do contato da boca, da nadadeira caudal e do próprio ventre com o substrato).

As observações foram feitas através do método focal contínuo e a frequência de ocorrência dos comportamentos foi registrada utilizando-se folhas de registro elaboradas especialmente para cada tipo de observação. O registro da duração dos comportamentos observados foi realizado utilizando-se cronômetros.

RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram que os machos adultos de *S. discus* manifestaram agressividade, estabeleceram territórios e defenderam uma área territorial contra outros machos, durante a fase reprodutiva. Na disputa de território foram comparados os comportamentos de dominância (ameaça, ataque e mordida) e submissão (postura de submissão e fuga) ao longo dos períodos de observação para avaliar as estratégias de vencedores e perdedores.

Comparando a agressividade entre machos maiores e menores em território neutro, foi observado que os machos maiores foram mais agressivos do que os menores, sendo essa diferença significativa (**Figura 2**).

A estratégia adotada pelos perdedores varia em função das características apresentadas pelos vencedores em relação ao tamanho do corpo. A diferença entre a frequência média do comportamento de submissão apresentada pelos machos perdedores diante dos vencedores, de tamanho maior e menor, foi significativa. Quando os vencedores foram machos maiores, os perdedores apresentaram uma tendência ao aumento na frequência de submissão. Quando os vencedores foram machos de menor tamanho, os perdedores diminuíram a frequência de submissão (**Figuras 3 e 4**).

A **Figura 4** mostra a frequência média dos comportamentos apresentados pelos machos perdedores diante dos vencedores de tamanho maior e menor. As observações realizadas para identificar os comportamentos apresentados pelo *S. discus* durante a corte e o acasalamento comprovaram que as fêmeas preferiram os machos de maior tamanho corporal, com território estabelecido.

Com relação à preferência do substrato para desova, os machos de *S. discus* apresentaram maior frequência em substrato de folhas largas, do que em folhas estreitas (**Figura 5**). Quanto à preferência das fêmeas pelos machos, as fêmeas escolheram os machos maiores com território de folhas largas e machos menores, também em território de folhas largas (**Figura 6**).

DISCUSSÃO

Os peixes ciclídeos são territoriais, arrumando o espaço para a construção do ninho para a guarda dos filhotes, enquanto alguns apresentam chocos bucais de ovos. O macho escava depressões para a desova, nas quais a fêmea deposita seus ovos, e em seguida, captam os ovos fertilizados, ou ainda os ovos não fertilizados e o esperma do macho em sua boca, incubando-os (choco bucal) até eclodirem (KEENLEYSIDE, 1991).

Sendo peixes territoriais, são bastante interessantes para os estudos sobre caracteres sexuais secundários (CHELLAPPA et al, 2003) e comportamento reprodutivo (CACHO et al., 1999). Trabalhos sobre o comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* foram realizados, mostrando que as fêmeas tendem a mostrar preferência pelo tamanho corporal e aspectos complexos do comportamento dos machos, como habilidade e experiência parental. (CHELLAPPA et al., 1999a, 1999b e 1999c; CACHO et al., 2000; YAMAMOTO et al., 1999).

O acará disco também se caracteriza por apresentar um comportamento reprodutivo bastante complexo, envolvendo competição por parceiro e território, corte, acasalamento, e escolha de parceiro. Entre os indivíduos desta espécie não há dimorfismo sexual aparente, as diferenças sexuais secundárias entre os machos são, em grande parte, comportamentais. Durante os encontros agressivos entre os machos de acará disco são apresentados comportamentos agressivos, como ameaças, ataques e mordidas.

A diferença de tamanho tem sido reconhecida por vários autores como um dos mais importantes fatores na disputa por território em peixes (TURNER & HUNTINGFORD, 1986; WHORISKEY & WOOTTON, 1986; HUNTINGFORD et al., 1990; TORRICELLI et al., 1993), tal como ocorreu no presente estudo, onde os machos maiores tenderam a ser sempre mais agressivos.

Na agressividade entre machos maiores e menores em território neutro, os machos maiores foram mais agressivos e conseqüentemente obtiveram sucesso em acasalamento. Esses resultados estão de acordo com um estudo de tilápia de Java, *Oreochromis mossambicus* (TURNER & HUNTINGFORD, 1986), onde o tamanho do corpo foi decisivo para o sucesso durante os encontros agonísticos.

A agressividade motivada pela posse de território pode trazer sérios riscos, entretanto os benefícios devem ser compensadores, uma vez que há maior disponibilidade de

alimento, maior disponibilidade de local de desova, maiores oportunidades de acasalamento e reprodução e maior proteção à prole. No acará disco as vantagens da posse de território estão diretamente relacionadas com todos os itens citados, podendo o território ser considerado nessa espécie um pré-requisito para a desova.

A preferência do *S. discus* pelo parceiro indica que o tamanho do corpo do macho e o tipo de substrato disponível para desova são significativamente importantes para a escolha pela fêmea. Portanto, há dois aspectos a destacar na escolha das fêmeas: a preferência por machos maiores e por território de boa qualidade. A escolha da fêmea é considerada como uma estratégia para aumentar seu sucesso reprodutivo, seja pela seleção do melhor macho ou de territórios mais adequados a reprodução. Nesse caso, quando fizeram opção por machos maiores, as fêmeas provavelmente estavam fazendo escolhas adaptativas por parceiros cujos genes iriam intensificar a viabilidade de seus descendentes (NICOLETO, 1995). Além disso, os machos maiores são em geral mais agressivos do que os menores e provavelmente teriam melhores condições para defender a prole (TORRICELLI *et al.*, 1993).

CONCLUSÃO

As interações agonísticas entre machos adultos de acará disco durante a fase reprodutiva e os comportamentos envolvidos com a territorialidade observadas neste trabalho permitiram chegar-se às seguintes conclusões:

Os machos de *S. discus* na fase reprodutiva manifestam agressividade, territorialidade e defesa do território. Os machos apresentam diferenças entre si, em relação ao tamanho do corpo, nível de agressividade e capacidade de defesa de território. Essas diferenças influenciaram na escolha dos machos pelas fêmeas.

Os machos maiores apresentam maior agressividade que machos menores. As fêmeas escolhem claramente machos maiores com território de boa qualidade para a desova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CACHO, M.S.R.F., YAMAMOTO, M.E. & CHELLAPPA, S. 1999. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (Osteichthyes: Cichlidae) *Revista Brasileira de Zoologia*. 16:653-664.

CACHO, M. S. R. F.; CHELLAPPA, S. & YAMAMOTO, M. E. 2000. Efeito da interação social intra-específica na sobrevivência da prole em acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. *Revista de Ecologia Aquática Tropical*. 10: 95 – 99.

CÂMARA, M.R., VERANI, J.R. & CHELLAPPA, S. 2002. Descrição morfométrica, merística e produção de muco do acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Cichlidae). *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia*. p. 91.

CÂMARA, M.R.; CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. 2002. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus* um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14 (2), 9 – 16, 2002.

CHELLAPPA, S. 2000. A Review on Reproductive strategies and Ecology of Cichlid fishes in North-eastern Brazil. *Revista de Ecologia Aquática Tropical*, Editora da UFRN, Natal,RN:10,5-11.

CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M. E. & CACHO, M.S.R.F. 1999a. Reproductive behaviour and ecology of two species of Cichlid fishes. In: *Biology of Tropical Fish* (Eds. A.L. VAL & V.M.F. ALMEIDA-VAL). Manaus: INPA. 113 – 126.

CHELLAPPA, S., YAMAMOTO, M.E., CACHO, M.S.R.F. & HUNTINGFORD, F.A. 1999b. Prior residence, body size and the dynamics of territorial disputes between male freshwater angelfish. *Journal Fish Biology*, 55(1):775-783.

CHELLAPPA, S.;YAMAMOTO, M. E., CACHO, M.S.R.F. & HUNTINGFORD, F.A. (1999c). The dynamics of conflict resolutions in a Neotropical Cichlid fish, *Pterophyllum scalare*. In: Proceedings of the XXVI International Ethological Conference. Bangalore, Índia: Blackwell Science. 153.

CHELLAPPA, S ;, CÂMARA, M.R. & CHELLAPPA, N.T. 2003 Ecology of *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae) from a reservoir in the semi-arid region of Brazil. *Hydrobiologia*, 504, 267 – 273, 2003.

FERRAZ, E. 1999. Management and diseases of the ornamental fish exported from the rio Negro basin. In: *Biology of Tropical Fish* (Eds. A.L. VAL & V.M.F. ALMEIDA-VAL). Manaus: INPA. 99-111.

HUNTINGFORD, F. A. 1993. Development of behaviour in fish. In: Behaviour of Teleost Fishes. Pitcher, T.J. (ed.) p. 57 – 83, London: Chapman & Hall. 715.

HUNTINGFORD, F.A.; METCALFE, N.B.; THORPE, J. E.; GRAHAN, W.D. & ADAMS, C.E. 1990. Social dominance and body size in Atlantic-salmon parr, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology*. 36: 877-881.

KEENLEYSIDE, M. H. A. 1991. Parental care. In: M. H. A. Keenleyside (ed.), Cichlid Fishes: Behaviour Ecology and Evolution. London: Chapman and Hall, 190-208.

KULLANDER, S. O., 1998. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498. In L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M. Lucena & C.A.S. Lucena (Eds.) *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre, EDIPUCRS. 603 p.

SANTOS, E. 1981. *Peixes de água doce: Vida e costumes dos peixes do Brasil*. Rio de Janeiro: Briguier, 278p.

NICOLETO, P. F. 1995. Offspring quality and female choice in guppy, *Poecilia reticulata*. *Animal Behaviour*. 49: 377 – 387.

TORRICELLI, P.; LUGLI, M. & BOBBIO, L. 1993. The importance of male-male competition and sexually selected dimorphic traits for male reproductive success. In: F. . Huntingford & P. Torricelli (eds.) *Behavioural Ecology of Fishes*. Chue: Harwood. 231 – 256.

TURNER, G. F. & HUNTINGFORD, F.A 1986. A problem for game theory analyses: assessment and intention in male mouth brooder contests. *Animal Behaviour*. 34: 961-970.

WHORISKEY, F. G. & WOOTTON, R. J. 1986. The role of two environmental variables in determining dominance in threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Proceedings of the Symposium on the Behaviour of Fishes*. Bangor, U.K. 26 p.

YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S.; CACHO, M. S. R. F. & HUNTINGFORD, F.A.
(1999). Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. *Journal Fish
Biology*. 55(4): 888 – 891.

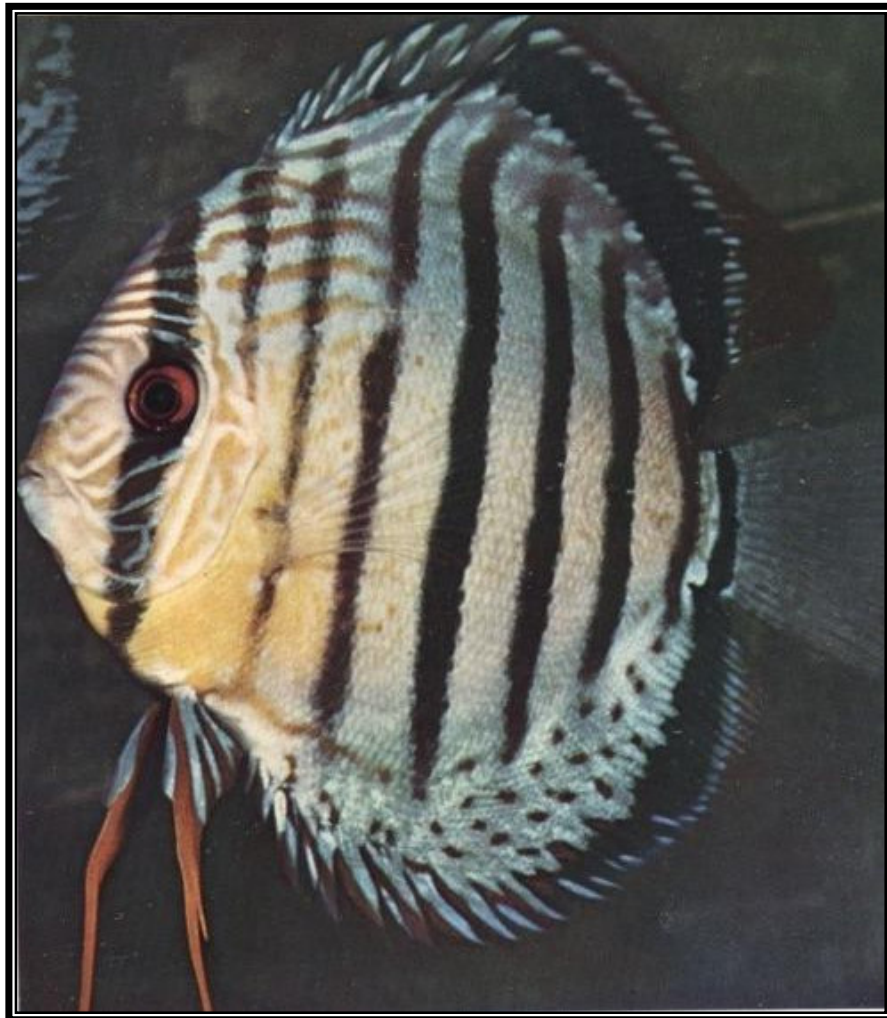


Figura 1 - Acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840.

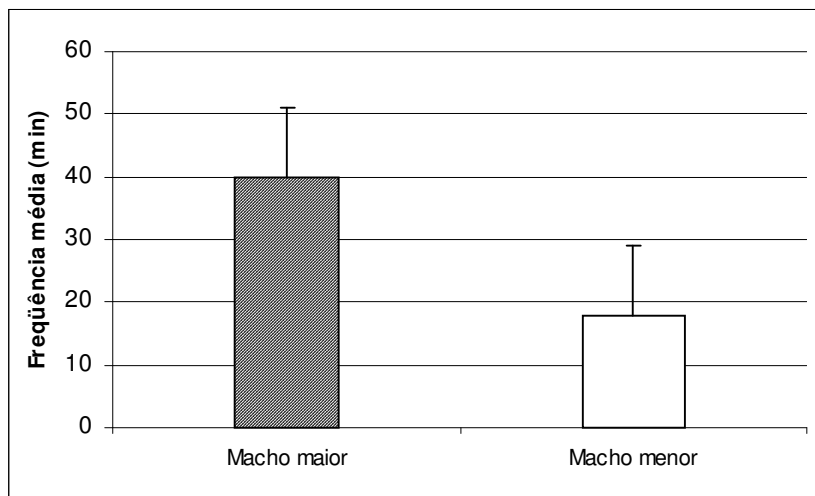


Figura 2 – Frequência de agressão entre machos de *S. discus* de tamanhos diferentes.

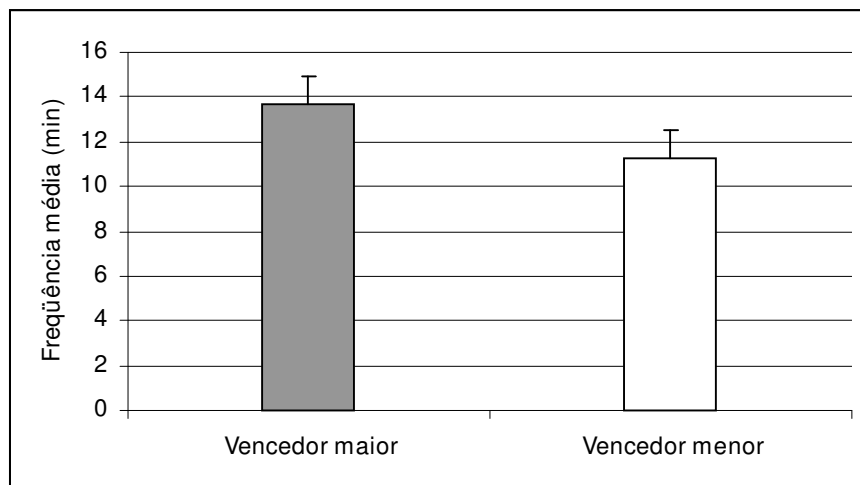


Figura 3 – Frequência média de submissão de *S. discus* apresentada pelos machos perdedores na presença dos machos vencedores, de tamanhos diferentes.

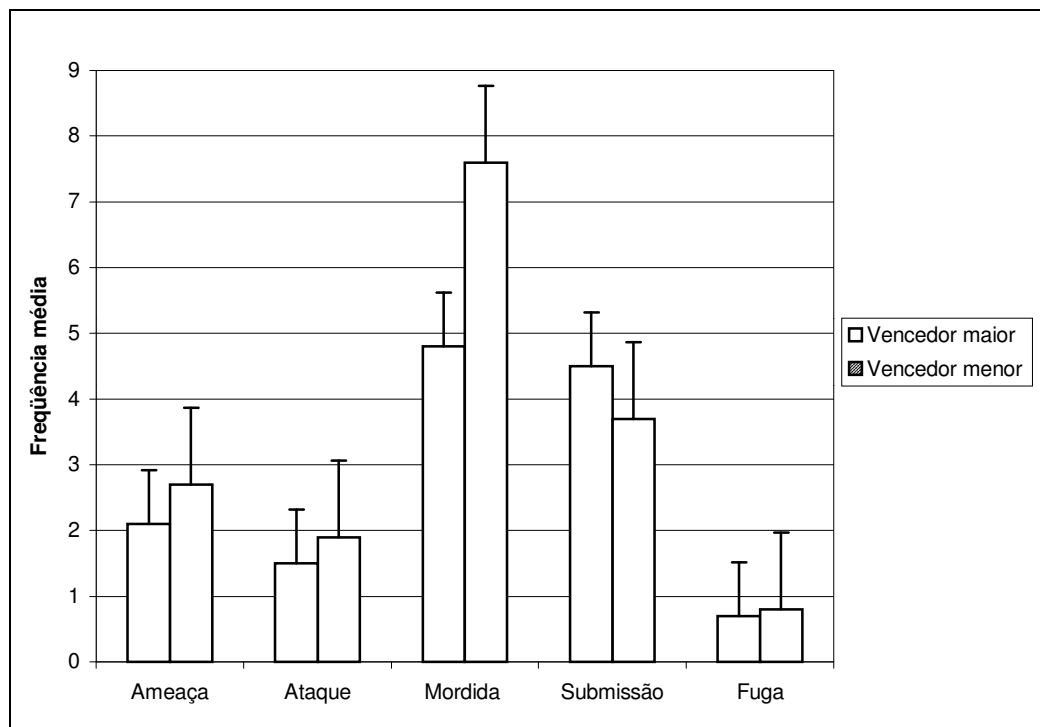


Figura 4 - Frequência média dos comportamentos apresentados pelos machos perdedores diante dos vencedores de tamanho maior e menor.

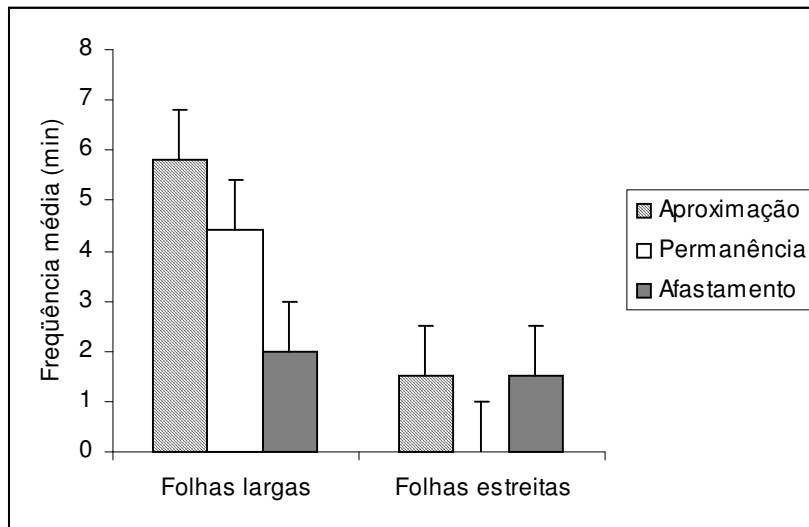


Figura 5 – Frequência média apresentada pelas fêmeas de *S. discus* indicando a preferência do substrato para desova.

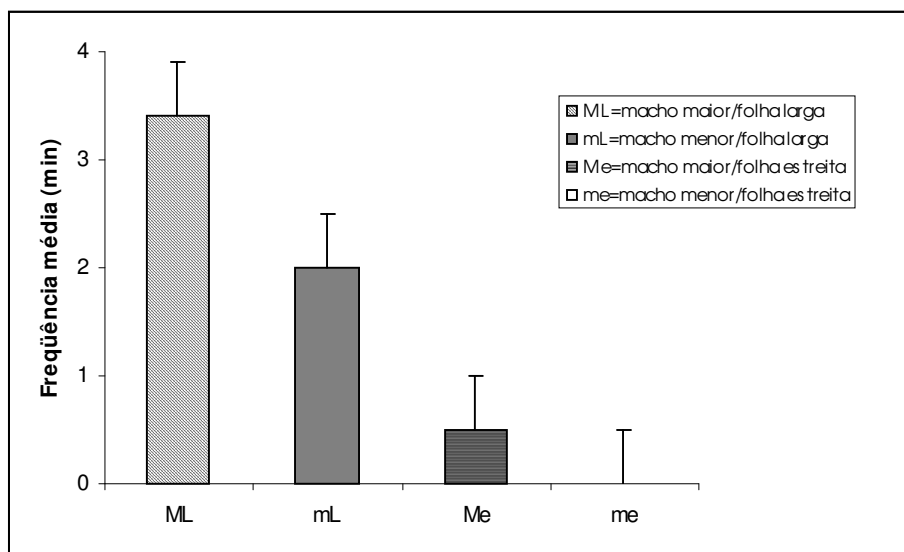


Figura 6 – Frequência média apresentada pelas fêmeas de *S. discus* indicando a preferência por machos com relação ao território.

5. Discussão Geral

5. DISCUSSÃO GERAL

Nos aspectos reprodutivos dos peixes, o desenvolvimento gonadal tem sido alvo de estudos com finalidade de se ter um conhecimento correto acerca de suas diversas fases de maturação sexual (POTTS & WOOTTON, 1984). Muitas vezes, pelo fato das espécies ícticas não apresentarem dimorfismo sexual aparente, torna-se importante que se recorra ao exame das gônadas a fim de determinar-se corretamente o sexo através de exame macroscópico, levando em consideração o seu tamanho, coloração, turgidez, fluidez do sêmen ou presença de ovócitos, bem como o grau de irrigação dos vasos sanguíneos (ALVES & ARAGÃO, 1973). Contudo, as observações macroscópicas das gônadas dos peixes, na maioria das vezes, não são suficientes para que os estádios de maturação sejam bem definidos. Por essa razão, geralmente se recorre aos estudos microscópicos, a fim de garantir uma correta caracterização de cada fase de maturação gonadal (SILVA & ESPER, 1991; VAZZOLER, 1996).

- **Desenvolvimento ovariano de *S. discus***

A **morfologia geral dos ovários** de *Symphysodon discus* coincide com a da maioria dos teleósteos e a simetria observada dos ovários direito e esquerdo estão em concordância com a dos ciclídeos, como em acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (DIAS & CHELLAPPA, 2002; 2003), tucunaré, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.* 2002a) e acará topete, *Geophagus brasiliensis* (BARBIERI *et al.*, 1981).

A **classificação macroscópica dos ovários** de *S. discus* sugere que ocorre certa padronização no desenvolvimento ovariano para cada estágio de maturação, como os estádios imaturos, em maturação, maduro e parcialmente esgotado, concordando com os resultados obtidos por CÂMARA *et al.*, (2002a).

A **avaliação microscópica dos ovários** de *S. discus* identificou vários estádios de maturação gonadal: Imaturo, em maturação, maduro e esvaziado (parcialmente). Nas fêmeas maduras as gônadas apresentaram todas as fases de desenvolvimento ovocitário, corroborando o fato de que a espécie apresenta desova do tipo parcelada, como em outros ciclídeos, tais como o híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* (CÂMARA & CHELLAPPA, 2000), o tucunaré amazônico, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002a) e o acará bandeira, *P. scalare* (DIAS & CHELLAPPA, 2003).

Os ovários em estágio imaturo caracterizaram-se pela ocorrência de células germinativas jovens e ovócitos do estoque de reserva, conforme observado em *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002a) e *P. scalare* (DIAS & CHELLAPPA, 2003). No estágio em maturação, as gônadas apresentaram duas fases, em que as lamelas ovígeras e os ninhos de células germinativas estiveram bem evidenciados. O mesmo foi verificado por BARBIERI *et al.* (1981) para o acará topete, *Geophagus brasiliensis*.

- **Fecundidade e tipo de desova**

A **fecundidade** é um dos aspectos mais relevantes na biologia reprodutiva, porém torna-se pouco abordada em estudos sobre a biologia e ecologia dos peixes amazônicos (SANTOS & FERREIRA, 1999). Segundo VAZZOLER (1996), é importante distinguir entre fecundidade por lote (número de ovócitos eliminados a cada desova) e fecundidade por período reprodutivo (número de total de ovócitos eliminados durante um período reprodutivo). Os valores mínimos e máximos de ovócitos eliminados a cada desova do acará disco, *S. discus*, foram de 339 e 696 ovócitos maduros, respectivamente. A média de ovócitos eliminados a cada desova foi de 536 ovócitos.

A relação entre a fecundidade e o peso total do corpo e a fecundidade e o peso das gônadas foi do tipo linear, sendo correlacionadas positivamente. Estas relações demonstram que a fecundidade aumenta com o incremento do peso do corpo e das gônadas. O aumento da fecundidade deve-se ao fato de que existem, além das outras células germinativas em desenvolvimento, fontes renováveis e contínuas de ovócitos a partir do epitélio folicular, o que explica o incremento nos valores da fecundidade com o peso das gônadas.

Segundo VAZZOLER (1996), o **tipo de desova** nos peixes é determinado pela interação entre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário, a frequência de desovas dentro de um período reprodutivo e o número desses períodos durante sua vida. Isto demonstra a capacidade adaptativa das espécies às flutuações ambientais.

Um dos critérios freqüentemente utilizados para determinar o tipo de desova dos teleósteos é a análise da distribuição de freqüência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos intra-ovarianos, durante o desenvolvimento gonadal (GODINHO *et al.*, 1977; ROMAGOSA *et al.*, 1985). As espécies com desova total eliminam todos os ovócitos maduros de uma só vez, durante um período reprodutivo, enquanto aqueles com desova múltipla ou parcelada o fazem mais de uma vez, em lotes, por exemplo, tucunaré, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002a), traíra, *Hoplias malabaricus* (MARQUES *et al.* 2000) e híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus* (CÂMARA & CHELLAPPA, 2000).

No presente trabalho verificou-se que para *S. discus*, em ovários no estágio maduro, ocorreram vários grupos de ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, sugerindo posturas sucessivas durante um único período reprodutivo, caracterizando assim a desova do tipo múltipla ou parcelada, com desenvolvimento ovocitário sincrônico em mais de dois grupos.

Os peixes que apresentam esse tipo de desova o fazem mais de uma vez, em lotes, como o tucunaré, *Cichla monoculus* (CÂMARA *et al.*, 2002a). No presente trabalho foi verificado que a distribuição de freqüência de ocorrência do diâmetro dos ovócitos em intervalos de 250 µm evidencia um desenvolvimento do tipo sincrônico em mais de dois grupos, em que ocorreram vários grupos de ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, sugerindo posturas sucessivas durante um único período reprodutivo, indicando a desova da espécie do tipo múltipla ou parcelada.

- **Desenvolvimento testicular de *S. discus***

A **morfologia geral dos testículos** de *Symphysodon discus* coincide com a da maioria dos teleósteos e a simetria observada dos testículos direito e esquerdo estão em concordância com a dos ciclídeos, como no acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (DIAS & CHELLAPPA, 2002; 2003) e no tucunaré comum, *Cichla monoculus* (CHELLAPPA *et al.*, 2003b). A classificação macroscópica dos testículos de *S. discus* sugere que ocorre certa padronização no desenvolvimento testicular para cada estágio de maturação, como os estádios imaturos, em maturação, maduro e esvaziado, concordando com os resultados obtidos por CÂMARA *et al.* (2002a e b).

A estrutura e o desenvolvimento testicular dos teleósteos têm sido bastantes estudados (HOAR, 1969; NAGAHAMA, 1983). De acordo com a organização dos compartimentos germinativos, os testículos podem ser classificados como tubulares ou lobulares (BILLARD *et al.*, 1982; BILLARD, 1984). Alguns autores mostraram que a espermatogênese ocorre nos lóbulos dos testículos (GRIER, 1975; Lo NOSTRO & GUERRERO, 1996), enquanto outros descreveram que a espermatogênese ocorre nos túbulos (ZANIBONI FILHO & RESENDE, 1988; CECÍLIO & AGOSTINHO, 1991).

Uma terminologia revisada, baseada na morfologia comparativa entre classes de cordados tem sido aplicada na morfologia dos testículos dos peixes. A anastomose dos testículos tubulares, na qual o epitélio germinativo está confinado a compartimentos altamente interconectados que não terminam na periferia dos testículos pode ser típica dos peixes inferiores (GRIER, 1993). Testículos

lobulares, consistindo de compartimentos germinativos que terminam na periferia dos testículos são encontrados em peixes superiores, como nos Perciformes. As unidades funcionais da espermatogênese no epitélio germinativo são os espermatocistos em ambos os tipos testiculares (GRIER & TAYLOR, 1998). Os testículos do acará disco pertencem ao tipo lobular, consistindo de compartimentos germinativos que terminam na periferia dos testículos.

Mudanças no volume dos testículos têm sido usadas para documentar ciclos reprodutivos em peixes. No ciprinídeo *Garra gotyla*, os testículos mudam de volume anualmente entre os reprodutivos e os esgotados cerca de 35 vezes. (SHRESTHA & KHANNA, 1978). Embora as mudanças no volume testicular e a histologia tenham sido usadas para documentar ciclos reprodutivos anuais em peixes machos, os mecanismos que servem de base para o crescimento testicular e a regressão não estão bem explicados (GRIER & TAYLOR, 1998). No acará disco, mudanças no peso dos testículos durante os vários estádios de desenvolvimento gonadal coincidem com quatro fases reprodutivas imaturo, em maturação, maduro e parcialmente esgotado. Cada classe é definida com base em critérios histológicos. Mudanças anuais no volume testicular entre os parcialmente esgotados e os testículos reprodutivos de acará disco ocorrem cerca de seis vezes. Estas pequenas diferenças são relatadas pelo fato de que esta espécie apresenta desova parcelada. Uma observação semelhante foi feita com relação a outros ciclídeos, como no acará topete, *Geophagus brasiliensis* (BARBIERI *et al.*, 1981).

O **Índice Gonadossomático** tem sido utilizado por diversos pesquisadores como forma de medir a atividade gonadal e, conseqüentemente, determinar estádios de maturidade e época de desova. Esse índice pode ser considerado como melhor indicador do período de desova. CHELLAPPA (1988), CHELLAPPA *et al* (1989) e HUNTINGFORD *et al.* (2001) utilizaram os valores médios mensais desse índice para determinar a época de reprodução e a variação das reservas energéticas do esgana-gata de três espinhos, *Gasterosteus aculeatus*.

A relação entre a fecundidade e o peso total do corpo e a fecundidade e o peso das gônadas de *S. discus* foi do tipo linear, sendo correlacionadas positivamente. Essas relações demonstram que a fecundidade aumenta com o incremento do peso do corpo e das gônadas. As fêmeas maduras, cujas gônadas apresentaram ovócitos vitelogênicos, apresentaram maior valor de IGS, em comparação com as fêmeas em outros estádios de maturação.

- **Comportamento reprodutivo dos ciclídeos**

Os ciclídeos são peixes que apresentam grande diversidade no comportamento social. O **comportamento reprodutivo dos ciclídeos** é bastante complexo envolvendo competição por parceiro e território, além de fases de corte, acasalamento e cuidado parental (CACHO, 1997; CHELLAPPA, 2000). Na natureza, para esses peixes se reproduzirem, normalmente enfrentam outros competidores da mesma espécie (coespecíficos) ou de espécies diferentes (heteroespecíficos) e usam a agressão como meio para enfrentar seus oponentes. Entre esses peixes, a agressividade e a territorialidade são manifestadas principalmente durante a época de reprodução, quando os machos

estabelecem território e junto com as fêmeas defendem agressivamente a prole. Durante todo o processo reprodutivo utilizam comportamentos agressivos, como ameaças, ataques e mordidas (CACHO *et al.*, 1999; CHELLAPPA *et al.*, 1999a; 1999b e 1999c; YAMAMOTO *et al.*, 1999).

A assimetria de tamanho tem sido reconhecida por vários autores como uma das mais importantes na disputa por território em peixes (TURNER & HUNTINGFORD, 1986; WHORISKEY & WOOTTON, 1986; HUNTINGFORD *et al.*, 1990; TORRICELLI *et al.*, 1993) tal como ocorreu no presente estudo, onde os machos maiores tendiam a ser sempre mais agressivos.

Na agressividade entre machos maiores e menores em território neutro, os machos maiores foram mais agressivos e conseqüentemente obtiveram sucesso em acasalamento. Esses resultados estão de acordo com um estudo de tilápia de Java, *Oreochromis mossambicus* (TURNER & HUNTINGFORD, 1986), onde o tamanho do corpo foi decisivo para o sucesso durante os encontros agonísticos.

A agressividade motivada pela posse de território pode trazer sérios riscos; entretanto, os benefícios devem ser compensadores, uma vez que há maior disponibilidade de alimento, maior disponibilidade de local de desova, maiores oportunidades de acasalamento e reprodução e maior proteção à prole. No acará disco as vantagens da posse de território estão diretamente relacionadas com todos os itens citados, podendo o território ser considerado nessa espécie um pré-requisito para a desova.

A preferência do parceiro pelo acará disco indica que o tamanho do corpo do macho e o tipo de substrato disponível para desova foram significativamente importantes para a escolha da fêmea. Portanto, há dois aspectos a destacar na escolha das fêmeas: a preferência por machos maiores e por território de boa qualidade. A escolha da fêmea é considerada como uma estratégia para aumentar seu sucesso reprodutivo, seja pela seleção do melhor macho ou de territórios mais adequados a reprodução. Nesse caso, quando fizeram opção por machos maiores, as fêmeas provavelmente estavam fazendo escolhas adaptativas por parceiros cujos genes iriam intensificar a viabilidade de seus descendentes (NICOLETO, 1995). Além disso, os machos maiores são em geral mais agressivos do que os menores e provavelmente teriam melhores condições para defender a prole (TORRICELLI *et al.*, 1993).

Os resultados obtidos revelaram que os machos adultos de *S. discus* manifestaram agressividade, estabeleceram territórios e defenderam uma área territorial contra outros machos, durante a fase reprodutiva. Comparando a agressividade entre machos maiores e menores, foi observado que os machos maiores foram mais agressivos do que os menores, com diferença significativa.

A frequência média do comportamento de submissão apresentada pelos machos perdedores diante dos vencedores, de tamanho maior e menor, foi significativa. Quando os vencedores foram machos maiores, os perdedores apresentaram uma tendência ao aumento na frequência de submissão. Quando os vencedores foram machos de maior tamanho, os perdedores diminuíram a frequência de submissão.

Os resultados observações para identificar os comportamentos apresentados pelo *S. discus* durante a corte e acasalamento comprovaram que as fêmeas preferiram os machos de maior tamanho corporal, com território estabelecido.

• Considerações finais

Uma característica marcante do acará disco, *S. discus*, é a secreção de muco por glândulas do tegumento, que envolve o tegumento dos peixes adultos durante a fase reprodutiva. Este muco serve de alimento para os filhotes e cessa após a época da cria (HILDEMANN, 1959; PEREIRA, 1976 e CÂMARA *et al.*, 2002b).

Esta fase apresenta um estágio muito interessante, porém de curta duração no ciclo de vida do acará disco. Devido a este fato, juntamente com a alta taxa de mortalidade dos peixes, tanto adultos quanto larvas recém-nascidas, não foi possível estudar com detalhes esta particularidade da espécie.

Espera-se então que em pesquisas posteriores seja possível um estudo detalhado desta fase, incluindo a histologia das glândulas secretoras de muco, a verificação da composição bioquímica do muco secretado pelos peixes, a variação na quantidade de muco secretado por machos e fêmeas e a duração exata da produção de muco.

6. Conclusões

6. CONCLUSÕES

Os estudos realizados sobre a biologia reprodutiva do ciclídeo neotropical ornamental acará disco, *Symphysodon discus* permitiram chegar-se às seguintes conclusões:

Desenvolvimento ovariano

- A caracterização macroscópica do *S. discus* estabeleceu uma escala de maturação para fêmeas em quatro estádios: imaturo, em maturação, maduro e esvaziado e a análise microscópica dos ovários permitiu estabelecer cinco fases, com cinco estádios sendo Fases I e II correspondentes ao estágio imaturo, Fases II e III correspondentes ao estágio em maturação I, Fases IV e V correspondentes ao estágio em maturação II e as Fases I a V correspondentes aos estádios maduro e parcialmente esgotado.

Fecundidade e tipo de desova

- A fecundidade é considerada baixa e apresenta uma relação positiva com o peso do corpo e das gônadas.
- O tipo de desova é sincrônico em mais de dois grupos, caracterizando a desova do tipo parcelada. As fêmeas maduras apresentaram gônadas com as diversas fases de desenvolvimento ovocitário, confirmando o tipo de desova.

Desenvolvimento testicular

- A avaliação microscópica dos testículos identificou quatro estádios de maturação gonadal: Imaturo, em maturação, maduro e parcialmente esvaziado. Os machos maduros apresentaram gônadas com todas as fases de desenvolvimento testicular. Mudanças no peso dos testículos durante os vários estádios de desenvolvimento gonadal coincidem com as quatro fases reprodutivas: imaturo, em maturação, maduro e parcialmente esgotado.

Comportamentos de agressividade e territorialidade

- Os machos na fase reprodutiva manifestaram agressividade, territorialidade e defesa do território, apresentando diferenças entre si, em relação ao tamanho do corpo, nível de agressividade e capacidade de defesa de território. Essas diferenças influenciaram na escolha dos machos pelas fêmeas.
- Os machos maiores apresentaram maior agressividade que os menores. Os que estabeleceram território foram preferidos pelas fêmeas para acasalamento.

7. Referências Bibliográficas

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A.A; NARAHARA, Y.M. & GODINHO, H.M. Morfologia dos ovários de *Plecostomus commersonii* (Valenciennes, 1840). Osteichthyes: Loricariidae: Desenvolvimento dos ovócitos e escala de maturidade. *Revista Brasileira de Biologia*, 42 (1) 71-77, 1982.

ALVES, M.I.M. & ARAGÃO, L.P. Maturação sexual da biquara, *Haemulon plumieri* Lacepède (Pisces: Pomadasyidae). *Arquivos de Ciências do Mar*, 13 (2), 69-76, 1973.

AMIRI, B. M.; MAEBAYASHI, M.; ADACHI, S. & YAMAUCHI, K. Testicular development and serum sex steroid profiles during the annual sexual cycle of the male sturgeon hybrid, the bester. *Journal of Fish Biology*, 48, 1039-1050, 1996.

BARBIERI, G.E. & BARBIERI, M.C. Dinâmica da reprodução de *Gymnotus carapo* (Pisces, Gymnotidae) na Represa do Lobo, Estado de São Paulo. Influência de fatores abióticos. *Tropical Ecology*, 24, 124-132, 1983.

BARBIERI, M.C.; BARBIERI, G. & MARINS, M.A. Sobre a anatomia e histologia de testículo de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na Represa do Lobo, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, 41(1):169-173, 1981.

BILLARD, R. Ultrastructural changes in the spermatogonia and spermatocytes of *Poecilia reticulata* during spermatogenesis. *Cell and Tissue Research*, 237, 219-226, 1984.

BILLARD, R.; FOSTIER, A.; WEIL, C. & BRETON, B. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 39, 65-79, 1982.

CACHO, M.S.R.F. **Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare***. Dissertação, Mestrado, UFRN, Natal, Brasil, 1997, 75p.

CACHO, M.S.R.F. **Sistema de acasalamento e sucesso reprodutivo em acará bandeira, *Pterophyllum scalare***. Tese, Doutorado, UFRN, Natal, Brasil, 2002, 127p.

CACHO, M.S.R.F.; YAMAMOTO, M.E. & CHELLAPPA, S. Comportamento agressivo entre machos de acará bandeira, *Pterophyllum scalare* durante a fase reprodutiva. *Boletim do Departamento de Oceanografia e Limnologia*, 9:19-23, 1996.

CACHO, M.S.R.F.; YAMAMOTO, M.E. & CHELLAPPA, S. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (Osteichthyes: Cichlidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16:653-664, 1999.

CACHO, M.S.R.F.; CHELLAPPA, S. & YAMAMOTO, M.E. Efeito da interação social intra-específica na sobrevivência da prole em acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. *Revista de Ecologia Aquática Tropical*, 10:95-99, 2000.

CACHO, M.S.R.F.; CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M.E. & HUNTINGFORD, F.A. Preferência das fêmeas relacionada ao perfil comportamental dos machos em acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (Osteichthyes: Cichlidae). In: *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia*. p.151, 2001.

CÂMARA, M.R. **Ecologia e reprodução do tucunaré comum, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae) da barragem Campo Grande, RN.** Dissertação, Mestrado, UFRN, Natal, Brasil, 1998, 79p.

CÂMARA, M.R. & CHELLAPPA, S. Reprodução nas fêmeas do híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Revista de Ecologia Aquática Tropical*, 10: 77-83, 2000.

CÂMARA, M. R. & CHELLAPPA, S. Territorialidade em acará disco, *Symphysodon discus*. In: *Anais do XX Encontro Anual de Etologia*. São Paulo: Associação Brasileira de Etologia, v.1. p.445, 2002.

CÂMARA, M.R.; CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensia* 14 (2): 9-16, 2002a.

CÂMARA, M. R.; VERANI, J. R., CHELLAPPA, S. Descrição morfométrica, merística e produção de muco do acará disco, *Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Cichlidae). In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia*. Curitiba: Associação Brasileira de Zoologia, v.1. p.319, 2002b.

CASTAGNOLLI, N. & CYRINO, J.E.P. **Piscicultura nos trópicos**. São Paulo: Manole, 1986, 152 p.

CECÍLIO, E.B. & AGOSTINHO, A. A. Biologia reprodutiva de *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 18290 (Osteichthyes: Siluriformes) no reservatório de Itaipu, PR. I. Estrutura dos testículos e escala de maturidade. *UNIMAR*, 13 (2), 195-209, 1991.

CHELLAPPA, S. **Energy reserves in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. (Pisces, Gasterosteidae): Annual variation and relation to reproductive aggression**. Tese, Doutorado, University of Glasgow, Escócia, Reino Unido, 1988, 289p.

CHELLAPPA, S. A review on reproductive strategies and ecology of cichlid of north-eastern Brazil. *Revista de Ecologia Aquática Tropical* 10, 5-11, 2000.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R. & CHELLAPPA, N.T. Ecology of *Cichla monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae) from a reservoir in the semi-arid region of Brazil. *Hydrobiologia*, 504, 267-273, 2003a.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N.T.; BEVERIDGE, M.C.M. & HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*. 63(1)17-26, 2003b.

CHELLAPPA, S.; HUNTINGFORD, F. A.; STRANG, R.H. & THOMSON, R.Y. Annual variation in energy reserves in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. (Pisces, Gasterosteidae). *Journal of Fish Biology*, 35, 575-586, 1989.

CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M.E. & CACHO, M.S.R.F. Reproductive behaviour and ecology of two species of Cichlid fishes. In: A.L. Val & V.M.F. Val (Eds.) **Biology of Tropical Fishes**. Manaus: INPA. 1999a, 113-126.

CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M.E.; CACHO, M.S.R.F. & HUNTINGFORD, F.A. Prior residence, body size and the dynamics of territorial disputes between male freshwater angelfish. *Journal of Fish Biology* 55(1):775-783, 1999b.

CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M. E.; CACHO, M.S.R.F. & HUNTINGFORD, F.A. The dynamics of conflict resolutions in a Neotropical Cichlid fish, *Pterophyllum scalare*. In: Proceedings of the XXVI International Ethological Conference. Bangalore, India: Blackwell Science, 1999c, 153.

DIAS, R.L. & CHELLAPPA, S. Aspectos do desenvolvimento gonadal de um ciclídeo Neotropical, acará bandeira, *Pterophyllum scalare* (Liechtenstein, 1823).

In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia*. Curitiba: Associação Brasileira de Zoologia, v.1, 2002, p.302.

DIAS, R. L. & CHELLAPPA, S. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura . Vol. 2. (Eds. URBINATI, E.C. & CYRINO, J.E.P.) AQUABIO: Jaboticabal, SP, 2003, p.135-148.

DIAS, J.F.; PERES-RIO E.; CHAVES, P.T.C. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. *Revista Brasileira de Biologia* 58 (1):55-69, 1998.

FERRAZ, E. Management and diseases of the ornamental fish exported from the rio Negro basin. In: *Biology of Tropical Fish* (Eds. A.L. VAL & V.M.F. ALMEIDA-VAL). Manaus: INPA, 1999, 99-111.

KULLANDER, S.O., 1996. Guide to the South American Cichlidae: *Symphysodon* Heckel. Disponível em:
www.nrm.se/ve/pisces/acara/symphyso.shtml. Acesso em: 26, fevereiro, 2004.

GODINHO, H. M.; BASILE-MARTINS, M. A.; FENERICH, N. A. & NARAHARA, M. Y. 1977. Fecundidade e tipo de desova do mandi, *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803 (Pisces, Siluroidei). *Revista Brasileira de Biologia*, 37 (4):737-744, 1977.

GRIER, H.J. Aspects of germinal cyst and sperm development in *Poecilia latipinna* (Teleost: Poeciliidae). *Journal of Morphology*. 146, 229-250, 1975.

GRIER, H.J. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoologist*. 21, 345-357, 1981.

GRIER, H.J. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cells barrier. In: *The Sertoli Cell* (RUSSEL, L.D. & GRISWOLD, M.D. Eds.). Clearwater, FL: Cache River Press, 703-739, 1993.

GRIER, H.J. & TAYLOR, R.G. Testicular maturation and regression in the common snook. *Journal of Fish Biology*, 53, 521-452, 1998.

GRIER, H.J.; LINTON, J.R.; LEATHERLAND, J.F. & VLAMING, V. L. Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. *American Journal of Anatomy*. 159, 331-345, 1980.

HILDEMANN, W.H. A cichlid fish, *Symphysodon discus*, with unique nurture habits. *The American Naturalist*, 93:27-34, 1959.

HOAR, W.S. Reproduction. In: *Fish Physiology*. Vol. III (HOAR, W.S. & RANDALL, D.J. Eds.) New York: Academic Press, 1969, 1-72.

HUNTINGFORD, F.A. Development of behaviour in fish. In: Behaviour of Teleost Fishes. Pitcher, T.J. (ed.) p. 57-83, London: Chapman & Hall, 1993, 715p.

HUNTINGFORD, F.A.; CHELLAPPA, S.; TAYLOR, A.C. & STRANG, R.H.C.
Energy reserves and reproductive investment in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Ecology of Freshwater Fish* 10 (2):111-117, 2001.

HUNTINGFORD, F.A.; METCALFE, N.B; THORPE, J.E.; GRAHAN, W.D. & ADAMS, C.E. Social dominance and body size in Atlantic-salmon parr, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology* 36:877-881, 1990.

JORDAN, D.S. **The genera of fishes and a classification of fishes**. Stanford, California: Stanford University Press, 1968, 800p.

KEENLEYSIDE, M.H.A. **Cichlid Fishes - Behaviour Ecology and Evolution**. London: Chapman and Hall, 1991, 377p.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: Produção e mercados. *Panorama da Aqüicultura*, 13(76)25-32, 2003.

KULLANDER, S.O., *Crenicichla rosemariae*, a new species of pike cichlid (Teleostei, Cichlidae) from the upper Rio Xingu drainage, Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwat.* 7(3):279-287, 1997.

KULLANDER, S.O., A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498. In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M. Lucena and C.A.S. Lucena (Eds.) *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre, EDIPUCRS, 1998, 603 p.

LEITE, R.G. & ZUANON, J.A.S. Peixes ornamentais: aspectos de comercialização, ecologia, legislação e propostas de ações para um melhor aproveitamento. In: VAL, A.L., FIGLIUOLO, R. & FELDBERG, E. (Eds.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Vol.1. INPA, Manaus, Amazonas: 327-331, 1991.

Lo NOSTRO, F.L. & GUERRERO, G.A. Presence of primary and secondary males in a population of the protogynous *Synbranchus marmoratus*. *Journal of Fish Biology*, 49, 788-800, 1996.

LOWE-McCONNELL, R. H. Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African great lakes. In: M. H. A. KEENLEYSIDE (Ed.) *Cichlids Fishes Behaviour, Ecology and Evolution*. London: Chapman and Hall, p. 60-85, 1991.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: EDUSP, 1999, 534p.

MARQUES, D.K.S.; ROSA, I.L. & GURGEL, H.C.B. Descrição histológica de gônadas de traíra, *Hoplias malabaricus* (Bloch) (Osteichthyes: Erythrinidae) da

barragem do rio Gramame, Alhandra, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 17 (3):573-582, 2000.

MEIJIDE, F.J. & GUERRERO, G.A. Characterization of the reproductive behaviour and early life history stages of *Cichlasoma dimerus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Cichlidae) under laboratory conditions. In: *Proceedings of International Symposium on Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1997, p.74.

MICHALANY, J. **Técnica histológica em anatomia patológica com instruções para o cirurgião, enfermeiro e citotécnico**. Ed. São Paulo: SP, 1990, 247p.

MILLS, D. **Peixes de Aquário** (Tradução: CASQUILHO. M.). Rio de Janeiro: Ediouro, 1998, 304 p.

NAGAHAMA, Y. Fish Reproduction. In: *Fish Physiology*. Vol. IX A (HOAR, W.S., RANDALL, D.J. & DONALDSON, E.M. Eds.) New York: Academic Press, 1983, 223-275.

NICOLETO, P. F. Offspring quality and female choice in guppy, *Poecilia reticulata*. *Animal Behaviour* 49: 377-387, 1995.

PALMER, E.E.; SORENSEN, P.W. & ADELMAN, I.R. A histological study of seasonal ovarian development in freshwater drum in the Red Lakes, Minnesota. *Journal of Fish Biology*. 47, 199-210, 1995.

PEREIRA, R. **Peixes de nossa terra**. São Paulo: Nobel, 1976, 129 p.

POTTS, G.W. & WOOTTON, R.J. **Fish reproduction: strategies and tactics**. Academic Press: London, 1984, 410 p.

RINCHARD, J. & KESTEMONT, P. Comparative study of reproductive biology in single and multiple spawner cyprinid fish. 1. Morphological and histological features. *Journal of Fish Biology*. 49, 883-894, 1996.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y. & GODINHO, H. M. Tipo de desova do curimatá, *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881, do Rio Mogi-Guaçu, Pirassununga, São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 12 (4):1-5, 1985.

SANTOS, G.M. & FERREIRA, E.J.G. Peixes da Bacia Amazônica, p.345-373. In: R.H. LOWE-McCONNELL (Ed). **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo, EDUSP, 1999, 534p.

SÁ-OLIVEIRA, J.C. & CHELLAPPA, S. 2002. Fecundidade e tipo de desova do tamuatá, *Hoplosternum littorale* Hancock (Osteichthyes, Siluriformes) no Rio Curiaú, Macapá, Amapá. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19 (4):1053-1056, 2002.

SENA, R.F. & CHELLAPPA, S. Aspectos reprodutivos de híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* (L.) x *Oreochromis mossambicus* (Peters), Pisces: Cichlidae. *Boletim do DOL/CB/UFRN*, 8:145-158, 1991.

SHRESTHA, T.K. & KHANNA, S.S. Seasonal changes in the testes of a hill stream teleost, *Garra gotyla* (Gray). *Acta Anatomica* 100, 210-220, 1978.

SILVA, R.M.P.C. & ESPER, M.L.P. Observações sobre o desenvolvimento citomorfológico dos ovários de tainha, *Mugil platanus* (Günther) da Baía de Paranaguá (Brasil). *Acta Biologica Paranaense* 20 (1-4): 15-39, 1991.

SIMPSON, A.C., The fecundity of the plaice. *Fish. Invest.*, London, ser. 2, 17(5):27p, 1951.

TORRICELLI, P.; LUGLI, M. & BOBBIO, L. The importance of male-male competition and sexually selected dimorphic traits for male reproductive success. In: F. Huntingford & P. Torricelli (eds.) *Behavioural Ecology of Fishes*. Chue: Harwood. 231 – 256, 1993.

TURNER, G. F. & HUNTINGFORD, F.A. A problem for game theory analyses: assessment and intention in male mouth brooder contests. *Animal Behaviour*. 34: 961-970, 1986.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996, 169p.

VOLPATO, G.L; FRIOLI, P.M.A. & CARRIERI, M.P. Heterogeneous growth in fishes: some new data in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and a general view about the causal mechanism. *Boletim de Fisiologia Animal* 13:7-22, 1989.

WEST, G. Methods of assessing ovarian development in Fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 41, 199-222, 1990.

WHORISKEY, F. G. & WOOTTON, R. J. The role of two environmental variables in determining dominance in threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). Proceedings of the Symposium on the Behaviour of Fishes. Bangor, U.K., 1986, 26 p.

WOOTTON, R.J. **Ecology of Teleost Fishes**. London: Chapman and Hall, p. 404, 1990.

YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S.; CACHO, M.S.R.F. & HUNTINGFORD, F.A. Mate guarding in an Amazonian Cichlidae, *Pterophyllum scalare*. *Journal of Fish Biology* 55(4):888-891, 1999.

ZANIBONI FILHO, E. & RESENDE, E.K. Anatomia de gônadas, escala de maturidade e tipo de desova do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae). *Revista Brasileira de Biologia* 48 (4): 833-844, 1988.

Anexos

Anexo 1- Principais ciclídeos ornamentais do Brasil (MILLS, 1998).

Nome vulgar	Nome científico	Tamanho médio (cm)
Acará alto	<i>Pterophyllum altum</i>	12,5
Acará bandeira	<i>Pterophyllum scalare</i>	11
Acará bererê	<i>Cichlasoma festivum</i>	15
Acará maroni	<i>Aequidens maronii</i>	10
Acará azul	<i>Aequidens pulcher</i>	16
Acará dourado	<i>Aequidens rivulatus</i>	23
Agassizi	<i>Apistogramma agassizi</i>	7,5
Apistograma três-listras	<i>Apistogramma trifasciatum</i>	5
Cocatuóide	<i>Apistogramma cactuoides</i>	7,5
Congo	<i>Nanochromis nudiceps</i>	7,5
Curvivepe	<i>Laetacara curviceps</i>	7,5
Geophagus esbelto	<i>Geophagus daemon</i>	15
Peixe-disco	<i>Symphysodon aequifasciata</i>	20
Peixe-disco	<i>Symphysodon discus</i>	20
Macmasteri	<i>Apistogramma macmasteri</i>	7
Nijsseni	<i>Apistogramma nijsseni</i>	5
Olho dourado	<i>Nannacara anomala</i>	7,5
Ramirezi	<i>Papiliochromis ramirezi</i>	7
Tabuleiro	<i>Crenicara filamentosa</i>	7,5