



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

LILIANE DE LIMA GURGEL SOUZA

Ictiofauna do semi-árido potiguar, Nordeste do Brasil: Composição, riqueza e ecologia reprodutiva de espécies endêmicas.

SÃO CARLOS/SP

2010

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

Ictiofauna do semi-árido potiguar, Nordeste do Brasil: Composição, riqueza e ecologia reprodutiva de espécies endêmicas.

Liliane de Lima Gurgel Souza

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Ciências, área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^ª Dr.^a. Sathyabama Chellappa

Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Verani

SÃO CARLOS/SP

2010

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

S729is

Souza, Liliâne de Lima Gurgel.

Ictiofauna do semi-árido potiguar, Nordeste do Brasil :
composição, riqueza e ecologia reprodutiva de espécies
endêmicas / Liliâne de Lima Gurgel Souza. -- São Carlos :
UFSCar, 2011.

108 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2010.

1. Ecologia. 2. Endemismo. 3. Peixes - reprodução. I.
Título.

CDD: 574.5 (20^a)

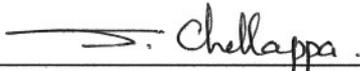
Liliane de Lima Gurgel Souza

**ICTIOFAUNA DO SEMI-ÁRIDO POTIGUAR, NORDESTE DO BRASIL:
Composição, riqueza e ecologia reprodutiva de espécies endêmicas**

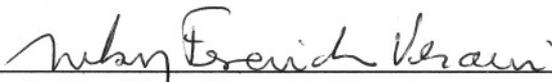
Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 02 de dezembro de 2010

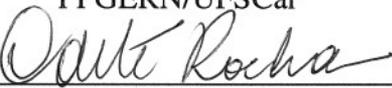
BANCA EXAMINADORA

Presidente 

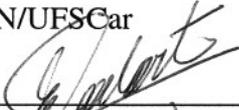
Prof. Dra. Sathyabama Chellappa
(Orientadora)

1º Examinador 

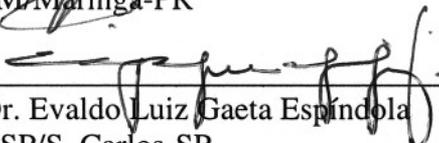
Prof. Dra. Nelsy Fenerich Verani
PPGERN/UFSCar

2º Examinador 

Prof. Dra. Odete Rocha
PPGERN/UFSCar

3º Examinador 

Prof. Dr. Eriyelto Goulart
UEM/Maringá-PR

4º Examinador 

Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espindola
USP/S. Carlos-SP

*“Os peixes de minha terra,
São piau e cangati,
Curimatã e traíra,
Piranha e jundiá,
Branquinha, cará e piaba,
Bico de pato e mandi,
Uiú ou cabeça seca,
Tamboatá e cari...
Eu tanto pesco de anzol,
Como mato de tingui,
O que escapa da tarrafa,
Cai dentro de meu jiqui”*

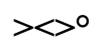
LAMARTINE

QUEM VEL XIMIMATI IN TI TEUCUCUITLA MICHIN.

“Oh, peixe, peixinho dourado, cuide bem de si! porque são tantas as armadilhas, tantas as redes armadas para você neste mundo.”

J.M.G. LE CLÉZIO

À todos que amo!



Agradecimentos

A Deus. É Ele quem me fortalece!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, pela imensa oportunidade de realizar este trabalho.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em especial ao Departamento de Oceanografia e Limnologia pela estrutura e logística disponibilizada.

A minha orientadora, professora Dr^a. Sathyabama Chellappa pela oportunidade, confiança, apoio, amizade e paciência durante todo o doutorado. Obrigada pelo exemplo de profissional sempre serena e disposta a ensinar, me mostrando o melhor caminho a seguir.

Ao professor Dr. Naithirithi T. Chellappa pela amizade, colaboração e apoio no provimento de equipamentos e materiais para a realização deste estudo. Obrigada pelos sábios ensinamentos da Limnologia, que nos fazem compreender melhor os nossos peixes.

Ao professor Dr. José Roberto Verani pela co-orientação e ensinamentos ao longo do curso.

As professoras Dr^a Nelsy Fenerich-Verani, Dr^a Odete Rocha e Dr^a Maria da Graça Melão pela disponibilidade para participação da banca de qualificação e pelas contribuições feitas para a melhoria do trabalho.

Aos professores Dr^a Nelsy Fenerich-Verani, Dr^a Odete Rocha, Dr. Erivelto Goulart, Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola por todas as sugestões feitas na banca final da defesa.

A todos os professores do PPGERN/UFSCar pelos valiosos ensinamentos. A CAPES pelo apoio financeiro concedido para realização deste trabalho de doutorado.

Ao IFRN – Campus Macau pela colaboração e compreensão nesta reta final.

A meu pai, Hélio Gurgel, pela orientação, co-orientação, amizade, força e amor eterno. Obrigada pelos ensinamentos ictiológicos desde criança: é isso realmente que gosto de fazer!

A minha mãe, Francisca Gurgel, pelo exemplo de força, paciência, sabedoria e amor. Muuuuito obrigada por cuidar de Matheus quando estive ausente.

Ao meu filho, Matheus Gurgel, pelo carinho, atenção, espera, compreensão e pelo imenso amor que ele me dá a cada dia e em cada amanhecer. Mainha te ama muito!

A Luiz Roberto, obrigada por me amar assim Príncipe meu!

Aos meus familiares pela torcida e felicidade com minhas conquistas. Aos meus 3 irmãos: Fábio, Thiago e Felipe.

A tia Lenita e tio Pereira pelas estadias em sua aconchegante residência em São Paulo.

A Fabiana Rodrigues por todos os momentos vividos ao longo deste trabalho, valeu Florzinha!

A minha amiga Kelly Pansard, por ser a verdadeira Fênix tanto na vida pessoal quanto na profissional. Meu orgulho!

A Samira Athiê e Viviane Garça, pelos momentos compartilhados em Sanca.

Ao LABICTIS: Wallace Nascimento, Andréa Araújo, Elizete Cavalcanti, Mônica Rocha, Nirlei Hirachy, Sabrina Carla, Mirlla Souza, Lúcia Cavalcante, Herquiles Lima, José Júlio, Ana Rita, Carol, Eudriano Costa e Sérgio Ricardo. Obrigada pela participação nesta caminhada, tornando-a mais leve e alegre durante as atividades laboratoriais e de campo. Quando será a próxima festinha? Fundo azul!

Ao LABIMI: Emily, Karen, Leila e Fabiana. Obrigada, meninas.

A Seu Xixico da Barragem e família, obrigada por todos os peixes!

A tod@s que estiveram comigo nesta maravilhosa caminhada.

Resumo

Compreender os fatores relacionados à ecologia reprodutiva de espécies de peixes endêmicos em escalas espaciais e temporais é essencial para a sua conservação e gestão. O presente estudo investigou a estratégia reprodutiva de *Prochilodus brevis* e *Cichlasoma orientale* no rio Assu, semi-árido do Nordeste brasileiro. A estrutura populacional, proporção sexual, comprimento da primeira maturação, estádios do desenvolvimento gonadal, índice gonadossomático, fator de condição e o período reprodutivo, juntamente com as variáveis limnológicas foram determinados. A distribuição temporal dos valores médios da precipitação, temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica foram relacionados com o período reprodutivo das espécies. Juntamente foi realizado o levantamento ictiológico do rio Assu, a fim de verificar o endemismo da comunidade de peixes e descrever os padrões de composição e riqueza das espécies. IGS e K de *P. brevis* indicam que a época de reprodução se estende de janeiro a março coincidindo com a época das chuvas e esta espécie apresenta desova total. A precipitação pluviométrica influenciou as alterações nas variáveis limnológicas, estando esta espécie bem adaptada às características ambientais da região semi-árida. *Cichlasoma orientale* apresenta desova parcelada, ocorrendo o período reprodutivo entre os meses de março a junho e em setembro, com o maior pico reprodutivo no início das chuvas. Várias desovas dentro de um período reprodutivo indicam que *C. orientale* é bem adaptada às características ambientais da região semi-árida. Foram capturados 556 espécimes, distribuídos em 3 ordens, 09 famílias e 17 espécies. Destas, treze são endêmicas com ocorrência somente no bioma Caatinga, três introduzidas de outras bacias do Brasil e uma exótica, introduzida de outro continente. As espécies mais abundantes em número foram *Prochilodus brevis*, *Trachelyopterus galeatus*, *Cichlasoma orientale*, *Plagioscion squamosissimus* e *Pimelodella gracilis*. O alto grau de endemismo constatado nesse rio deve ser contemplado nas ações de manejo futuras, especialmente pelo fato de os açudes e barragens nessa região serem dispostos em série e, portanto, potencializando os perigos de extinção local.

Palavras - chave: endemismo, reprodução, pluviosidade, ictiofauna, semi-árido brasileiro

Abstract

Understanding the factors related to the reproductive strategy of endemic fish species at spatial and a temporal scale is essential for their conservation and management. The present study investigated the reproductive strategy of *Prochilodus brevis* and *Cichlasoma orientale* in the River Assu, located in the semi-arid Northeastern Brazil. Population structure, sex proportion, length at first maturity, stages of gonadal development, gonadosomatic index, condition factor, reproductive period and limnological variables were determined. Temporal distribution of mean rainfall, water temperature, dissolved oxygen concentration, pH and electrical conductivity values were related to the reproductive period of *P. brevis* and *C. orientale*. The present study deals with the composition, species richness and endemism in fish species of River Assu. Analyses of GSI, K and size of oocytes indicate the reproduction of *P. brevis* occurs from January to March and that this species is a total spawner. Rainfall influenced alterations in limnological characteristics and the reproductive period of this species. The reproductive strategy of *P. brevis* is well adapted to the environmental characteristics of the semi-arid region. *Cichlasoma orientale* is a batch spawner with a reproductive period between the months March to June and in September, with a reproductive peak in the beginning of the rainy season. Multiple spawnings in one breeding season indicate that *C. orientale* is well adapted to the environmental characteristics of the semi-arid region. A total of 556 individuals were captured which were distributed in 3 orders, 10 families and 17 species, of which, 13 were endemic, 4 introduced and one exotic. The orders more representatives in terms of number of fish species were Characiformes, Perciformes and Siluriformes. Among the families, Prochilodontidae was dominant followed by Cichlidae. *P. brevis*, an endemic species was most expressive followed by *Trachelyopterus galeatus*. Nine species were considered constant, five accessories and three accidental. The results demonstrate an elevated number of endemic species, among them the rheophilic fish which migrate to the head river to spawn, and a reduced number of introduced species. The presence of endemic species increases the importance of conservation and adequate management practice of this natural semi-arid ecosystem.

Key-words: endemism, reproduction, rainfall, ictiofauna, Brazilian semi-arid

Lista de Figuras

Figura 1. Área de Estudo: Rio Assu, município de Taipu/RN, Brasil (05°39'92'' S; 036°53'92'' W). Área de coleta de coleta indicada pela seta.

Figura 2. Local de coleta de peixes: (a) Período de estiagem e (b) Período de chuva, Rio Assu, Rio Grande do Norte.

Figura 3. Espécie em estudo, curimatã *Prochilodus brevis* e sua distribuição geográfica (pontos amarelos no mapa indicam a ocorrência da espécie).

Figura 4. Espécie em estudo, cará *Cichlasoma orientale* e sua distribuição geográfica (pontos amarelos no mapa indicam a ocorrência da espécie)

Artigo 1

Figura 1. Localização do trecho amostrado no curso do rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Figura 2. Espécies de peixes capturadas no rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Figura 3. Frequência relativa das ordens (a), famílias (b) e espécies (c) capturadas no rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Artigo 2

Fig. 1. Study area: River Assu, Rio Grande do Norte, Brazil.

Fig. 2. Monthly distribution frequencies of male and female by total length (a) total weight (b) and standard deviation.

Fig. 3. Monthly sexual proportion of *Prochilodus brevis* collected in the River Assu, Brazil (* χ^2 , $p < 0.05$).

Fig. 4. Female and male gonads of *Prochilodus brevis*, where a, b = immature; c, d = maturing; e, f = mature; g, h = spent.

Fig. 5. Size at first gonadal maturity of females and males of *Prochilodus brevis* collected in the River Assu, Brazil.

Fig. 6. Monthly frequency of gonad maturity stages in females (a) and males (b) of *Prochilodus brevis*.

Fig. 7. Monthly gonadosomatic index and condition factor (a) and gonadosomatic index and rainfall (b) of *Prochilodus brevis*.

Fig. 8. Principal component analysis of limnological variables.

Artigo 3

Fig. 1 Distribuição das frequências de fêmeas e machos por classe de comprimento total (a) e de peso total (b) e o desvio padrão durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 2 Relação peso total-comprimento total de *Cichlasoma orientale* coletados durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 3 Proporção sexual mensal de *Cichlasoma orientale* (* χ^2 , $p < 0,05$).

Fig. 4 Gônadas masculinas e femininas de *Cichlasoma orientale*, onde **a e b** = imaturo; **c e d** = em maturação; **e e f** = maduro; **g** = desovado.

Fig. 5 Valores mensais do índice gonadossomático e da pluviosidade durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 6 Valores mensais do fator de condição e do índice gonadossomático de *Cichlasoma orientale*.

Lista de Quadros e Tabelas

Artigo 1

Quadro 1. Espécies capturadas, nome comum, frequência absoluta (N) e origem (espécie endêmica e introduzida de outra bacia) no rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Tabela 1. Comprimento total (Lt) e peso total (Wt), seus valores mínimos, máximos, médios e os valores da constância de ocorrência (Ci %) dos peixes do rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Artigo 3

Tab.1 Número de ovócitos, comprimento total (Lt), peso total (Wt) e o peso das gônadas (Wg) das fêmeas maduras de *Cichlasoma orientale*.

Sumário

Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract	VIII
Legenda de Figuras	IX
Legenda de Quadros e Tabelas	XI
1. Introdução	01
1.1 Rios do Semi-árido Brasileiro	02
1.2 Ictiofauna dos Rios do Semi-árido	04
1.3 Aspectos Reprodutivos dos Peixes dos Rios do Semi-árido	05
2. Objetivos	07
2.1 Objetivo Geral	08
2.2 Objetivos Específicos	08
3. Material e Métodos	09
3.1 Área de Estudo	10
3.2 Espécies em Estudo	13
3.2.1 <i>Prochilodus brevis</i>	13
3.2.2 <i>Cichlasoma orientale</i>	15
3.3 Coleta dos Peixes	17
3.4 Análise dos Dados	18
3.4.1 Estrutura Populacional	18
3.4.2 Proporção Sexual	18
3.4.3 Aspectos Reprodutivos	18
3.4.3.1 Características Macroscópicas das Gônadas	18
3.4.3.2 Comprimento da Primeira Maturação (L ₅₀)	18
3.4.3.3 Período Reprodutivo	19
3.4.3.4 Fecundidade	19
3.4.4 Dados Ambientais	19
3.4.4.1 Pluviosidade	19

3.4.4.2 Variáveis Limnológicas	20
3.4.5 Composição Ictiofaunística	20
3.4.5.1 Índice de Constância	20
3.4.6 Análise Estatística dos Dados	20
4. Referências da Introdução e Material e Métodos	22
5. Resultados e Discussão	29
5.1 Composição e riqueza de peixes do rio Assu, semi-árido do Brasil	30
5.2 Population structure and reproduction of an endemic fish in a semi-arid region of Brazil: management implications	56
5.3 Ecologia reprodutiva de <i>Cichlasoma Orientale</i> (Osteichthyes: Cichlidae), um peixe endêmico do semi-árido brasileiro	82
6. Conclusões Gerais	106
7. Anexos	109

1. INTRODUÇÃO

1.1 Rios do Semi-árido Brasileiro

De toda a superfície terrestre, 40% é classificada como zonas áridas e hoje em dia esta proporção vêm aumentando devido a processos de desertificação, variação climática e destruição das grandes ecossistemas (SCHESSINGER et al., 1990). Atualmente 20% da população humana vive nas regiões áridas. No Brasil, aproximadamente 10% de seu território está classificado como região semi-árida e abriga cerca de 23 milhões de habitantes (MIN, 2005), o que torna os ecossistemas aquáticos, ambientes fundamentais para as estratégias de sobrevivência da população humana local (MALTCHIK, 1996a).

O clima semi-árido brasileiro é considerado um dos mais complexos do mundo, principalmente devido a seu sistema de circulação atmosférica. Pela proximidade ao Equador, seu ritmo climático é diferente da maioria das regiões semi-áridas, sendo formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Estas particularidades relevam a esta região uma oportunidade única para a realização de estudos ecológicos comparativos entre ecossistemas de regiões semi-áridas (MALTCHIK, 1999).

A região Nordeste do Brasil apresenta uma modesta rede hidrográfica se comparada às de outras regiões brasileiras e esta condição natural é a principal consequência da abrangência do clima semi-árido, característico do bioma Caatinga, sobre estas bacias hidrográficas (ROSA et al., 2004). Os rios do semi-árido estão assentados sobre solos rasos e pouco permeáveis (litólicos), o que dificulta também o armazenamento de água. A vegetação predominante é a caatinga, composta por vegetação xérica dominada por mandacaru (*Cereus jamaru*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), facheiro (*Pilosocereus piauhiensis*) e xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). Este tipo de vegetação não proporciona um manto protetor à região, aumentando ainda mais a perda de água (AB' SABER, 1995).

Os rios do semi-árido caracterizam-se em dois tipos de regimes hidrológicos: o temporário e o efêmero. Enquanto que os rios temporários estão marcados pela presença de um fluxo de água superficial maior ao longo do seu ciclo hidrológico e um período de seca estacional, os rios efêmeros apresentam fluxo de água superficial somente após uma precipitação não previsível. Esta marcha estacional pode variar anualmente, dependendo do modelo de precipitação anual (frequência, intensidade e duração). Um rio de características temporárias em um ano úmido pode tornar-se um rio efêmero em um ano excessivamente seco (MALTCHIK, 1996b). Estes dois eventos naturais têm efeitos importantes na variação do substrato, na concentração de nutrientes, nas comunidades de perifíton, macrófitas, invertebrados, peixes e na população ribeirinha (MALTCHIK, 1999).

A principal característica geomorfológica dos rios do semi-árido é a presença de grandes avenidas e ausência de meandros. Apesar da temporalidade de seus fluxos, as águas dos rios do semi-árido chegam a desaguar no oceano Atlântico. Esta característica, além de evitar a salinização excessiva destes ecossistemas, a distingue de outras regiões áridas e semi-áridas, já que os sistemas de drenagem destas regiões geralmente se convergem para depressões fechadas (AB' SABER, 1995).

Os rios do semi-árido se sobrepõem ao mesmo padrão de distribuição da região do bioma Caatinga, ou seja, 85% de suas áreas estendem-se por depressões interplanálticas (AB' SABER, 1999). As bacias hidrográficas que estão sob o domínio da Caatinga podem ser divididas em quatro regiões hidrográficas, sendo elas, Maranhão-Piauí, Nordeste Médio-Oriental, São Francisco e bacias do Leste.

O estado do Rio Grande do Norte encontra-se inserido na região da bacia Nordeste Médio-Oriental setentrional, que inclui as bacias entre o rio Parnaíba e o rio São Francisco, cujas cabeceiras encontram-se nas chapadas de Ibiapara, Araripe e planalto da Borborema. Esta região é composta por bacias costeiras de pequeno porte como as dos rios Coreaú, Choro, Apodi e bacias de médio porte, como as dos rios Jaguaribe e Piranhas-Assu, que drenam a porção leste das serras de Ibiapaba e Grande, porção norte da Chapada do Araripe e a porção norte do planalto da Borborema, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e interior da Paraíba (ROSA et al., 2004).

Os dois principais rios desta região são o Jaguaribe, no Ceará, e o Piranhas-Assu, nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Ambos, sob influência do regime irregular

das chuvas, chegam a secar em alguns trechos nos períodos de maior estio, com exceção dos baixos cursos que recebem grande influência da penetração das marés (ROSA et al., 2004).

Hoje em dia existem diversas razões para se estudar os rios das regiões semi-áridas, já que estes ecossistemas funcionam como amplificadores do desequilíbrio climático regional e local. Para Grimm & Fisher (1991) são três os aspectos que sustentam esta relação, sendo eles, o nível freático dos rios temporários que responde diretamente aos modelos de precipitação de uma região, o funcionamento dos rios do semi-árido sofre influência das perturbações hidrológicas naturais e os rios temporários que representam o primeiro reflexo do que poderia acontecer com os rios das regiões mais úmidas com a expansão das zonas áridas.

1.2 Ictiofauna dos Rios do Semi-árido

Como resultado de processos evolutivos condicionados por fatores climáticos e pelo regime hidrológico instável, o conjunto de peixes de água doce que ocorre no semi-árido revelou a presença de uma fauna altamente adaptada e rústica, sobrevivendo apenas as espécies mais resistentes (LUNDBERG et al., 1998). A ictiofauna dos rios e açudes localizada na Caatinga inclui representantes de grupos neotropicais típicos, com uma diversificação comparativamente menor em relação aos demais biomas brasileiros e presença de 240 espécies distribuídas em sete ordens, sendo a mais diversa a Siluriformes (101 espécies) seguida da Characiformes (89 espécies). As demais ordens estão representadas pelos seguintes números de espécies: Gymnotiformes (6); Perciformes (17); Myliobatiformes (1); Clupeiformes (1); Synbranchiformes (1). Do total de espécies registradas 9 são introduzidas e 136 são consideradas possivelmente endêmicas para a Caatinga (ROSA et al., 2004, 2005).

Rosa et al. (2005) relatam que a falta de conhecimentos precisos da sistemática e distribuição da maioria dos táxons é um dos aspectos mais importantes que limitam a avaliação da diversidade ictiofaunística e a determinação biogeográfica dos peixes da Caatinga semi-árida.

Para Maltchik (1999) a diversidade de peixes é baixa nos rios do semi-árido, não existindo um modelo único de diversidade de peixes nestes ecossistemas, principalmente devido à variação no fluxo de água superficial. Durante a cheia a diversidade de peixes aumenta, já que nesta fase todos os ecossistemas aquáticos ficam interligados através dos rios, permitindo a entrada de novas espécies na região (espécies introduzidas). Neste período, os rios se tornam verdadeiros corredores de transferência de informação biológica. Por outro lado, a bacia de drenagem exerce papel fundamental na diversidade desta comunidade. Rios com bacia de drenagem grande apresentam maior diversidade de peixes que rios com bacia de drenagem pequena. Para este mesmo autor, a diversidade de peixes nos rios do semi-árido está inversamente relacionada com a estabilidade hidrológica, com rios de maior estabilidade hidrológica (presença de água permanente) apresentando índices de diversidade biológica menor que os rios hidrológicamente mais instáveis. Este padrão pode ser explicado também pela presença de espécies dominantes em rios de maior estabilidade hidrológica.

Nos últimos anos, a diversidade ictiíaca vem sendo bastante impactada por processos naturais, como as alterações históricas do clima regional com a intensificação da semi-aridez (ALMEIDA, 1995) e por diversos processos antrópicos decorrentes da ocupação humana na região. Dentre estes últimos, destacam-se os programas de erradicação de piranhas com o uso de substâncias ictiotóxicas e explosivos, conduzidos por órgãos governamentais (BRAGA, 1975), a introdução de espécies exótica como *Oreochromis niloticus* e *Cichla monoculus*, com vistas à piscicultura (ALMEIDA et al., 1993; BUENO & CHELLAPPA, 2003; CHELLAPPA et al., 2003; KULLANDER & FERREIRA, 2006), a construção de obras de engenharia hidráulica, como barragens, açudes e canais, a extração de areia e outros minerais, a destruição da vegetação ciliar e de áreas alagadas marginais, e a poluição dos cursos d'água por substâncias agrotóxicas e esgotos urbanos e industriais (ALMEIDA, 1995; MMA, 2002). A demanda de água para a agricultura, consumo humano e animal, numa região onde a escassez deste recurso é prevalente, é também um fator de impacto sobre os ecossistemas aquáticos, muitos deles de caráter intermitente (ROSA et al., 2005).

1.3 Aspectos Reprodutivos dos Peixes dos Rios do Semi-árido

A instabilidade hidrológica apresentada pelos rios do semi-árido brasileiro tem fundamental importância na reprodução dos peixes, sendo um dos principais parâmetros que influencia nesse processo, principalmente no que diz respeito à sazonalidade da desova, uma vez que esta é influenciada pelo regime de chuvas (MEDEIROS & MALTCHIK, 2000).

Os peixes são capazes de modificar suas estratégias reprodutivas, de acordo com o ambiente aos quais estão submetidos (AGOSTINHO et al., 2008). Desta forma, além dos fatores climáticos, o grau de interferência humana sobre os ecossistemas aquáticos apresenta uma influência direta na biologia destas espécies. As alterações na estrutura e abundância de espécies nativas juntamente com as modificações físico-químicas da água e do substrato, refletem na capacidade de auto-renovação de populações aquáticas (MALTCHIK & MEDEIROS, 2006).

Estudos sobre a ecologia reprodutiva dos peixes em ecossistemas aquáticos do Estado do Rio Grande do Norte foram desenvolvidos para as seguintes espécies: *Cichla monoculus* (CÂMARA, 1998; CÂMARA et al., 2002; CHELLAPPA et al., 2003); *Parauchenipterus galeatus* e *Serrasalmus maculatus* (MEDEIROS, 2001; MEDEIROS et al., 2003; MEDEIROS et al., 2004); *Prochilodus cearensis* (ARAÚJO, 1998); *Hypostomus pusalum* (BUENO, 2004); *Synbranchus marmoratus* (DAMASCENO, 2008) e *Poecilia vivipara* (NASCIMENTO et al., 2004). Estes trabalhos contribuíram para o conhecimento dos aspectos reprodutivos dessas espécies nos ecossistemas aquáticos do semi-árido, contudo, ainda não há um consenso acerca do **status** taxonômico e os aspectos reprodutivos de muitas espécies de peixes dos rios da Caatinga semi-árida, refletindo assim a carência de estudos sobre a ecologia e sistemática dos peixes da região.

Apesar de ser a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional, pouca atenção tem sido dada à conservação da variada e marcante paisagem do semi-árido nordestino. A contribuição da sua biota à biodiversidade extremamente alta do Brasil tem sido subestimada, sendo importante que se ampliem os conhecimentos sobre a ictiofauna, uma vez que este grupo é muito sensível às modificações do hábitat. O rio Piranhas-Assu está inserido na maior bacia do estado do Rio Grande do Norte e é o mais importante, porém estudos na região ainda encontram-se no início. O levantamento, estudo da ecologia e da biologia dos peixes nativos do Rio Grande

do Norte irão contribuir para o entendimento de padrões ecológicos locais e para o avanço científico do estado. Informações relativas às estratégias reprodutivas dos peixes são parâmetros relevantes que auxiliam na indicação do estado de conservação dos ecossistemas aquáticos, resultando em uma melhor compreensão da evolução das espécies de clima semi-árido e na definição de estratégias de conservação, o que fornece subsídios para futuras ações de manejos de espécies nativas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo verificar a ecologia reprodutiva das espécies endêmicas, *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875 (Osteichthyes: Prochilodontidae) e *Cichlosoma orientale* Kullander, 1983 (Osteichthyes: Cichlidae), bem como estudar a composição ictiofaunística do rio Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a composição ictiofaunística do rio Assu, Rio Grande do Norte.

Artigo 1: Composição e riqueza de peixes do rio Assu, semi-árido do Brasil

- Será submetido à Journal of Applied Ichthyology
- Investigar a ecologia reprodutiva de *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875 (Osteichthyes: Prochilodontidae).

Artigo 2: Population structure and reproduction of an endemic fish in a semi-arid region of Brazil: management implications.

- Artigo submetido à Ecology of Freshwater Fish.
- Avaliar a ecologia reprodutiva de *Cichlosoma orientale* Kullander, 1983 (Osteichthyes: Cichlidae).

Artigo 3: Ecologia reprodutiva de *Cichlasoma Orientale* (Osteichthyes: Cichlidae), um peixe endêmico do semi-árido brasileiro

- Será submetido à Journal of Ichthyology Research.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica Piranhas-Assu (Figura 1) está localizada entre 04° e 08° de Latitude S e entre 36° e 39° de Longitude W. Esta bacia é totalmente inserida na região do semi-árido e abrange um território de 44.000 km² distribuídos entre os estados da Paraíba (PB) e Rio Grande do Norte (RN).

O presente estudo foi realizado em um trecho do rio Piranhas-Assu (5°39'92'' S; 36°53'92'' W) no estado potiguar (Figura 2), que tem sua nascente na Serra do Bongá na Paraíba, com o nome de rio Piranhas, recebe as águas dos rios paraibanos Piancó e do Peixe e entra no Rio Grande do Norte pelo município de Jardim de Piranhas, agora com o nome de rio Assu, passando a receber as águas de todos os rios que formam a bacia hidrográfica da região do Seridó.

No estado do Rio Grande do Norte a bacia do rio Piranhas-Assu corresponde a cerca de 32,8% do território estadual, abrangendo 33 municípios e uma população de aproximadamente 415.000 habitantes. No mesmo estado o rio é represado pela barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, passando a formar um grande lago, que, através de adutoras, abastece de água várias cidades, além de irrigar a área de cultivo de frutas tropicais, principalmente o melão (CBH, 2009).

O clima predominante da região é o semi-árido, com pluviometria média anual de 650 mm e árido e sub-úmido seco em áreas localizadas. A cobertura vegetal é do tipo caatinga hiperxerófila e sub-desértica, predominando as cactáceas, bromélias e floresta ciliar de carnaúba. A pesca constitui-se numa atividade que mobiliza pescadores profissionais em anos de chuvas regulares (IDEMA, 2004).

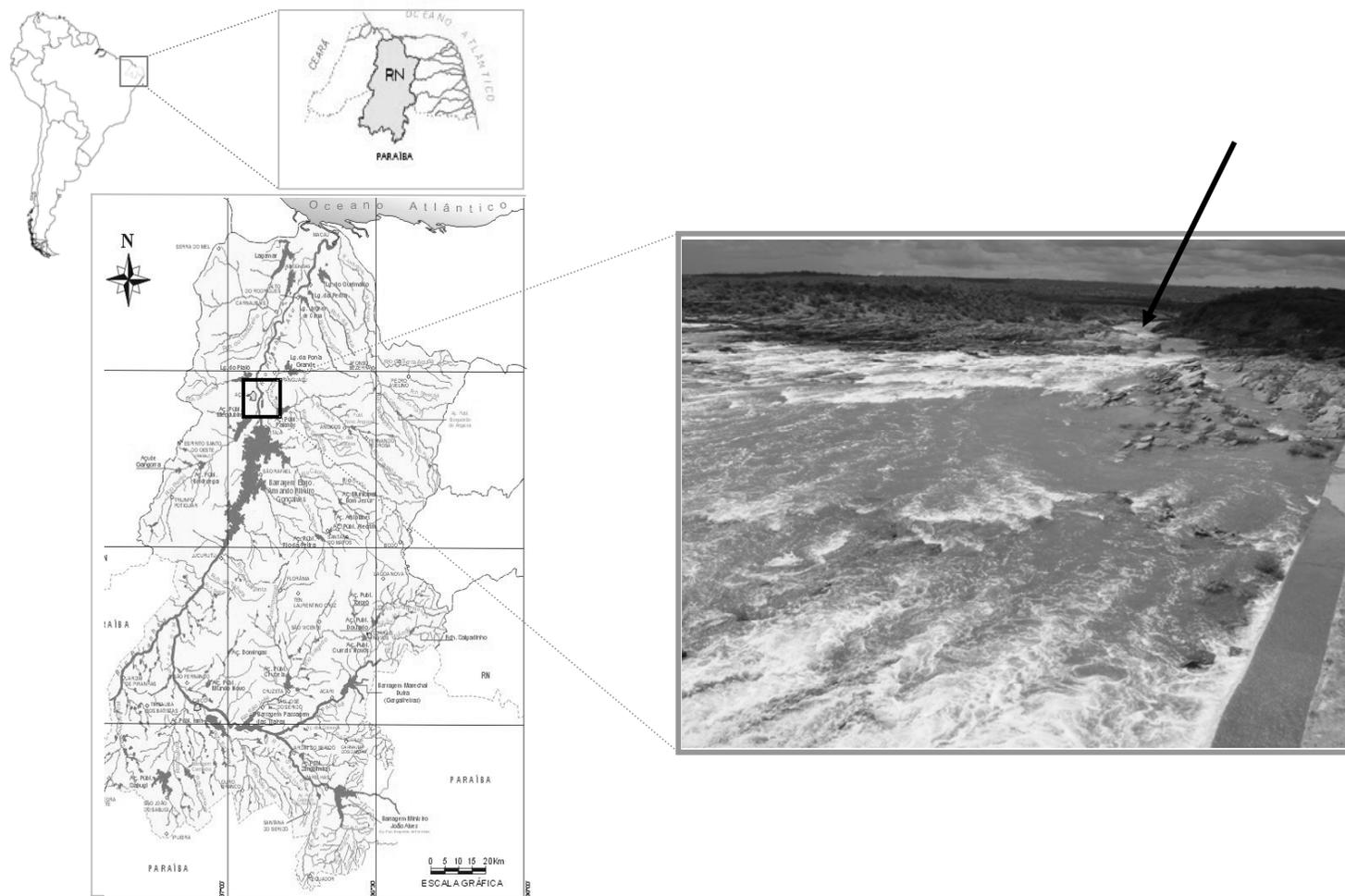


Figura 1. Área de Estudo: rio Assu, município de Taipu/RN, Brasil ($05^{\circ}39'92''$ S; $036^{\circ}53'92''$ W). Área de coleta de coleta indicada pela seta.

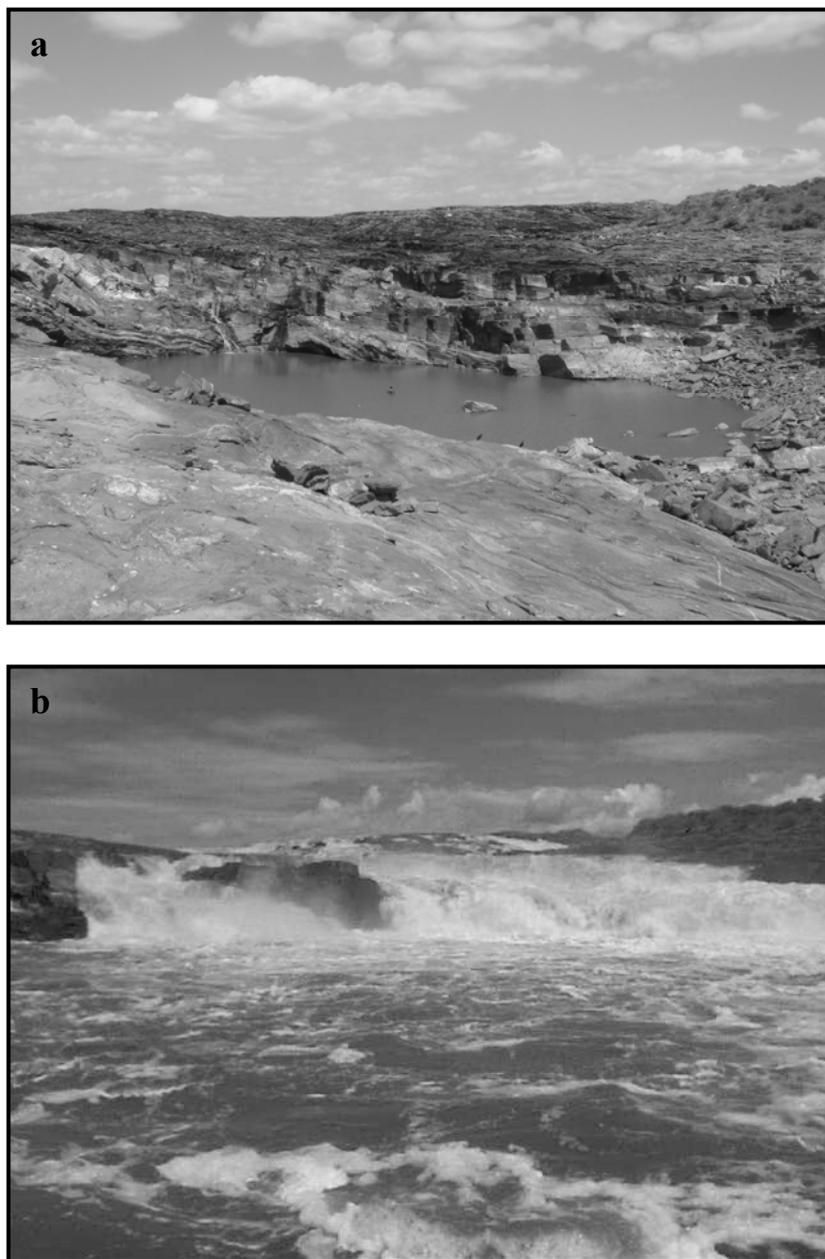


Figura 2. Local de coleta de peixes: (a) Período de estiagem e (b) Período de chuva, Rio Assu, rio Grande do Norte.

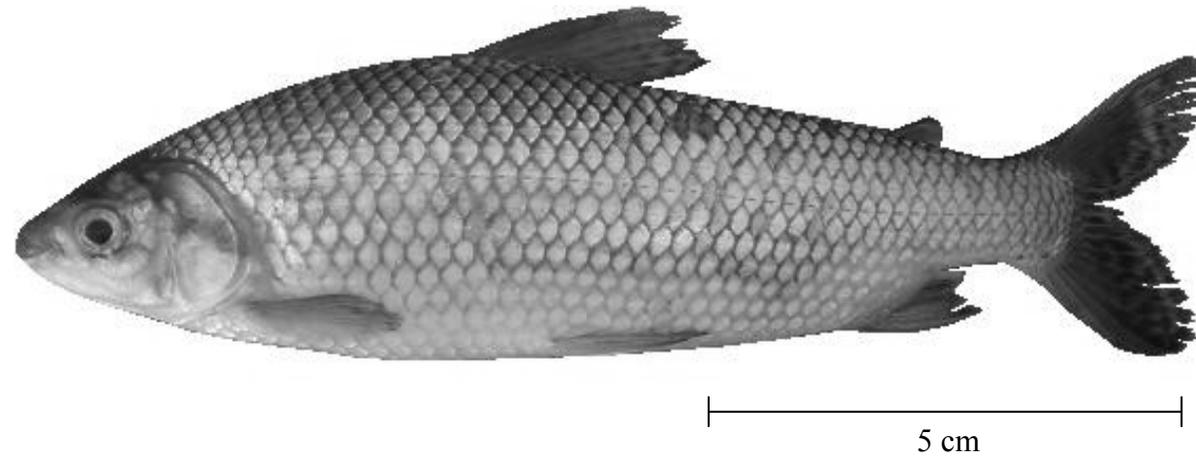
3.2 Espécies em Estudo

3.2.1 *Prochilodus brevis*

Os peixes da Família Prochilodontidae são iliófagos, isto é, alimentam-se da vasa que se acumula no fundo dos lagos, lagoas ou poças e poços de rios onde a água corre vagarosamente; são, portanto, espécies de ambientes lênticos, completamente desprovidas de dentes (AZEVEDO et al., 1938).

Várias são as espécies do gênero *Prochilodus*, distribuídas por todas as bacias hidrográficas brasileiras (CASTRO, 1991). *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875), regionalmente conhecida como curimatã (Figura 3), pertence à ordem Characiformes, originada das bacias nordestinas principalmente as cearenses sendo atualmente disseminadas por todo o Nordeste e parte do Sudeste (DOURADO, 1981). Embora apresente grande valor comercial no sertão norterio-grandense, é pouco conhecida do ponto de vista biológico. Não defendem território nem despendem cuidados parentais, habitam preferencialmente áreas não marginais dos rios e açudes. Quando jovens alimentam-se de plâncton e quando adultos, apresentam regime alimentar iliófago, ingerindo ainda restos de animais e vegetais (DOURADO, 1981). Faz parte de um grupo de peixes reofilicos que percorrem trajetos de vários quilômetros até as áreas de reprodução, onde desovam em águas abertas (GESTEIRA, 1978).

Estudos sobre a curimatã foram realizados por Dourado et al. (1971) e Dourado e Davies (1978) que trataram de aspectos do crescimento de *P. cearensis* do açude Pereira de Miranda, em Pentecostes no estado do Ceará. Gesteira (1978) abordou aspectos biológicos ligados à produtividade da pesca nos açudes públicos da área do “Polígono das secas” no Nordeste do Brasil. Peret (1980) estudaram as formas de cultivo intensivo e semi-intensivo, ressaltando aspectos como densidade populacional, efeito de adubação e produtividade da pesca dessa espécie. Informações sobre comportamento em ambiente natural foram descritas por Araújo e Gurgel (2002).



Posição Taxonômica (Nelson, 2006):

Classe: Osteichthyes

Subclasse: Actinopterygii

Ordem: Characiformes

Família: Prochilodontidae

Gênero: *Prochilodus*

Espécie: *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875)

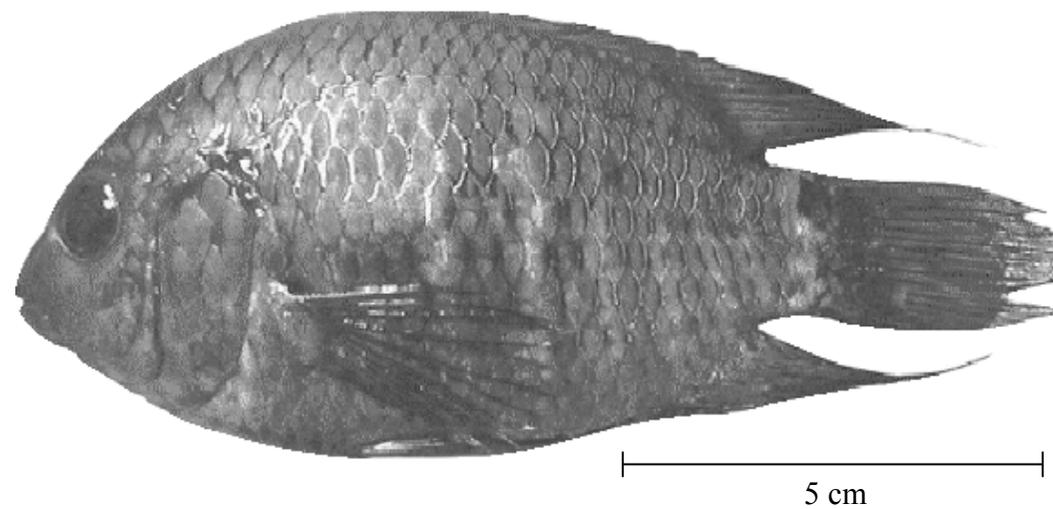
Figura 3. Espécie em estudo, curimatã *Prochilodus brevis*.

3.2.2 *Cichlasoma orientale*

Os ciclídeos constituem uma considerável parcela da ictiofauna lacustre, sendo comuns desde época remota nos ecossistemas aquáticos (DIEB et al., 1991). É a quarta família em número de espécies do mundo, com cerca de 700, das quais, 100 são amazônicas. Os ciclídeos são peixes adaptados às províncias lóticis, sendo por isso, comumente encontrados em lagoas marginais, lagos, reservatórios e remansos dos rios. Possuem os raios das nadadeiras dorsal e anal e o primeiro raio da nadadeira ventral transformados em espinhos. A linha lateral é dividida em dois ramos: um anterior que corre mais dorsalmente e outro, posterior, que corre sobre o meio do pedúnculo caudal (KULLANDER, 2003).

O gênero *Cichlasoma* compreende 118 espécies no Novo Mundo e pelo menos 17 delas são encontradas na América do Sul, sendo um gênero presente na ictiofauna de água doce brasileira. É endêmico dos rios dos estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba (KULLANDER, 2004).

Cichlasoma orientale Kullander, 1983, conhecido popularmente como cará (Figura 4), vive comumente em lagos e zonas marginais do rio e mesmo entre a vegetação flutuante (SANTOS et al., 1984), é carnívora, podendo ser encontrado também em sua dieta, outros itens alimentares como, escamas de peixes, sementes e algas (GURGEL et al., 1998). No estado do Rio Grande do Norte, o cará foi citado por Lucas (2004) na lagoa de Extremoz, Auzier (2001) no rio Pitimbú, Gurgel et al. (1994) na lagoa Redonda, Texeira e Gurgel (2004) no açude Riacho da Cruz.



Posição Taxonômica (Nelson, 2006):

Classe: Osteichthyes

Subclasse: Actinopterygii

Ordem: Perciformes

Família: Cichlidae

Gênero: Cichlasoma

Espécie: *Cichlasoma orientale* (Kullander, 1983)

Figura 4. Espécie em estudo, cará *Cichlasoma orientale*.

3.3 Coleta dos peixes

As coletas foram realizadas mensalmente de maio de 2008 a junho de 2009 com esforço de captura de duas horas de duração. Para a captura dos espécimes, foram utilizadas tarrafas e redes de 0,5 a 6 cm entre nós adjacentes.

Após as coletas, os exemplares foram acondicionados em caixas térmicas, sendo a seguir transportados ao Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para a realização da triagem. Mensalmente, os dados de temperatura da água, do ar, condutividade, pH e concentração de oxigênio dissolvido foram registrados utilizando-se kit multiparâmetro WTW 340i[®].

Para cada exemplar foram registradas as seguintes variáveis:

Comprimento total (Lt): distância entre a extremidade anterior da maxila à extremidade final da nadadeira caudal, expressa em centímetros;

Comprimento padrão (Ls): distância entre a extremidade anterior da maxila à extremidade final da coluna vertebral, expressa em centímetros;

Peso total (Wt): peso total do exemplar expresso em miligramas, com aproximação em centigramas, utilizando-se balança de precisão (BALMAK[®] modelo MP-2, máximo 2,5kg mínimo 10g);

Peso das gônadas (Wg): peso dos ovários e testículos expresso em miligramas, utilizando-se balança de precisão (MART[®] modelo AL 500, máximo 500g e mínimo 0,02g).

3.4 Análise dos Dados

3.4.1 Estrutura Populacional

A estrutura da população em comprimento total e peso foram determinados através da distribuição das frequências absolutas dos machos e fêmeas (média \pm SD) em cinco classes de Lt e seis classes de Wt (SANTOS, 1978).

3.4.2 Proporção Sexual

Os peixes foram dissecados e as gônadas removidas, pesadas e examinadas para identificar os sexos. A proporção entre os sexos foi verificada através da análise de distribuição de frequência relativa mensal de machos e de fêmeas durante o período de estudo (VAZZOLER, 1996).

3.4.3 Aspectos Reprodutivos

3.4.3.1 Características Macroscópicas das Gônadas

Os estádios de desenvolvimento das gônadas de ambos os sexos foram verificados. Para as fêmeas foram considerados: o grau de turgidez, coloração, vascularização, peso e o espaço ocupado na cavidade celomática. Para os machos foram considerados: coloração, tamanho do testículo e a existência do sêmen. A frequência relativa (%) foi determinada para cada estágio em todos os meses de coleta, com o objetivo de identificar a época de desova da espécie (VAZZOLER, 1996).

3.4.3.2 Comprimento da Primeira Maturação (L₅₀)

O comprimento corporal da primeira maturação (L₅₀) (\pm DP) baseou-se na distribuição de frequência relativa de fêmeas e machos adultos, por classe de comprimento padrão, e correspondeu à classe onde 50% dos exemplares apresentavam gônadas em desenvolvimento (SATO & GODINHO, 1988).

3.4.3.3 Período Reprodutivo

Foram utilizados dois métodos para avaliar o período reprodutivo da espécie. O qualitativo, considerando as mudanças macroscópicas mensais de porcentagens dos estádios de desenvolvimento gonadal e o quantitativo, de acordo com variações mensais dos parâmetros relacionados à maturidade sexual, tais como, índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (K).

O índice gonadossomático, conforme Wootton et al. (1978) como segue:

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

onde:

Wg é o peso das gônadas

Wt é o peso total do corpo.

O fator de condição (K) foi baseado em Le Cren (1951):

$$\text{K} = (\text{Wt} / \text{Lt}^b) \times 100$$

onde:

Wt = peso total do corpo

Lt = comprimento total

b = coeficiente angular.

3.4.3.4 Fecundidade

Foi estimada pelo método gravimétrico com auxílio de balança de precisão de quatro casas decimais. As gônadas foram pesadas e dissociadas em solução de Gilson modificada. Feita a dissociação o peso total dos ovócitos foi registrado e extraídas subamostras (três réplicas) que foram pesadas, sendo contado o número de ovócitos grandes e pequenos de cada réplica com auxílio de lupa. A fecundidade total foi estimada por regra de três simples a partir da média do número de ovócitos das três réplicas e média do peso das mesmas pelo peso total dos ovócitos na gônada (VAZZOLER, 1996).

3.4.4 Dados Ambientais

3.4.4.1 Pluviosidade

Para caracterizar o índice de pluviosidade mensal e anual (média \pm SD), foram obtidos os dados de precipitação pluviométrica da área de estudo fornecidos pela EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A). Esses dados foram correlacionados com IGS e K da espécie.

3.4.4.2 Variáveis Limnológicas

As variáveis limnológicas, tais como, temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), concentração de oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), pH e condutividade elétrica (μScm^{-1}) (média \pm SD) foram medidas *in situ*, entre 9:00h e 11:00h, utilizando sondas específicas com auxílio do kit multiparâmetro WTW[®] multi 340i.

3.4.5 Composição Ictiofaunística

3.4.5.1 Índice de Constância

O índice de constância das espécies de peixes foi calculado utilizando-se o índice de Dajoz (1973), através da equação:

$$C = (n / N) \times 100$$

onde:

C = constância

n = número de vezes que a espécie foi capturada

N = número total de coletas efetuadas.

A partir da frequência de ocorrência de cada espécie nas coletas, foram obtidos: espécie constante ($C > 50\%$), espécie acessória ($25 < C < 50\%$) e espécie rara ($C < 25$).

3.4.6 Análise Estatística dos Dados

O teste Komogorov Smirnov (KS) foi utilizado para confirmar se os dados de comprimento e peso total apresentavam distribuição normal, tanto para machos quanto para fêmeas. Para a determinação da ocorrência de diferenças significativas entre essas variáveis durante o período amostrado foram realizados testes de T-Student (t), ao nível de significância de 5%.

Para investigação da ocorrência de diferenças estatisticamente significativas na proporção sexual foi aplicado o teste Qui-quadrado (χ^2) (VIEIRA, 1980). Admitiu-se que a proporção esperada (E), em todos os casos, era de 50%:50%, sendo utilizada, nesse caso, a seguinte equação:

$$\chi^2 = \sum (O - E)^2 / E.$$

Para o grau de liberdade 1 e nível de significância de 5%, os valores de $\chi^2 > 3,84$ indicaram diferenças.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada com objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados, ordenar e identificar os principais indicadores de qualidade da água (temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, condutividade, pH e pluviosidade) relacionados ao período reprodutivo da espécie em estudo, utilizando-se o programa XLSTAT 7.5.3, com nível de significância $\alpha = 0,05$.

Referências

AB' SABER, A. N. 1995. **The Caatinga Domain**. In: S. Monteiro & L. Kaz (eds) **Caatinga-Setão, Sertanejos**. Editora Livrarte, Rio de Janeiro. p 47-55.

AB' SABER, A. N. 1999. **Sertões e Sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados. 13: 7-59.

AGOSTINHO, A. A., PELICICE, F. M. & GOMES, L. C. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilin Journal of Biology**. 68 (4): 1119-1132.

ALMEIDA, R. G. 1995. **Lagoa do Piató: fragmentos ecológicos**. In: T. Q. Aranha (ed) Sesquicentenário da Cidade de Assu, 1845-1995. Depto. Estadual de Imprensa, Natal. p 165-172.

ALMEIDA, R. G., SOARES, L. H. & EUFRÁZIO, M. M. 1993. **Lagoa do Piató: Peixes e Pesca**. Natal: CCHILA, UFRN, Natal. p 44-55.

ARAÚJO, A. S. 1998. **Variação temporal da frequência de captura e sazonalidade reprodutiva de *Prochilodus cearensis* Steindachner, 1911 (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans, Caíco, RN**. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 86p.

ARAÚJO, S. A. & GURGEL, H. C. B. 2002. Aspectos da biologia de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, RioGrande do Norte. **Revista Brasileira de Zoociências**. Juiz de Fora. 4 (1): 85-96.

AUZIER, R. A. C. 2001. **Síntese de conhecimento biológico da fauna íctica de um trecho de um rio da Mata Atlântica (Nordeste do Brasil)**. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 36p.

AZEVEDO, P., DIAS, M. V. & VIEIRA, B. B. 1938. Biologia do Saguirú (Characidae, Curimatinae). **Mem. Instituto Oswaldo Cruz**. 33 (4): 481-553.

BRAGA, R. A. . 1975. **Ecologia e etologia de piranhas no nordeste do Brasil (Pisces, Serrasalmus, Lacepede, 1803)**. Departamento Nacional de Obras contra a Seca, Fortaleza.

BUENO, R. M. X. & CHELLAPPA, S. 2003. **Composição ictiofaunística de valor comercial do açude público Marechal Dutra, Acari, RN**. Anais do Congresso Nordestino de Ecologia. 10. Olinda, PE. (CD-ROM).

BUENO, R. M. X. 2004. **Biologia reprodutiva do cascudo, *Hypostomus pusalum* (Starks, 1913) (Osteichthyes: Loricariidae) no açude Marechal Dutra, Acari, RN**. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 137p.

CÂMARA, M. R. 1998. **Ecologia e reprodução do tucunaré comum, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae) da barragem Campo Grande, RN**. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática), Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal, RN. 79p.

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 Brasiliensis**. 14 (2): 09-16.

CASTRO, R. M. C. 1991. Sistemática e distribuição geográfica da família Prochilodontidae (Ostariophysi, Characiformes). *In*: Encontro Brasileiro de Ictiologia, 9, Maringá. **Resumos: SBI/NUPELIA**. 128p.

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, (1): 267-273.

CBH - COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS. **Agência Nacional das Águas, Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: www.cbh.gov.br. 20.09.2010.

DAJOZ, R. 1973. **Ecologia geral**. Petrópolis: Editora Vozes. 471p.

DAMASCENO, D. N. F. 2008. **Biologia reprodutiva do mussum, *Synbranchus marmoratus*, Bloch, 1795 (Osteichthyes: Synbranchidae) do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte**. Monografia (Bacharelado em Aqüicultura), Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal, RN. 97p.

DIEB, J., GURGEL, H. C. B. & BARBIERI, G. 1991. Aspectos do comportamento biológico do “Jacundá”, *Crenicichla lepidota* (HECKEL, 1840) (PERCIFORMES, CICHLIDAE) da Lagoa do Bonfim. Nízia Floresta/RN. **Anais do Seminário Regional de Ecologia**. São Carlos. 6: 253-270.

DOURADO, O. F. 1981. **Principais peixes e crustáceos dos açudes controlados pelo DNOCS**. Fortaleza, Convênio SUDENE/DNOCS. 40p.

DOURADO, O.F.; DAVIES, W.D. 1978. Length-Weight relationships and condition indices of fishes from reservoir of Ceará, Brasil. **Inter for Aquaculture** – Alburn Univ. Series n. 18.

GESTEIRA, T. C. V. 1978. **Aspectos biológicos ligados à produtividade da pesca nos açudes públicos da área do “Polígono das Secas”, Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 135p.

GRIMM, N. B. & FISHER, S. G. 1991. **Responses of arid lands streams to changing climate**. pp 211-233 em Firth, P. & Fisher, S.G. (eds.) *Troubled Waters of the Greenhouse Earth: Climate change Water resources, and Freshwater ecosystem*. Springer-Verlag, New York.

GURGEL, H. C. B., ALMEIDA, R. G. & BARBIERI, G. 1994. Análise qualitativa da alimentação e o coeficiente intestinal de *Metynnis cf. rooseveltoi* Eigenmann 1915 (Characide, Myleinae), da lagoa Redonda, Nízia Floresta, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. Curitiba. 11 (2): 331-339.

GURGEL, H. C. B., ALMEIDA, R. G., BARBIERI, G. & VIEIRA, L. J. S. 1998. Dieta de *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840 (Perciformes, Cichlidae) da Lagoa Redonda, Nízia Floresta, RN. **Acta Scientiarum**. Maringá. 20 (2): 191-194.

IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**. Secretaria do Planejamento do Estado do RN. Natal. 31: 1-340. 20.09.2010.

KULLANDER, S. O. & FERREIRA, E. J. G. 2006. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). **Ichthyological Exploration of Freshwaters**. 17 (4): 289-398.

KULLANDER, S. O. 2003. **Family Cichlidae**. In: Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris, Jr., C. L (Ed). Check list of the Freshwater Fishes of South and Central America, Edipucrs, Porto Alegre. 611-660.

KULLANDER, S. O. 2004. *Apistogramma alacrina*, a new species of cichlid fish (Teleostei: Cichlidae) from Colombia. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**. 15: 41-48.

LE CREN, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal Animal Ecology**. 20: 201-219.

LUCAS, F. D. 2004. **Avaliação qualitativa e quantitativa da comunidade de peixes da Lagoa de Extremoz, Rio Grande do Norte**. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 39p.

LUNDBERG, J. G., L. G. MARSHALL, J. GUERRERO, B. HORTON, M. C. S. L. MALABARBA & F. WESSELINGH. 1998. **The stage for neotropical fish diversification: A history of tropical South America rivers**. Pp.13-48. In: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena & C. A. S. Lucena (Eds.). Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Porto Alegre, Edi. PUCRS, 603p.

MALTCHIK, L. & MEDEIROS, E. S. F. 2006. Diversidade, estabilidade e atividade reprodutiva de peixes em uma poça fluvial permanente no leito de um riacho efêmero, riacho Avelós, Paraíba, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Suplemento Especial (1): 20-28.

MALTCHIK, L. 1996a. Nossos rios temporários, desconhecidos, mas essenciais. **Ciência Hoje**. 21: 64-65.

MALTCHIK, L. 1996b. Perturbação hidrológica e zona hiporrêica: Bases fundamentais para pesquisas nos rios temporários do Semi-Árido brasileiro. **Revista Nordestina de Biologia**. 11: 1-13.

MALTCHIK, L. 1999. **Ecologia de rios intermitentes tropicais**. p. 77 - 90. IN: Pompeo, M. L. M. (Ed.) *Perspectivas da limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luiz.

MEDEIROS, A. P. T. 2001. **Ecologia, diversidade e aspectos reprodutivos da ictiofauna de valor comercial da lagoa de Extremoz, RN**. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 75p.

MEDEIROS, A. P. T., CHELLAPPA, N.T. & CHELLAPPA, S. 2003. Aspectos reprodutivos do cangati, *Parauchenipterus galeatus*, Linnaeus, 1766 (Osteichthyes: Auchenipteridae) da Lagoa de Extremoz, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20 (4): 647-650.

MEDEIROS, A. P. T., CHELLAPPA, S. & CHELLAPPA, N. T. 2004. **Período reprodutivo da pirambeba, *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858 (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa de Extremoz, Rio Grande do Norte**. p. 89 – 95. In: *Ecologia Aquática Tropical* Ed./Org: N. T. CHELLAPPA, S. CHELLAPPA & J. Z. O. PASSAVANTE. ISBN: 85-904363-3-0. Editora: Editora Serv-Graf, Natal / RN. 165p.

MEDEIROS, E. S. F. & L. MALTCHIK. 2000. Influence of hydrological disturbance on the reproduction of a fish community in an intermittent stream from the Brazilian semi-arid region. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**. 27: 906-911.

MIN - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. 2005. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, Brasília.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília.

NASCIMENTO, R. S. S., GURGEL, B. C. H., ARAUJO, F. J. 2004. Perfil temporal da reprodução de fêmea de *Poecilia vivipara* Block & Schneider, 1801 (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE) do rio Ceará-Mirim, Rio Grande do Norte, Brasil. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS. Iheringia Série Zoologia*. Porto Alegre. 17 (2): 53-66p.

NELSON, J. S. 2006. **Fishes of the world**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons. pp 601.

PERET, A. C. 1980. **Aspectos da Influência da densidade populacional em cultivo intensivo com curimatã-comum *Prochilodus cearensis* Steindachner, 1911, (Characidae, Prochilodontidae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. 87p.

ROSA, R. S. 2004. **Diversidade e conservação dos peixes da Caatinga**. In: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T., Lins, L.V. orgs. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA, Brasília, DF. 149-161.

ROSA, R. S., MENEZES, N. A., BRITSKI, H. A., COSTA, W. J. E. M. & GROTH, F. 2005. **Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga**. p. 135-180. In: LEAL, I. R., TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. (Editores). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora da UFPE, 2ª Ed. 822p.

SANTOS, E. P. 1978. **Dinâmica da população aplicada à pesca e piscicultura**. São Paulo: HUCITEC - Ed. Universidade de São Paulo. 129p.

SANTOS, G. M., JEGU, M. & MERONA, B. 1984. **Catálogo de peixes comerciais do baixo Rio Tocantins; projeto Tucuruí**. Manaus – AM. Eletronorte/CNPq/INPA, 83p.

SATO, Y., CARDOSO & GODINHO, H.P. 1988. **A questão do tamanho da primeira maturação dos peixes de Três Marias, MG.** pp. 93-94. In: Associação Mineira de Aquicultura (Ed.). Coletânea de resumos dos encontros da Associação Mineira de Aquicultura (AMA): 1982-1987. Brasília, CODEVASF. 137p.

SCHLEINGER, W. H., REYNOLDS, J. F., CUNNINGHAM, G. L., HUENNKE, L.F., JARRELL, W.M., VIRGINIA, R.A. & WHITFORD, W .G. 1990. Biological feedbacks in global desertification. **Science**. 247: 1043-1048.

TEIXEIRA, J. L. A. & GURGEL, H. C. B. 2004. Dinâmica da nutrição e alimentação natural de *Steindacnerina notonota* (Miranda-Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), Açude de Riacho da Cruz, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**. Juiz de Fora. 6 (1): 19-28.

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

VIEIRA, S. 1980. **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro, Ed. Campus Ltda. 196p.

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigo 1

COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE PEIXES DO RIO ASSU, SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

L. L. Gurgel, J. R. Verani, S. Chellappa

Artigo a ser submetido ao Journal of Ichthyology Research

Atende ao objetivo específico 1

Composição e riqueza de peixes do rio Assu, semi-árido do Brasil

L. L. Gurgel¹, J. R. Verani¹, S. Chellappa*²

¹Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,
Universidade Federal de São Carlos,
Rodovia Washington Luiz, km 235, 13565-905
São Carlos, São Paulo, Brasil.
E-mail: liliane.gurgel@ifrn.edu.br; verani@ufscar.br

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Centro de Biociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Praia de Mãe Luíza, s/n, 59014-100
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
E-mail: chellappa.sathyabama63@gmail.com

*Autor para correspondência: chellappa.sathyabama63@gmail.com

RESUMO

O conjunto de espécies de peixes de água doce que ocorre no semi-árido brasileiro representa o resultado de processos antrópicos, ecológicos e históricos de especiação vicariante. Os estudos realizados envolvendo o levantamento ictíico do semi-árido brasileiro são limitados. Este trabalho discute os padrões de composição, riqueza e registra o endemismo das espécies presentes no rio Assu, semi-árido do Rio Grande do Norte. Determinou-se a composição, a riqueza das espécies e a constância de ocorrência numa escala temporal. Foram capturados 556 indivíduos, estando distribuídos em três ordens (Characiformes, Perciformes, Siluriformes), 09 famílias (Prochilodontidae, Cichlidae, Auchenipteridae, Sciaenidae, Characidae, Loricariidae, Heptapteridae, Anostomidae, Curimatidae e Erythrinidae) e 17 espécies, destas, 13 são endêmicas, três introduzidas e uma exótica. As ordens mais representativas em termos de número de espécies de peixes foram Characiformes, Perciformes e Siluriformes. Entre as famílias, Prochilodontidae foi mais representativa seguida por Cichlidae. *Prochilodus brevis* foi a espécie endêmica mais expressiva, seguida pelo *Trachelyopterus galeatus*. Nove espécies foram consideradas constantes, cinco acessórias e três acidentais. Os resultados demonstraram elevado número de espécies endêmicas, entre elas as reofilicas que migram rio acima para desovar, e um reduzido número de introduzidas. A presença de espécies endêmicas aumenta a importância da preservação e manejo adequado deste ecossistema natural do semi-árido.

Palavras chave: diversidade, ictiofauna, conservação, espécie endêmica, semi-árido.

ABSTRACT

The freshwater fish communities which occur in the Brazilian semi-arid region represent the results of anthropic, ecological and speciation processes. Studies relating to ichthyological surveys in the Brazilian semi-arid region are limited. The present study deals with the composition, species richness and endemism in fish species of River Assu, of the semi-arid Rio Grande do Norte. The composition, species richness and constancy of occurrence of fish species were determined on a temporal scale. A total of 556 individuals were captured which were distributed in 3 orders (Characiformes, Perciformes, Siluriformes), 10 families (Prochilodontidae, Cichlidae, Auchenipteridae, Sciaenidae, Characidae, Loricariidae, Heptapteridae, Anostomidae, Curimatidae e Erythrinidae) and 17 species, of which, 13 were endemic, 3 introduced and one exotic. The orders more representatives in terms of number of fish species were Characiformes, Perciformes and Siluriformes. Among the families, Prochilodontidae was dominant followed by Cichlidae. *Prochilodus brevis*, an endemic species was most expressive followed by *Trachelyopterus galeatus*. Nine species were considered constant, five accessories and three accidental. The results demonstrate an elevated number of endemic species, among them the rheophilic fish which migrate to the head river to spawn, and a reduced number of introduced species. The presence of endemic species increases the importance of conservation and adequate management practice of this natural semi-arid ecosystem.

Key words: diversity, ichthyofauna, conservation, endemic species, semi-arid

INTRODUÇÃO

O Brasil abriga a biota mais diversa entre os 17 países megadiversos do planeta (LEWINSOHN & PRADO, 2002). Os peixes se apresentam como os vertebrados mais diversificados com 28.000 (NELSON, 2006) a 30.000 (FROESE & PAULY, 2007) espécies descritas, sendo a maior parte habitantes de águas quentes dos oceanos tropicais, perfazendo um total de 48% dos vertebrados. Os peixes de água doce são responsáveis por 20 a 25% da biodiversidade de vertebrados e há indícios de que somente na América do Sul ocorram mais de 8.000 espécies, tendo em vista apenas duas das diversas ordens descritas (Characiformes e Siluriformes). Um percentual de 30 a 40% de toda a diversidade existente na ictiofauna Neotropical não foi até o momento reconhecida (VARI & MALABARBA, 1998) uma vez que, esse conhecimento é limitado e incompleto (BOHLKE et al., 1978, LOWE-McCONNELL 1999, REIS et al., 2003), podendo o número de espécies de peixes de água doce para o Neotrópico chegar a 8.000, o que representaria cerca de 25% de todas as espécies de peixes do mundo (SCHAEFER, 1998; ROCHA et al., 2005).

Além disso, no Brasil, várias atividades antrópicas vêm alterando as condições naturais dos ambientes aquáticos, representando sérias ameaças à diversidade de peixes (AGOSTINHO et al., 2005). No Nordeste brasileiro os processos antrópicos são decorrentes da ocupação humana na região, com destaque para os programas de erradicação de piranhas com o uso de substâncias ictiotóxicas e explosivos (BRAGA, 1975), introdução de espécies alóctones como *Oreochromis niloticus* e *Cichla monoculus*, com vistas à piscicultura (ALMEIDA et al., 1993; CHELLAPPA et al., 2003; KULLANDER & FERREIRA, 2006; CHELLAPPA et al., 2009), construção de obras de engenharia hidráulica, como barragens, açudes e canais, extração de areia e outros minerais, destruição da vegetação ciliar e de áreas alagadas marginais e poluição dos cursos d'água por substâncias agrotóxicas, esgotos urbanos e industriais (ALMEIDA, 1995). Unido a esses fatores estão as condições naturais da região semi-árida que encontra-se sob influência do bioma Caatinga e apresenta características peculiares tais como, subsolo cristalino, regime intermitente e sazonal de seus rios e alta taxa de evaporação hídrica (LEAL et al., 2003).

O conjunto de espécies de peixes de água doce que ocorre neste ambiente representa o resultado de processos antrópicos, ecológicos e históricos de especiação vicariante (ROSA et al., 2005). Os estudos realizados envolvendo o levantamento da

ictiofauna do bioma Caatinga são limitados (ALMEIDA, 1995; ALMEIDA et al., 1993; ROSA et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2009). No Rio Grande do Norte foram desenvolvidos trabalhos com enfoque à ecologia reprodutiva e alimentar de espécies nativas e introduzidas (CHELLAPPA et al., 2003; MEDEIROS et al., 2003; MEDEIROS et al., 2004; ARAÚJO & GURGEL, 2002; CHELLAPPA et al., 2009), o que contribui no conhecimento biológico dos ecossistemas aquáticos do semi-árido. Contudo, não há um consenso acerca do levantamento da ictiofauna das bacias hidrográficas deste bioma. Este fato reflete a carência de estudos sobre a ecologia e sistemática dos peixes das principais bacias da região. Este trabalho discute os padrões de composição, riqueza e registra o endemismo das espécies íctíacas presentes no rio Assu, semi-árido do Rio Grande do Norte. Determinou-se a composição, a riqueza das espécies e a constância de ocorrência numa escala temporal. As seguintes questões foram abordadas: I) Quais as espécies de peixes encontradas no rio Assu, semi-árido do Brasil? II) Qual a riqueza, o endemismo e a diversidade local? III) Qual a constância de ocorrência dos peixes neste ambiente?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu (Figura 1) está localizada entre 04° e 08° de Latitude S e entre 36° e 39° de Longitude W. Esta bacia é totalmente inserida na região do semi-árido e abrange um território de 44.000 km² distribuído entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. O presente estudo foi realizado no rio Piranhas-Assu (5°39'92" S; 36°53'92" W) no estado do Rio Grande do Norte, que tem sua nascente na Serra do Bongá na Paraíba, com o nome de rio Piranhas, recebe as águas dos rios paraibanos Piancó e do Peixe e entra no Rio Grande do Norte pelo município de Jardim de Piranhas, agora com o nome de rio Assu, passando a receber as águas de todos os rios que formam a bacia hidrográfica da região do Seridó. O rio Piranhas-Assu foi represado pela barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) e passou a formar um grande lago, que, através de adutoras, abastece de água várias cidades, além de irrigar a área de cultivo de frutas tropicais (IDEMA, 2004).

Coleta dos Peixes

As amostragens foram realizadas no rio Assu, logo após o barramento do açude ARG, entre julho de 2008 e julho de 2009. Os peixes foram capturados utilizando-se tarrafas de malha com abertura entre nós de 7,0 e 19,0 cm. Após as coletas os exemplares foram conservados em gelo e transportados ao Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. As medidas morfométricas e as contagens merísticas foram registradas a fim de identificar o status taxonômico de cada espécie. Registrou-se o comprimento total e o peso total dos peixes. Exemplares de cada espécie foram depositados na coleção ictiológica do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

Análise dos Dados

Determinou-se a riqueza pelo número total de indivíduos capturados e a constância de Dajoz (1978) que foi utilizada para identificar quais as espécies constantes numa escala temporal: $C = n/N * 100$, onde n = número de coletas onde a espécie foi capturada e N = número total de coletas realizadas. A partir do resultado obtido, cada espécie foi classificada em: constante, $C > 50\%$; acessória, $25\% \leq C \leq 50\%$ e acidental, $C < 25\%$.

RESULTADOS

I) Quais as espécies de peixes encontradas no rio Assu, semi-árido do Brasil?

No rio Assu foram capturados 556 peixes distribuídos em 3 ordens (Characiformes, Perciformes, Siluriformes), 09 famílias (Prochilodontidae, Cichlidae, Auchenipteridae, Sciaenidae, Characidae, Loricariidae, Heptapteridae, Anostomidae, Curimatidae e Erythrinidae) e 17 espécies (Figura 2), destas, 13 são endêmicas, três introduzidas e uma exótica.

→**INSERIR Fig. 2**

II) Qual a riqueza, o endemismo e a diversidade local?

As ordens mais abundantes em termos de número de espécies de peixes da bacia Piranhas-Assu foram as seguintes: Characiformes (44%), Perciformes (33%) e Siluriformes (23%) (Figura 3a). Entre as famílias Prochilodontidae foi mais representativa (32%), seguida por Cichlidae (23%) (Figura 3b). Entre as espécies

endêmicas, curimatã, *Prochilodus brevis* foi a mais expressiva (32,4%) seguida pelo cangati, *Trachelyopterus galeatus* (11,9 %) (Figura 3c).

A ordem que apresentou maior riqueza de famílias foi Characiformes, sendo elas, Characidae, Prochilodontidae, Anostomidae e Erythrinidae. As ordens Perciformes e Characiformes apresentaram a maior riqueza de espécies, totalizando 70,59% das capturas do rio Assu. As espécies introduzidas totalizaram 18,1%, sendo *Astronotus ocellatus*, *Cichla monoculus* e *Plagioscion squamosissimus* originárias de outras bacias nacionais e apenas *Oreochromis niloticus* oriunda do continente Africano (Quadro 1).

→INSERIR QUADRO. 1

→INSERIR Fig. 3

III) Qual a constância de ocorrência dos peixes neste ambiente?

No rio Assu nove espécies foram consideradas constantes, cinco acessórias e três acidentais (Tabela 1). A observação da amplitude do comprimento padrão (cm) revelou a presença, em sua maior parte, de indivíduos adultos.

→INSERIR Tab. 1

DISCUSSÃO

O rio Assu é o principal constituinte da maior bacia hidrográfica do estado do Rio Grande do Norte, contudo nenhuma pesquisa de levantamento ictiofaunístico havia sido desenvolvida até o presente. Este é o primeiro registro das espécies de peixes após 27 anos da construção do açude público Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves que interrompeu o curso natural deste rio. Os resultados demonstraram um elevado número de espécies endêmicas do bioma Caatinga, incluindo as reofílicas (*P. brevis* e *Leporinus piau*) que continuam realizando migração rio acima para desovar.

Dentre as famílias encontradas, apenas Cichlidae e a Sciaenidae apresentaram espécies introduzidas ou exóticas. *Astronotus ocellatus*, *Cichla monoculus* e *Plagioscion squamosissimus* são espécies originárias da bacia do Amazonas (KULLANDER, 2004). A única espécie exótica registrada para o rio Assu foi a tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, que é um ciclídeo oriundo do Sudão, leste da África entre o Congo e a Libéria. O percentual de espécies introduzidas e exóticas no rio Assu alcançou 18,1% e este valor pode estar retratando os esforços de introdução de espécies nas bacias hidrográficas, uma vez que estas espécies foram introduzidas nos açudes do

nordeste brasileiro desde o início dos anos 70 (KUBITZA, 2000). No Nordeste brasileiro o cultivo da tilápia vem se destacando como uma atividade capaz de propiciar oportunidades aos produtores familiares de regiões semi-áridas, visto que a produção de peixes em açudes, poços e lagoas é fundamental à sobrevivência das comunidades e produtores familiares da região (BARBOSA et al., 2006).

O levantamento inicial da composição e riqueza das espécies ictíicas do rio Assu são componentes principais da biodiversidade e favorece conhecimentos dos diferentes nichos ocupados por estas, o que significa, em última instância, o entendimento da dinâmica de funcionamento do ecossistema, quanto à ciclagem de nutrientes e à produção de energia (WORM & DUFFY, 2003). Ainda neste sentido, a diversidade de espécies, tem se revelado significativamente importante em muitos aspectos funcionais dos ecossistemas, determinando a feição organizacional que influencia os seus processos, através do número de espécies presentes, sua composição, abundância relativa, interação e as variações temporal e espacial nestas propriedades, influenciando, também, a plasticidade e a resistência dos ecossistemas às variações ambientais (CHAPIN et al., 2000, TILMAN, 2000). Deve-se ressaltar que, por ser um estudo pioneiro de levantamento ictiofaunístico, o mesmo deve ser realizado em outros locais que não foram contemplados no presente estudo, contribuindo assim para o melhor entendimento do funcionamento do rio Assu.

A representação de 52,9% dos peixes pertencentes à ordem Characiformes registrada no presente estudo reflete a situação descrita para os rios (Lowe-McConnell, 1999) e lagoas temporárias neotropicais (Veríssimo, 1994). Esse predomínio foi também descrito por Canan (1993) na lagoa de Boa Cicca, RN. A ictiofauna presente nos rios do semi-árido inclui representantes de diferentes grupos neotropicais típicos, mostrando-se menos diversificada quando comparada à de outros ecossistemas brasileiros, devido principalmente aos processos históricos, às alterações climáticas e aos fatores antrópicos (ROSA et al., 2005).

A categoria de constância pode diferir entre ambientes e parece refletir a habilidade biológica da espécie, nas diferentes fases ontogenéticas, em explorar os recursos ambientais disponíveis num determinado momento do biótipo (LEMES & GARUTTI, 2002). A maioria das espécies capturadas foi classificada como constante no rio Assu, incluindo as espécies introduzidas de outras bacias, *O. niloticus* e *P. squamosissimus*. Tem sido hipotetizado que, naturalmente, as espécies constantes são residentes e espécies introduzidas antropogenicamente podem se tornar, ao longo dos

anos, residentes de um ecossistema natural distinto daquele de sua origem (SANTOS, 1999).

Cinco espécies foram classificadas como acessórias no rio Assu, apresentando algumas flutuações devido ao conjunto de fatores bióticos e abióticos que ocorrem no ecossistema e os fatores como a disponibilidade de locais de alimentação, refúgio e reprodução que são fundamentais para que ocorra o estabelecimento das espécies (BENNEMANN et al., 2000).

De acordo com Tilman (2000), uma elevada riqueza leva a um maior aproveitamento das condições do hábitat, aumentando a eficiência de uso dos recursos. No rio Assu, o regime hidrológico apresenta cheias e secas acentuadas. No período chuvoso, muitos rios voltam ao seu curso superficial, favorecendo abrigo e grande variedade de alimentos para os peixes. Na seca, a oferta de alimento é menor devido ao baixo nível da água, que faz com que as comunidades de peixes fiquem concentradas em poças que se formam neste período.

A modificação da fauna é esperada com a construção de barragens, destruição da vegetação ripária e introdução de espécies de outras bacias. Assim, rios perenes e intermitentes do semi-árido devem receber prioridade nos estudos, antes que muitas espécies venham a desaparecer (BÖHLKE et al., 1978; CASTRO, 1999).

CONCLUSÃO

De uma forma geral, o manejo da biodiversidade para o seu uso sustentável está relacionado com a conservação da mesma por motivos ecológicos e econômicos. Para isso, levantamentos ictíacos fornecem informações importantes para o uso sustentável dos recursos naturais, uma vez que o grau de biodiversidade é o principal fator que determina o funcionamento do ecossistema. A assembléia de peixes do rio Assu é formada por 17 espécies, com baixa dominância de espécies introduzidas. O alto grau de endemismo constatado nessa região deve ser contemplado nas ações futuras de manejo, especialmente pelo fato dos açudes nessa região serem dispostos em série e, portanto, potencializando os perigos de extinção local de espécies.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A., THOMAZ, S. M. & GOMES, L. C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**.1: 70-78.

ALMEIDA, R. G. 1995. **Lagoa do Piató: fragmentos ecológicos**. In: T. Q. Aranha (ed) Sesquicentenário da Cidade de Assu, 1845-1995. Depto. Estadual de Imprensa, Natal. p 165-172.

ALMEIDA, R. G., SOARES, L. H. & EUFRÁZIO, M. M. 1993. **Lagoa do Piató: Peixes e Pesca**. Natal: CCHILA, UFRN, Natal. p.44-55.

ARAÚJO, S. A. & GURGEL, H. C. B. 2002. Aspectos da biologia de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, RioGrande do Norte. **Revista Brasileira de Zoociências**. 4 (1): 85-96.

BARBOSA, J. M. & PONZI JR., M. 2006. Arranjos produtivos no sertão nordestino: aqüicultura e pesca. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**.1(1): 30-37.

BENNEMANN, S. T., SHIBATTA, O. A. & GARAVELLO, J. C. 2000. Peixes do rio Tibagi: uma abordagem ecológica. Londrina, UEL. pp 62.

BÖHLKE, J. E., WEITZMAN, S. H. E MENEZES, N. A. 1978. Estado atual da sistemática dos peixes de água doce da América do Sul. **Acta Amazonica**. 8 (4):657-677.

BRAGA, R. A . 1975. **Ecologia e etologia de piranhas no nordeste do Brasil (Pisces, Serrasalmus, Lacepede, 1803)**. Departamento Nacional de Obras contra a Seca, Fortaleza.

CANAN, B. 1993. **Aspectos biológicos dos peixes de valor econômico da lagoa de Boa Cicca, Nísia Floresta, RN**. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. pp 90.

CASTRO, R. M. C. 1999. **Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais**. Pp. 139-155 In: E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril & P.R. Peres- Neto (Eds.). Ecologia de peixes de riachos. Série Oecologia Brasiliensis, vol. 7, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro. pp 260.

CHAPIN III, F. S., ZAVALA, E. S., VINER, V. T., NAYLOR, R. L., VITOUSEK, P. M., REYNOLDS, H. L., HOOPER, D. U., LAVOREL, S., SALA, O. E., HOBBIE, S. E., MACK, M. C., DIAZ, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. **Nature**. 405: 234-242.

CHELLAPPA, S., BUENO, R. M. X., CHELLAPPA, T., CHELLAPPA, N. T., VAL, V.M.F.A. 2009. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologica**. 39: 325-329.

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(1): 267-273.

DAJOZ, R. 1978. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes. pp179.

FROESE, R & PAULY, D. (Eds). 2007. **Fishbase**. World Wide Web electronic publication.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente Rio Grande do Norte. 2004. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte. Secretaria do Planejamento do Estado do RN**. Natal. 31: 1-340.

KUBITZA, F. 2000. **Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial**. Ed. USP, SP. pp 285.

KULLANDER, S. O. 2004. Guide to the South American Cichlidae. <http://www.nrm.se/ve/pisces/acara/welcome.shtml>. Accessed on August 23, 2010.

KULLANDER, S. O. & FERREIRA, E. J. G. 2006. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). **Ichthyological Exploration of Freshwaters**. 17(4): 289-398.

LEAL, I. R., TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. 2003. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora da UFPE. pp 822.

LEMES, E. M. & GARUTTI, V. 2002. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. **Iheringia, Ser. Zool.** 92 (3).

LEWINSOHN, T. M. & P. I. PRADO 2002. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. Editora Contexto, São Paulo.

LOWE-McCONNELL, R. H. 1999. **Estudos Ecológicos de Peixes Tropicais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, A. P. T., CHELLAPPA, N. T. & CHELLAPPA, S. 2003. Aspectos reprodutivos do cangati, *Parauchenipterus galeatus*, Linnaeus, 1766 (Osteichthyes: Auchenipteridae) da Lagoa de Extremoz, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20 (4): 647-650.

MEDEIROS, A. P. T., CHELLAPPA, S. & CHELLAPPA, N. T. 2004. **Período reprodutivo da pirambeba, *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858 (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa de Extremoz, Rio Grande do Norte**. p. 89 – 95. In: Ecologia Aquática Tropical Ed./Org: N. T. Chellappa , S. Chellappa & J.Z.O. Passavante. ISBN: 85-904363-3-0. Editora: Editora Serv-Graf, Natal / RN. 165p. Natal: CCHILA, UFRN, Natal. 44-55.

NASCIMENTO, W. S. do, SOUZA, L. L. G., ARAÚJO, A. S. de, BARROS, N. H. C., SOUZA, M. C. G. de, CAVALCANTE, L. F. M., SANTOS, H. L., CHELLAPPA, S. & ROSA, R. S. 2009. **Ictiofauna nativa e introduzida no açude Marechal Dutra do bioma Caatinga**. Autores: In: XII Congresso Brasileiro de Limnologia.

NELSON, J. S. 2006. **Fishes of the world**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons. pp 601.

REIS, R. E., S. O. KULLANDER & C. J. FERRARI Jr. 2003. **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. EDPUCRS, Porto Alegre, Brasil.

ROCHA, O., ESPÍNDOLA, E. L. G., FENERICH-VERANI, N., VERANI, J.R., RIETZLER, A. C. 2005. **Espécies invasoras em águas doces: estudos de caso e propostas de manejo**. pp 416.

ROSA, R. S. 2004. **Diversidade e conservação dos peixes da caatinga**. In J.M.C. da Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca, L.V. Lins (Orgs.) Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF.

ROSA, R. S., MENEZES, N. A., BRITSKI, H. A., COSTA, W. J. E. M. & GROTH, F. 2005. **Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga**. In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. eds. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora UFPE, Recife, 135-180.

SANTOS, G. S. 1999. **Estrutura de comunidades de peixes de reservatório do sudeste do Brasil, localizados nos rios Grande e Paranaíba, bacia do Alto Paraná**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. pp166.

SCHAEFER, S. A. 1998. **Conflict and resolution: impact of new taxa on phylogenetic studies of the neotropical cascudinhos (Siluroidei: Loricariidae)**. In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.S. Lucena & C.A.S. Lucena (eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. pp. 375-400. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.

TILMAN, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*. 405: 208-211.

VARI, R. P. & L. R. MALABARBA. 1998. **Neotropical ichthyology: an overview**. In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z M.S. Lucena & C.A.S. Lucena (eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. pp. 1-11. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.

VERÍSSIMO, S. 1994. **Variações na composição da ictiofauna em três lagoas sazonalmente isoladas, nas planícies de inundação do alto Rio Paraná, Ilha Porto Rico, PR, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos/SP.

WORM, B., DUFF, J. E. Biodiversity, productivity and stability in real food webs. 2003. *Trends in Ecology and Evolution*. 18(12): 628-632.

QUADRO 1.

Classificação	Nome Comum	N	Origem
Ordem Characiformes			
Família Characidae			
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	Piaba	20	Endêmica
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	Piaba	20	Endêmica
<i>Serrasalmus sp.</i> (Linnaeus, 1766)	Piranha	5	Endêmica
<i>Triportheus angulatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Sardinha	8	Endêmica
Família Prochilodontidae			
<i>Prochilodus brevis</i> (Steindachner, 1875)	Curimatã	180	Endêmica
Família Anostomidae			
<i>Leporinus piau</i> (Fowler, 1941)	Piau	15	Endêmica
Família Erythrinidae			
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Traíra	6	Endêmica
Ordem Siluriformes			
Família Loricariidae			
<i>Hypostomus pusalum</i> (Starks, 1913)	Cascudo	14	Endêmica
<i>Pseudancistrus papariae</i> (Fowler, 1941)	Cascudo-barbudo	16	Endêmica
Família Auchenipteridae			
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)	Cangati	66	Endêmica
Família Heptapteridae			
<i>Pimelodella gracilis</i> (Valenciennes, 1835)	Niquim	30	Endêmica
Ordem Perciformes			
Família Cichlidae			
<i>Astronotus ocellatus</i> (Agassiz, 1831)	Oscar-apaiarí	1	Introduzida
<i>Crenicichla menezesi</i> (Ploeg, 1991)	Jacundá	15	Endêmica
<i>Cichlasoma orientale</i> (Kullander, 1983)	Cará	62	Endêmica
<i>Cichla monoculus</i> (Spix & Agassiz, 1831)	Tucunaré	13	Introduzida
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	Tilápia	37	Exótica
Família Sciaenidae			
<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel, 1840)	Pescada-branca	48	Introduzida
TOTAL		556	

N = Frequência Absoluta; Origem = Endêmica: espécie endêmica; Introduzida: espécie introduzida de outras bacias do Brasil; Exótica: espécie introduzida de bacias de outros continentes).

TABELA 1.

Espécie	Lt min (cm)	Lt máx (cm)	Lt méd ± DP (cm)	Wt min (g)	Wt máx (g)	Wt méd ± DP (g)	Ci (%)
<i>Astyanax bimaculatus</i>	6,6	7,5	7,1±0,4	5,2	70,0	5,6±0,6	Const. (100)
<i>Astyanax fasciatus</i>	7,3	7,6	7,5±0,2	5,9	6,0	5,9±0,2	Const. (100)
<i>Serrasalmus sp.</i>	19,0	19,0	-	185,0	190,0	-	Aciden. (20)
<i>Triportheus angulatus</i>	10,0	20,0	15,0±1,0	46,0	25,0	28,0±5,0	Acess. (50)
<i>Prochilodus brevis</i>	5,3	32,8	20,0±5,3	5,0	416,5	139,3 ±76,6	Const. (100)
<i>Leporinus piau</i>	9,6	30,0	14,9±4,8	11,5	428,0	52,9±30,7	Acess. (50)
<i>Hoplias malabaricus</i>	18,5	19,0	-	200,0	218,0	-	Aciden. (20)
<i>Hypostomus pusarum</i>	16,5	18,5	10,1±1,6	89,0	205,0	130±4,5	Const. (100)
<i>Pseudancistrus papariae</i>	16,0	23,5	20,0±3,0	97,0	203,0	131,0±54,0	Const. (100)
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	12,0	23,0	18,0±2,0	65,0	120,0	96±26,0	Acess. (50)
<i>Pimelodella gracilis</i>	8,5	16,5	13,0±1,8	2,5	26,0	14,1±5,8	Acess. (50)
<i>Astronotus ocellatus</i>	19,0	19,0	-	218,0	218,0	-	Aciden. (20)
<i>Crenicichla menezesi</i>	8,5	16,5	12,0±1,0	6,5	65,0	30,0±12,0	Acess. (50)
<i>Cichlasoma orientale</i>	1,3	13,7	11,3±1,3	12,0	76,5	37,9±15,4	Const. (100)
<i>Cichla monoculus</i>	15,0	28,0	23,0±6,0	68,0	312,0	168,0±111,0	Const. (100)
<i>Oreochromis niloticus</i>	15,0	19,0	17,0±5,1	100,0	333,00	105,0±7,3	Const. (100)
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	15,0	35,5	25,0±5,0	75,0	530,0	196,0±15,0	Const. (100)

Lt min: Comprimento total mínimo; Lt máx: Comprimento total máximo; Lt méd: Comprimento total médio ± Desvio Padrão; Wt min: Peso total mínimo; Wt máx: Peso total máximo; Wt méd: Peso total médio ± Desvio Padrão; Ci: Constância da espécie (Const. = constante; Acess. = acessória; Aciden. = acidental).

FIGURA 1.

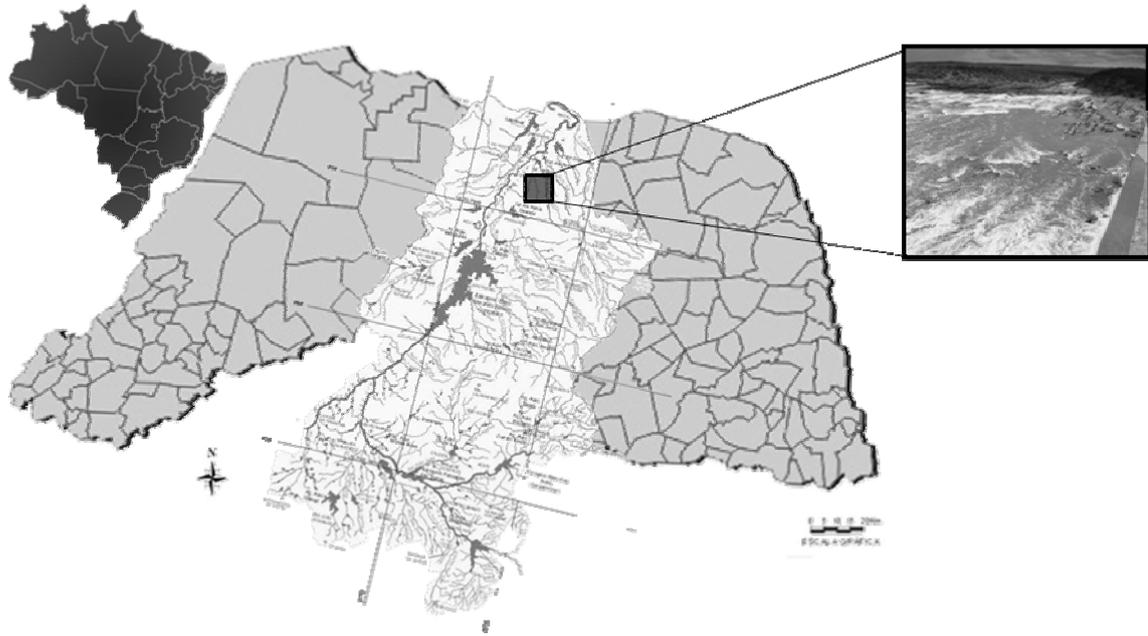


FIGURA 2.

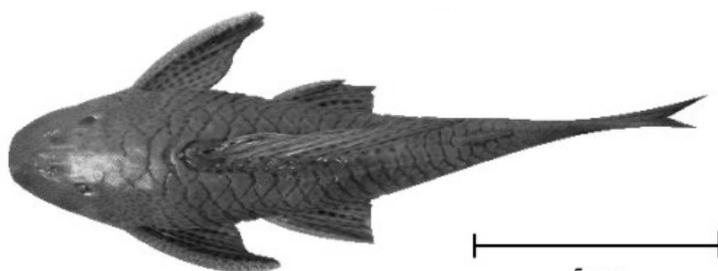
*Astyanax bimaculatus* 5 cm*Astyanax fasciatus* 5 cm*Serrasalmus sp.* 5 cm*Prochilodus brevis* 5 cm*Leporinus piau* 5 cm*Hoplias malabaricus* 5 cm*Hypostomus pusarum* 5 cm*Pseudancistrus papariae* 5 cm

FIGURA 2 (cont.).



Trachelyopterus galeatus



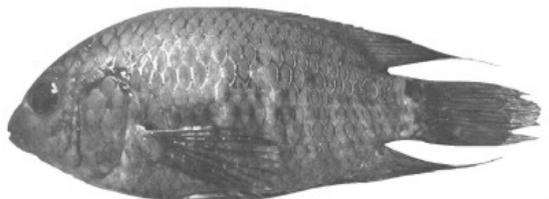
Pimelodella gracilis



Astronotus ocellatus



Crenicichla menezesi



Cichlasoma orientale



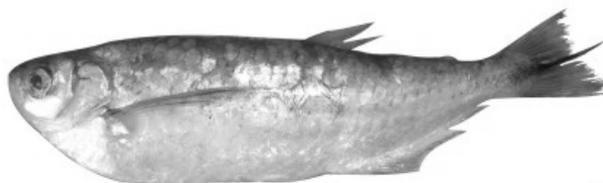
Cichla monoculus



Oreochromis niloticus



Plagioscion squamosissimus



Triportheus angulatus

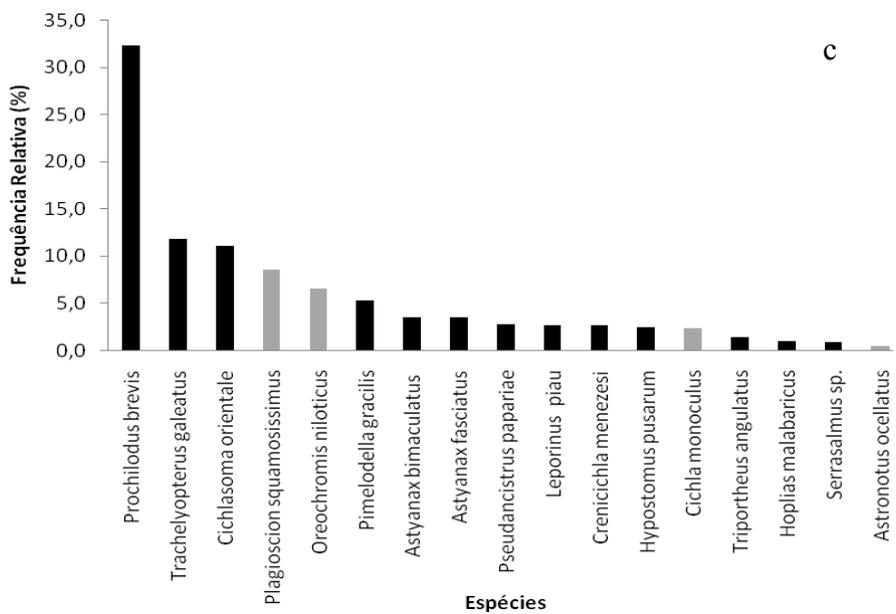
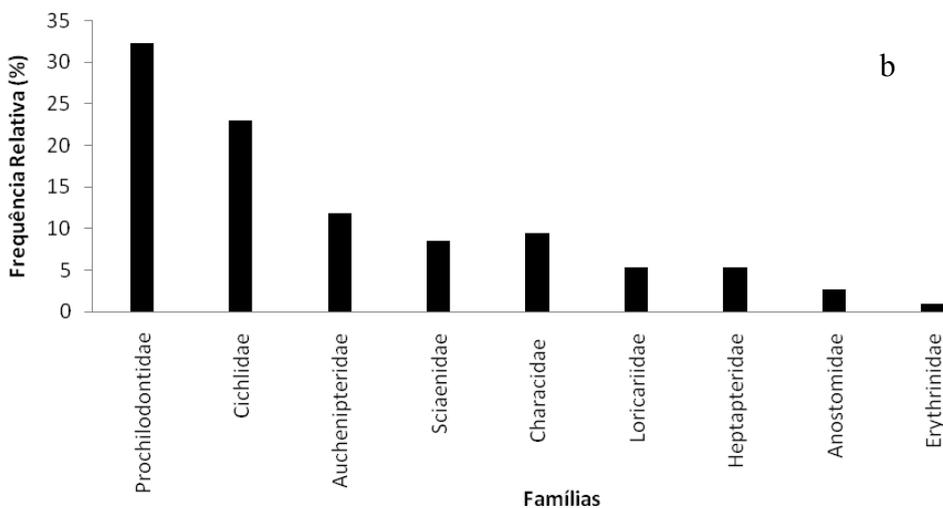
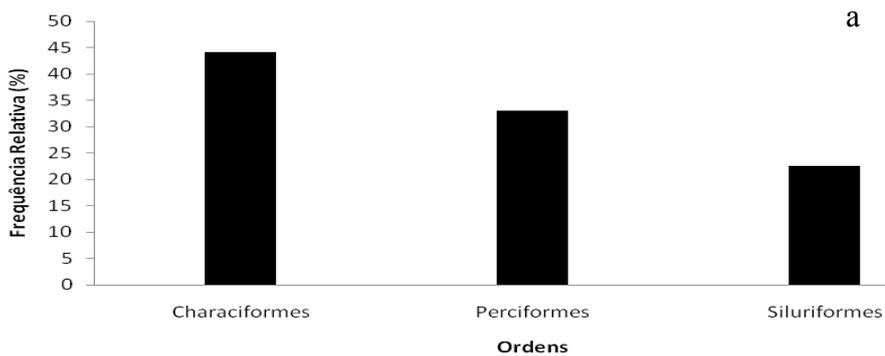


Figura 1. Localização do trecho amostrado no curso do rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Figura 2. Espécies de peixes capturadas no rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Figura 3. Frequência relativa das ordens (a), famílias (b) e espécies (c) capturadas no rio Assu, Bacia Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Quadro 1. Espécies capturadas, nome comum, frequência absoluta (N) e origem (espécie endêmica e introduzida de outra bacia) no rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Tabela 1. Comprimento total (Lt) e peso total (Wt), seus valores mínimos, máximos, médios e os valores da constância de ocorrência (Ci%) dos peixes do rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Artigo 2

**POPULATION STRUCTURE AND REPRODUCTION OF AN ENDEMIC FISH IN A
SEMI-ARID REGION OF BRAZIL: MANAGEMENT IMPLICATIONS**

L. L. Gurgel, J. R. Verani, S. Chellappa

**Artigo submetido à Ecology of Freshwater Fish
(Normas em Anexo)**

Atende ao objetivo específico 2

Population structure and reproduction of an endemic fish in a semi-arid region of Brazil: management implications

L. L. Gurgel¹, J. R. Verani¹, S. Chellappa*²

¹Post-Graduate Programme in Ecology and Natural Resources,
Universidade Federal de São Carlos,
Rodovia Washington Luiz, km 235,
São Carlos, São Paulo, Brazil CEP: 13565-905
E-mail: liliane.gurgel@ifrn.edu.br; verani@ufscar.br

²Post-Graduate Programme in Ecology, Department of Oceanography and Limnology,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN),
Praia de Mãe Luiza, s/n, Natal, RN. Brazil CEP: 59014-100.
E-mail: chellappa.sathyabama63@gmail.com

***Corresponding author:** chellappa.sathyabama63@gmail.com

Running Title: Population structure and reproduction of *Prochilodus brevis*

Total number of pages: 16

Number of Figures: 8

Number of Tables: 0

Abstract

Understanding the factors related to the reproductive strategy of endemic fish species at spatial and temporal scales is essential for their conservation and management. The present study investigated the reproductive strategy of *Prochilodus brevis* in the River Assu, located in the semi-arid Northeastern Brazil. Population structure, sex proportion, length at first gonadal maturity, stages of gonadal development, gonadosomatic index, condition factor, reproductive period and limnological variables were determined. Temporal distribution of mean rainfall, water temperature, dissolved oxygen concentration, pH and electrical conductivity values were related to the reproductive period of *P. brevis*. Analyses of GSI, K and size of oocytes indicate that reproduction occurs from January to March and that this species is a total spawner. Rainfall influenced alterations in limnological characteristics and the reproductive period of the species. The reproductive strategy of *P. brevis* is well adapted to the environmental characteristics of the semi-arid region.

Keywords: endemic species, *Prochilodus brevis*, reproductive period, rainfall, limnological variables.

Introduction

Brazil has more endemic freshwater fish species than any other country in the world, besides several distinct biomes rich in animals and plants, such as the Caatinga. This biome covers an area of 734,478 Km² with more than twenty million inhabitants, is one of the most densely populated semi-arid regions in the world. Such proportions, in addition to innumerable unique characteristics, call for systematic scientific exploration of its fauna, flora, water and mineral resources, as well as ecological and climatic aspects. The semi-arid region of Brazil is one of six large climatic zones, showing peculiar characteristics marked by wide variations in rainfall (Leal et al. 2003).

The climatic conditions, associated to current global environmental changes and the impermeable nature of the crystalline subsoil, are important factors that characterize the drainage network of semi-arid northeastern Brazil (Rosa 2004). As a result of evolutionary processes, the freshwater species that occur in this region reveal the presence of highly specialized fauna, where only the fittest have survived (Lundberg et al. 1998).

Fish belonging to the order Characiformes are currently distributed throughout the Neotropical region, with a high proportion of detritivores from the families Prochilodontidae and Curimatidae (Sivasundar et al. 2001). These families include stocks of important fish that account for around fifty percent of the community biomass of some regions (Bowen 1983; Flecker 1996). The migratory endemic species of the genus *Prochilodus* are found in the main South American drainage basins.

Species of *Prochilodus* are an important ecological component of South American rivers. Taylor et al. (2006) investigated the effects of removing a dominant migratory detritivorous species (*Prochilodus mariae*) on the functioning of the Las Marias ecosystem in the Orinoco Basin. According to these authors, the absence of this species caused changes in the metabolism and organic carbon flow of this ecosystem, leading to total degradation of the river.

The species *Prochilodus brevis*, endemic to the semi-arid region of Brazil (Rosa 2004; Rosa et al. 2005; Chellappa et al. 2009a), is regionally known as curimatã. Although it has considerable economic importance in northeastern Brazil, its reproductive ecology is scarcely known. In the juvenile phase *P. brevis* feeds on plankton, but when adults become iliophagous, in addition to ingesting animal and plant remains. It is part of a group of rheophilic fish which migrates for several kilometers to

the headwaters of the river to spawn in open waters (Nelson 2006). The construction of reservoirs and predatory fishing of *P. brevis*, mainly during the spawning, when females are mature, puts their survival at risk and could affect the functioning of ecosystems. Furthermore, global climatic changes have been modifying the rainfall regime of semi-arid regions, altering the reproductive process of the species.

Considering the importance of *P. brevis* in the River Assu, located in the semi-arid region of northeastern Brazil, the aim of the present study was to characterize the reproductive strategy, assess population structure, sexual proportion, size at first gonadal maturity, gonadal maturation stages, gonadosomatic index (GSI) and condition factor (K). Environmental variables, such as rainfall, water temperature, electrical conductivity, pH and dissolved oxygen concentration were used to identify the main limnological indicators related to the reproductive period of *P. brevis*.

Material and Methods

Study area

Freshwater ecosystems in the state of Rio Grande do Norte make up the seven drainage basins, the largest of which is the Piranhas-Assu hydrographic basin, encompassing 43,000Km² or around 40% of the state. In addition to public consumption, this drainage basin is used for agricultural activities, such as fruit growing, shrimp farming and fish culture. This basin supplies 46 cities in Rio Grande do Norte (RN) and 102 in Paraíba (PB), mainly from two important reservoirs: the Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (EARG) reservoir in RN, with a maximum capacity of 2.4 billion cubic meters and the Curema-Mãe D'água reservoir in PB, with 1.3 billion cubic meters capacity, considered strategic to the socioeconomic and environmental development of both states (IDEMA 2004).

The River Assu (5°39'92'' Lat. S and 36°53'92'' Long. W) is one of the main rivers belonging to the Piranhas-Assu hydrographic basin (Fig. 1). The relatively low depth (15m) and high turbulence caused by resuspension of organic sediments from the bottom layers result in a large amount of dissolved humic compounds that influence water transparency, thus reducing the euphotic zone of this environment.

→ **Insert Fig.1**

Sample collection

Fish were captured in shallow stretches of the River Assu, downstream from the EARG dam, with the help of local fishermen and capture effort of 2 hours/per sample, using gill and cast nets with mesh size of 7 cm. Fish were captured on a monthly basis during May 2008 to June 2009. After capture, the specimens were packed in thermal boxes filled with ice and taken to the Ichthyology Laboratory of the Department of Oceanography and Limnology, Federal University of Rio Grande do Norte for sorting.

Morphometric and meristic measures were performed to confirm the taxonomic classification of *P. brevis* (Britski et al. 1984). For each specimen we measured total length (Lt) in centimeters, which corresponds to the distance between the anterior extremity of the maxilla to the extremity of the caudal fin, standard length (Ls) in centimeters, delimited by the distance between the anterior extremity of the maxilla and the last lumbar vertebra (used to calculate L_{50}), total weight (Wt) in grams and gonadal weight (Wg) in grams. Sample specimens of this species were deposited in the museum collection of the Department of Systematics and Ecology at the Federal University of Paraíba.

Population structure

The total length and weight were determined using the absolute frequencies of males and females (mean \pm SD) in five classes of total length (Lt) and six of total weight (Wt) (Santos 1978).

Sexual proportion

After a longitudinal incision in the abdomen of each individual the gonads were removed. The macroscopic aspects and maturation stages of the gonads were observed besides determining the sex of each fish (Vazzoler 1996).

Length at first gonadal maturity (L_{50})

Body length at first gonadal maturity (L_{50}) (\pm SD) was based on the relative frequency of adult females and males, by standard length, corresponding to the class where 50% of specimens exhibited maturing gonads (Sato et al. 1988).

Reproductive period

Two methods were used to assess the reproductive period of the species. The qualitative method was based on monthly macroscopic changes in gonadal development stages and the quantitative method on monthly variations in parameters related to sexual maturation, such as gonadosomatic index (GSI) and condition factor (K). The gonadosomatic index was based on Wootton et al. (1978), as follows: $GSI = (Wg / Wt) \times 100$; where Wg is gonad weight and Wt is total body weight. The condition factor (K)

was based on Le Cren (1951), where $K = 100 (Wt / Lt^b)$; Wt = total body weight, Lt = total length and b = angular coefficient.

Fecundity

The ovaries were removed, weighed and preserved in modified Gilson solution for 24 hours for complete dissociation of oocytes, which were then washed and preserved in 70% ethyl alcohol. A 10% sample was removed for counting and the values were extrapolated to 100% (Vazzoler 1996). We used mature females ($N=10$) with mean length of 27.43 ± 2.98 cm and mean weight of 362.25 ± 75.08 g, whose ovaries were in a mature state, weighing on an average 48.09 ± 26.76 g.

Rainfall

Monthly and annual rainfall data (mean \pm SD) were obtained from EMPARN (Agriculture Research Company of Rio Grande do Norte). The data were correlated with the GSI and K of *P. brevis* to determine the reproductive period.

Limnological variables

Limnological variables, such as water temperature ($^{\circ}\text{C}$), dissolved oxygen concentration (mgL^{-1}), pH and electrical conductivity (μScm^{-1}) (mean \pm SD) were measured in situ, between 9:00h and 11:00h, using specific probes and a WTW multi 340i meter.

Data analysis

The t-test was used to determine if there was a statistically significant difference between the lengths and weights of both sexes. Sexual proportion was calculated monthly and the 1:1 null hypothesis was tested using the Chi-squared (χ^2) test (Vieira 1980). Principal component analysis (PCA) was applied to reduce data size and to order and identify the main water quality indicators (water temperature, dissolved oxygen concentration, conductivity, pH and rainfall) related to the reproductive period of the species under study, using XLSTAT 7.5.3 software, at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Results

Population structure

A total of 257 specimens of *P. brevis* were captured. Analysis of total length and weight for both sexes shows that the smallest specimen captured during the study period was 5.3 cm in length and 5 g in weight, while the largest were 32.8 cm long and weighed 416.5 g. One hundred and twenty-one of the individuals collected were females

(19.2 ± 6.5 cm Lt and 134.3 ± 101.5 g Wt) and 136 males (20 ± 5.3 cm Lt and 139.3 ± 76.6 g Wt). Female body length ranged between 6.5 and 32.8 cm and body weight between 5 and 416.5 g, with predominance in the 16-24 cm and 4-75 g ranges. Males varied from 5.3 to 28.7 cm and from 5 to 385.0 g, with predominance in the 16-24 cm and 150-225 g ranges (Fig. 2). There was no statistically significant difference between the lengths and weights of males and females ($t=-1.03243$; $p>0.05$; $t=0.450915$; $p>0.05$).

→ **Insert Fig.2**

Sexual proportion

Monthly frequency distribution of males and females of *P. brevis* during the study period showed that the sexual proportion of 1.3M:1F was different from the expected ratio of 1M:1F and statistically significant ($\chi^2 = 101.49$; $p<0.00$), except in June and September, where the absence of a difference (1:1) was statistically significant ($\chi^2 = 1.15$ and 0.14). There was predominance of males, mainly from October to February and in May, while females predominated in March-April and July-August (Fig. 3).

→ **Insert Fig.3**

Gonadal maturation stages

Since *P. brevis* exhibited no secondary sexual characteristics, even during the reproduction period, no sexual dimorphism was observed. Only after gonad exposure was it possible to identify the sex of each individual. The following macroscopic stages of gonadal maturation were identified for both sexes: immature, maturing, mature, spent and resting (Fig. 4).

→ **Insert Fig.4**

Immature females (N=42) showed transparent filament-shaped ovaries with mean weight of 1.51g, without evidence of vascularization, translucent cells in the central part with smooth margins. In males (N=41), the testicles were translucent, small and thin, with undulating margins and mean weight of 0.86g.

In maturing females (N=25), the ovaries were voluminous, weighing an average of 2.49g, dark red in color with clearly visible vascularization. The testicles (N=34)

were thread-shaped, varying from translucent to slightly whitish, with mean weight of 0.84g.

Mature ovaries (N=3) exhibited maximum size, with mean weight of 16.49g and occupying nearly all the abdominal cavity. They were reddish-brown in colour, and replete with vitellogenic oocytes visible to the naked eye. The testicles (N=13) were clearly more developed than in the previous phase and weighed an average of 2.09g. They were light pink in color and spermatic fluid flow occurred under light pressure.

In the spent stage (N=13) the ovaries were partially empty with mean weight of 0.79g, reddish colour with hemorrhaging aspect. The spent testicles (N=17), which weighed an average of 1.02g, were empty and translucent, showing hemorrhagic or flaccid aspect and dark brown and reddish in colour in some of the regions.

The resting stage showed similar characteristics for both sexes, where the gonads occupy a small portion of the coelomic cavity. They exhibit foliaceous aspect, little vascularization and mean weight of 0.89g and 0.52 g for females (N=40) and males (N=31) respectively. Specimens at resting stage could be distinguished from immature individuals by their larger body size.

Length at first gonadal maturity (L_{50})

Body length at first gonadal maturity (L_{50}) was calculated as 19.2 ± 0.21 cm for females (N=62) and 18.6 ± 0.07 cm for males (N=58) (Fig. 5).

→ **Insert Fig.5**

Reproductive period

Monthly frequency of occurrence of gonadal maturation stages in *P. brevis* showed that maturing females appeared from October to April and males from November to June. Mature females were captured in February and March and males between January and March. Spent individuals of both sexes were found from March to July, while specimens in the resting phase occurred from June to November for females and July to November for males (Fig. 6).

→ **Insert Fig.6**

In both sexes mean GSI values started to increase in December, reaching a maximum in January (GSI = 4.15 ± 4.08), this was followed by a decrease, reaching a minimum value in March (GSI = 0.70 ± 0.59) (Fig. 7a). Specimens of both sexes in the

spent stage were captured between March and July ($GSI = 0.36 \pm 0.26$). The specimens were in resting stage in November-December ($GSI = 0.36 \pm 0.25$).

Analysis of condition factor (K) showed a similar annual pattern for males and females of *P. brevis* (Fig. 7a). Temporal variations in K demonstrated a low range, where the highest values occurred from October to December ($K = 0.012 \pm 0.001$), and the lowest from January to March ($K = 0.010 \pm 0.003$). There was an annual peak in November 2008 ($K = 0.012 \pm 0.007$) and a minimum value in March ($K = 0.008 \pm 0.005$). K and GSI were inversely correlated, that is, K exhibited its highest values when GSI was lowest and vice versa (Fig. 7a).

Rainfall

Mean monthly rainfall data for the period of May 2008 to June 2009, show that the rainy season in the semi-arid region extends from January to June, with mean rainfall of 118 ± 58.3 mm. Intense rainfall occurred in March and April, reaching a peak of 185 mm in April. The dry season occurred from July to December, with mean rainfall of 9.5 ± 10.4 mm. There was no rain during the months of October and November.

The gonadosomatic index values for both sexes in relation to monthly mean rainfall were positively correlated, with $r = 0.11$ and $p < 0.05$. The fish were apt to reproduce when GSI values were highest, at the onset of the rainy season. GSI was lowest during the months of intense rainfall, indicating spawning (Fig. 7b).

→ **Insert Fig.7**

Fecundity

Relative fecundity showed amplitude of variation in the number of vitellogenic oocytes between 27,454.93 and 140,522.86, with a mean of $75,942.41 \pm 62.12$ mature oocytes.

Limnological variables

Dissolved oxygen concentration in May and June ranged from 4.8 to 10.1 mgL^{-1} (mean of 7.49 ± 1.78), electrical conductivity from 175 to $1997 \mu\text{S cm}^{-1}$ (mean of 448.93 ± 506.10), pH from 5.8 to 9.8 (mean of 7.98 ± 1.06) and temperature from 27 to $31.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (28.72 ± 2.07).

Principal Component Analysis (PCA)

The first two axes of principal component analysis (PCA) explained 66% of limnological data variability. Water temperature and dissolved oxygen concentration

were the most marked factors in the rainy season. Conductivity and pH were prominent in the dry season (Fig. 8).

→ **Insert Fig.8**

Discussion

Reservoirs were built in the main drainage basins to supply drinking water, irrigation and electrical energy. Despite their importance for human development, the dams caused serious irreversible alterations to the natural hydrological regime of rivers, also altering ecosystem quality and the entire biota dynamics (Agostinho et al. 2008). Fish population studies are important tools in establishing conservation and restoration programs in both anthropogenically altered and natural environments, since, besides being biologically significant, they can be easily incorporated into mathematical models of population assessment (Gulland 1977). The present study contributed with knowledge about population structure and reproductive aspects of *P. brevis* that could be used in the management and conservation of this species.

There was predominance of females in the larger class sizes, showing higher body growth than in males. Larger females than males were also recorded for other species of the genus *Prochilodus*, such as *P. affinis* (Sato et al. 1996a) and *P. marggravii* (Sato et al. 1996b) in the São Francisco River basin of northeastern Brazil.

Sexual proportion differed from the expected 1:1 ratio, with significant predominance of males in the resting and maturing gonad stages. Spatial sexual segregation may occur during this period, with males and females inhabiting different areas in the environment. Males were captured where they were spatially congregated and separated from the females, a fact that justifies the sexual proportions observed during this period. In situ observation during the reproductive period showed that the mature females were found near the margins of the river and the males in the center of the riverbed, thereby justifying spatial segregation.

The values for length at first gonadal maturity (L_{50}) estimated for *P. brevis* differed from those observed in other species of the same genus or family. Alvarenga et al. (2006) studied *Curimatella lepidura* (Curimatidae) in the Juramento reservoir of Minas Gerais state and found a standard L_{50} of 7.7 cm for females and 7.1 cm for males. Barbieri et al. (2004) reported values of 24.82 for females and 24.18 for males of *P. lineatus*. According to Santos (1978), there is no fixed size after which individuals start

to reproduce; instead, it increases gradually with the size of the species. In this case, the author defined size at first maturity as that corresponding to 50% of the population of adult individuals. According to Schaffer (1974), size at first gonadal maturity is a very sensitive parameter in the life cycle of animals and the considerable influence of the genetic component on the delimitation of this parameter suggests that it may be an important adaptive character. This information becomes highly relevant in stock assessment models and also as a reference for regulating fishing of *P. brevis*. This species has significant economic value and plays an important role in riverine ecosystems.

The reproductive characteristics and spawning period of the fish varied according to species and ecological traits of the drainage basins. The semi-arid region of northeastern Brazil is characterized by a brief rainy season coupled with a long dry season. Rain is the most important environmental factor that modulates the reproductive period of fish (Chellappa et al. 2009a). The GSI was a good indicator of the reproductive period of *P. brevis*, showing an inverse correlation with K. Males displayed a similar strategy to that of females in relation to gonadal maturation and reproductive period. Similar behavior was described by Chellappa et al. (1995), while measuring seasonal variations in the energy status.

Climate had a significant influence on ecological processes both directly and indirectly (Friedland et al. 2000). A number of complementary processes may also act on a fish population in aquatic ecosystems such as indiscriminate exploitation and climatic effects (Ottersen et al. 2004). Both of these factors have been observed in the semi-arid region of northeastern Brazil.

Out of season fishing (when the fish are in their reproductive period), prohibited by IBAMA (Brazilian Environmental Agency) is steadily growing year to year. Moreover, dry periods are increasingly longer, with high levels of atypical rainfall over short periods of time. This is due to the influence of the climate phenomenon known as La Nina in 2008 and 2009. Fishing for *P. brevis* in the drainage basins of Rio Grande do Norte is prohibited from May to July. However, this period should be reconsidered, given that the rainfall regime in the semi-arid region of the state has been changing annually, causing modulations in the reproductive period of the species under study. It is suggested that the prohibited period be extended from March to July, thereby protecting the reproductive cycle of this species.

Fish fecundity is a characteristic that can vary substantially in a species as a function of length or weight (Wootton 1990). Absolute fecundity may vary from 4,380 oocytes for *Steindachnerina elegans* (Nomura & Taveira 1979) to 75,734 for *Cyphocharax gilberti* (Romagosa et al. 1984). In the present study, fecundity values were higher due to the greater gonad and body size of *P. brevis*.

During the rainy season, water temperature was low, while dissolved oxygen concentration increased. These two variables, the most marked during this period, were inversely correlated. High conductivity values and a more alkaline pH were recorded in the dry season. Similar results were found for a number of aquatic environments in the semi-arid region, as reported by Tundisi et al. (1999), Chellappa et al. (2009a), Chellappa et al. (2009b).

P. brevis (order Characiformes) is an important ecological component of South American rivers. Annihilation of a fish species from this order may have a large impact on the ecological cycle. In the semi-arid region this species reproduces under the influence of rainfall; however, indiscriminate fishing has been occurring during this prohibited period. We therefore conclude that there is a need to reconsider this period (out of season fishing), taking into account the intensification of climatic phenomena that are affecting the semi-arid region.

Acknowledgements

Thanks are due to CAPES for the financial support awarded during the study period to the first author. This study was funded by the National Council for Scientific and Technological Development of Brazil (CNPq).

References

- Agostinho, A.A., Pelicice, F.M. & Gomes, L.C. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology* 68: 1119-1132.
- Alvarenga, E.R., Bazzoli, N., Santos, G.B. & Rizzo, E. 2006. Reproductive biology and feeding of *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann) (Pisces, Curimatidae) in Juramento reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 314-322.
- Barbieri, G., Salles, F.A., Cestarolli, M.A. & Teixeira-Filho, A.R. 2004. Estratégias reprodutivas do dourado, *Salminus maxillosus* e do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 26: 169-174.
- Bowen, S.H. 1983. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes* 2: 137-144.
- Britski, H.A., Sato, Y. & Rosa, A.B.S. 1984. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chave de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco). Brasília: Câmara dos Deputados, CODEVASF, pp. 143.
- Chellappa, N.T., Câmara, F.R.A., Rocha, O. 2009b. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 69: 631-637.
- Chellappa, S., Bueno, R.M.X., Chellappa, T., Chellappa, N.T. & Val, V.M.F.A. 2009a. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica* 39: 325-329.
- Chellappa, S., Huntingford, F.A., Strang, R.H.C. & Thomson, R.Y. 1995. Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. *Journal of Fish Biology* 47: 775-787.

Flecker, A.S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology* 77: 1845-1854.

Friedland, K.D., Hansen, L.P., Dunkley, D.A. & Maclean, J.C. 2000. Linkage between ocean climate, post-smolt growth, and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the North Sea area. *ICES Journal of Marine Science* 57: 419-429.

Gulland, J.A. 1977. Fish population dynamics. London, John Willey e Sons Ltda, pp. 372.

IDEMA. 2004. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte. Secretaria do Planejamento do Estado do RN. Natal, 31: 1-340.

Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Animal Ecology* 20: 201-219.

Leal, I.R., Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. 2003. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife: Editora da UFPE, pp. 822.

Lundberg, J.G., Marshall, L.G., Guerrero, J., Horton, B., Malabarba, M.C.S.L. & Wesselingh, F. 1998. The stage for Neotropical diversification: a history of tropical South American rivers. In: Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S., Lucena, C.A.S., eds. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre, Brazil: EDIPUCRS, pp. 13-48.

Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons. pp 601.

Nomura, H. & Taveira, A.C.D. 1979. Biologia do Sagüiru *Curimatus elegans* Steindachner, 1874 do rio Mogi Guaçu, São Paulo (Osteichthyes, Curimatidae). *Revista Brasileira de Biologia* 39: 331-339.

Ottersen, G., Alheit, J., Drinkwater, K.F., Friedland, K.D., Hagen, E. & Stenseth, N.C. 2004. The response of fish populations to ocean climate fluctuations. *Marine*

Ecosystems and Climate Variation In: Stenseth, N. C., Ottersen, G., Hurrell, J. W. & Belgrano, A., eds. Oxford: Oxford University Press, pp. 73-94.

Romagosa, E., Godinho, H.M. & Narahara, M.Y. 1984. Tipo de desova e fecundidade de *Curimatus gilberti* (Quoy e Gaimard, 1824), da Represa de ponte Nova, alto Tietê. *Revista Brasileira de Biologia* 44: 1-8.

Rosa, R.S. 2004. Diversidade e conservação dos peixes da Caatinga. In: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T., Lins, L.V., eds. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA, Brasília, DF, pp. 149-161.

Rosa, R.S., Menezes, N.A., Britski, H.A., Costa, W.J.E.M. & Groth, F. 2005. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J.M.C., eds. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora UFPE, Recife, pp. 135-180.

Santos, E. P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo: Hucitec, pp. 89.

Sato, Y., Cardoso E.L. & Godinho, H.P. 1988. A questão do tamanho da primeira maturação dos peixes de Três Marias, MG. pp. 93-94. In: Associação Mineira de Aquicultura. Coletânea de resumos dos encontros da Associação Mineira de Aquicultura (AMA): 1982-1987. Brasília, CODEVASF, pp. 137.

Sato, Y., Cardoso, E.L., Godinho, A.L. & Godinho, H.P. 1996a. Hypophysation of fish *Prochilodus affinis* from the Rio São Francisco basin, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 48: 55-62.

Sato, Y., Cardoso, E.L., Godinho, A.L. & Godinho, H.P. 1996b. Hypophysation parameters of the fish *Prochilodus marggravii* obtained in routine hatchery station conditions. *Revista Brasileira de Biologia* 56: 59-64.

Schaffer, W. M. 1974. Selection for optimal life histories: the effects of age structure. *Ecology* 5: 291-303.

Sivasundar, A., Bermingham, E. & Orti, G. 2001. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (Prochilodus: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology* 10: 407-418.

Taylor, B.W., Flecker, A.S. & Hall Jr., R.O. 2006. Loss of a harvested fish species disrupts carbon flow in a diverse tropical river. *Science* 313: 833-836.

Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T., Rocha, O. 1999. Ecossistemas de Águas Interiores. In: A.B. Rebouças & J. G. Tundisi, *Águas doces do Brasil*. Instituto de estudos avançados, Academia brasileira de ciências, pp. 717.

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

Vieira, S. 1980. *Introdução à Bioestatística*. Rio de Janeiro, Ed. Campus Ltda, pp. 196.

Wootton, R. J. 1990. *Ecology of teleost fishes (Fish and Fisheries Sciences)*, London: Chapman & Hall, pp. 212.

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

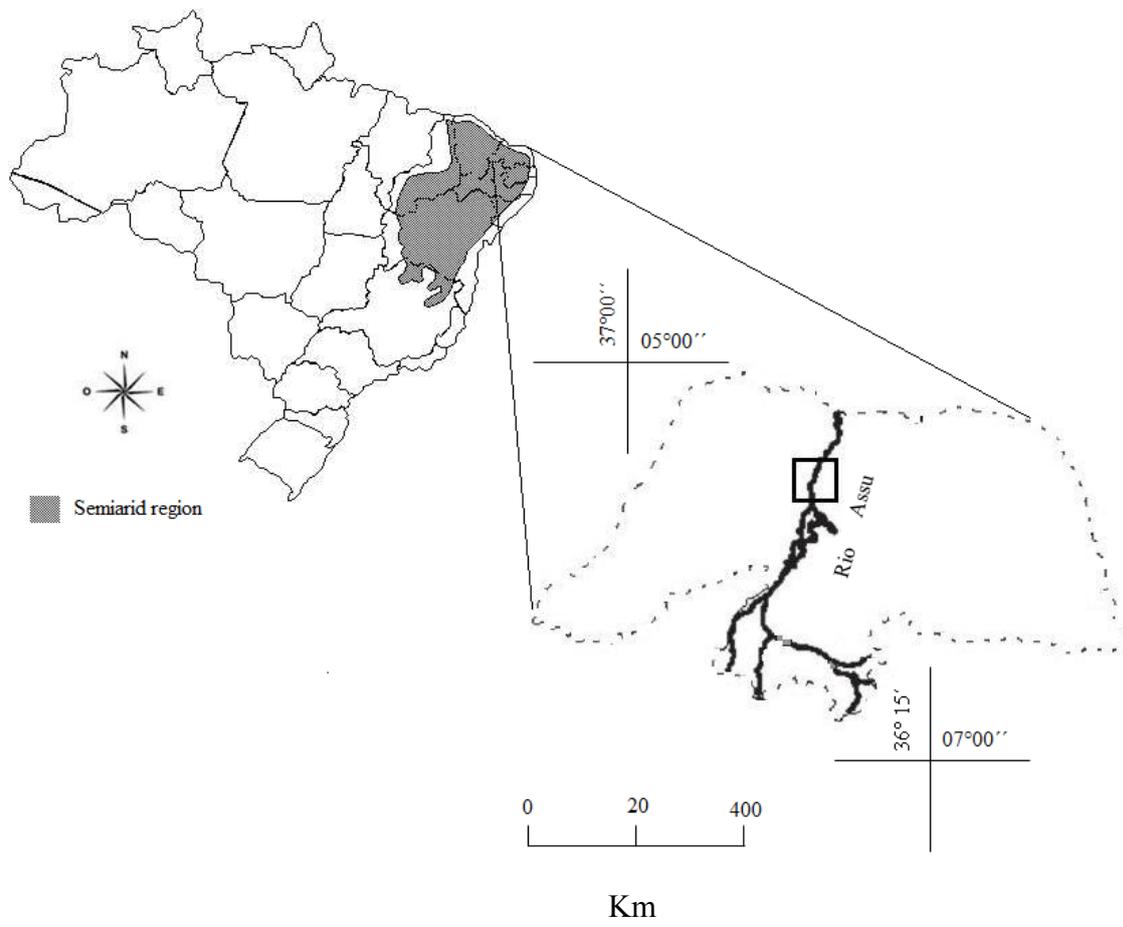
Figure 1.

Figure 2.

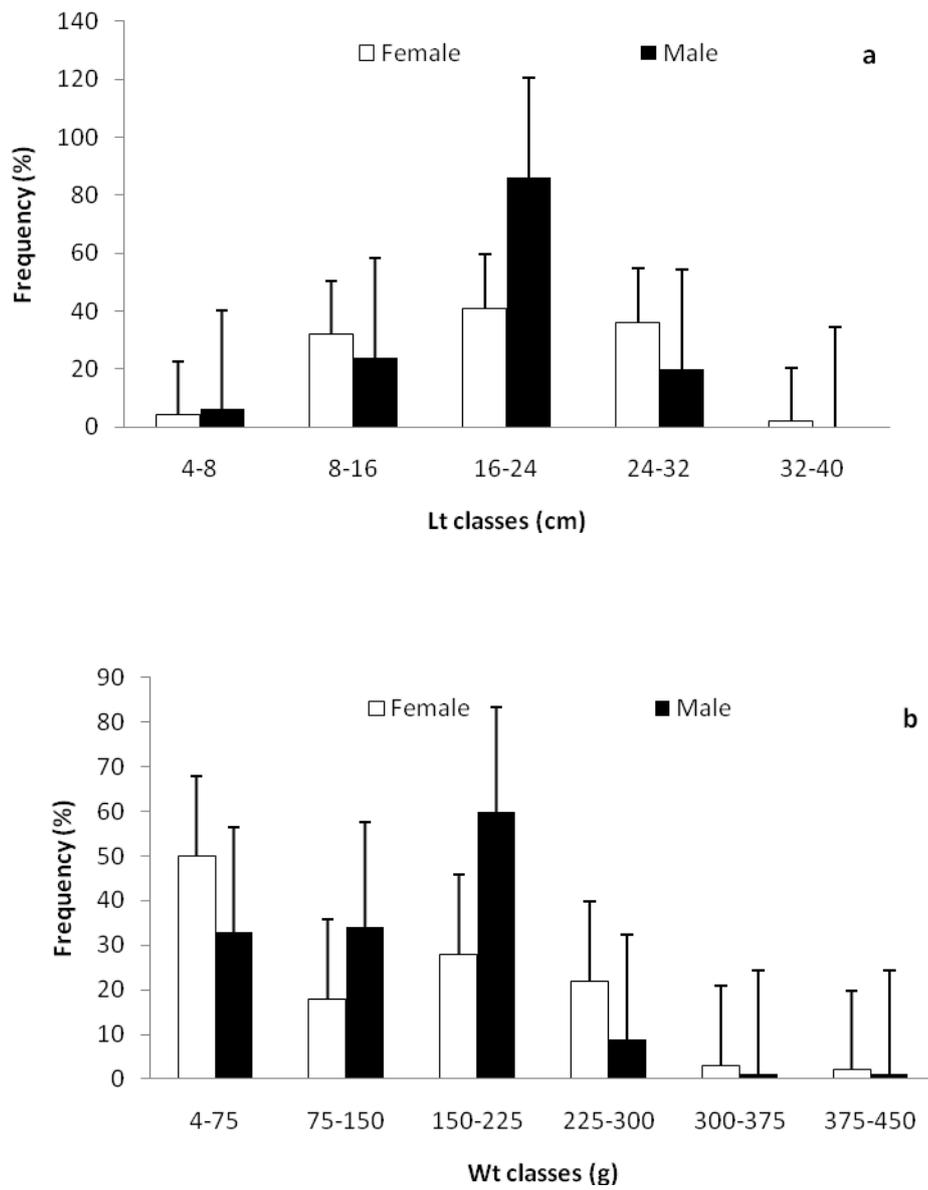


Figure 3.

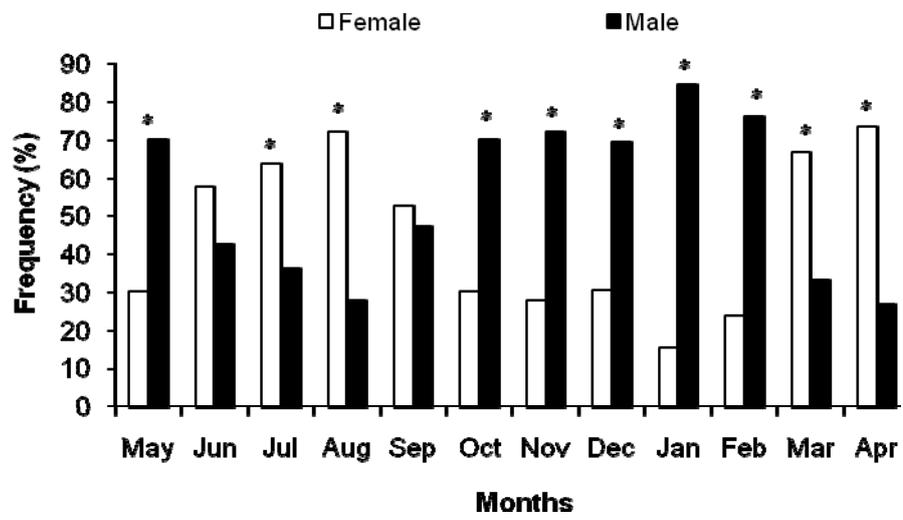


Figure 4.

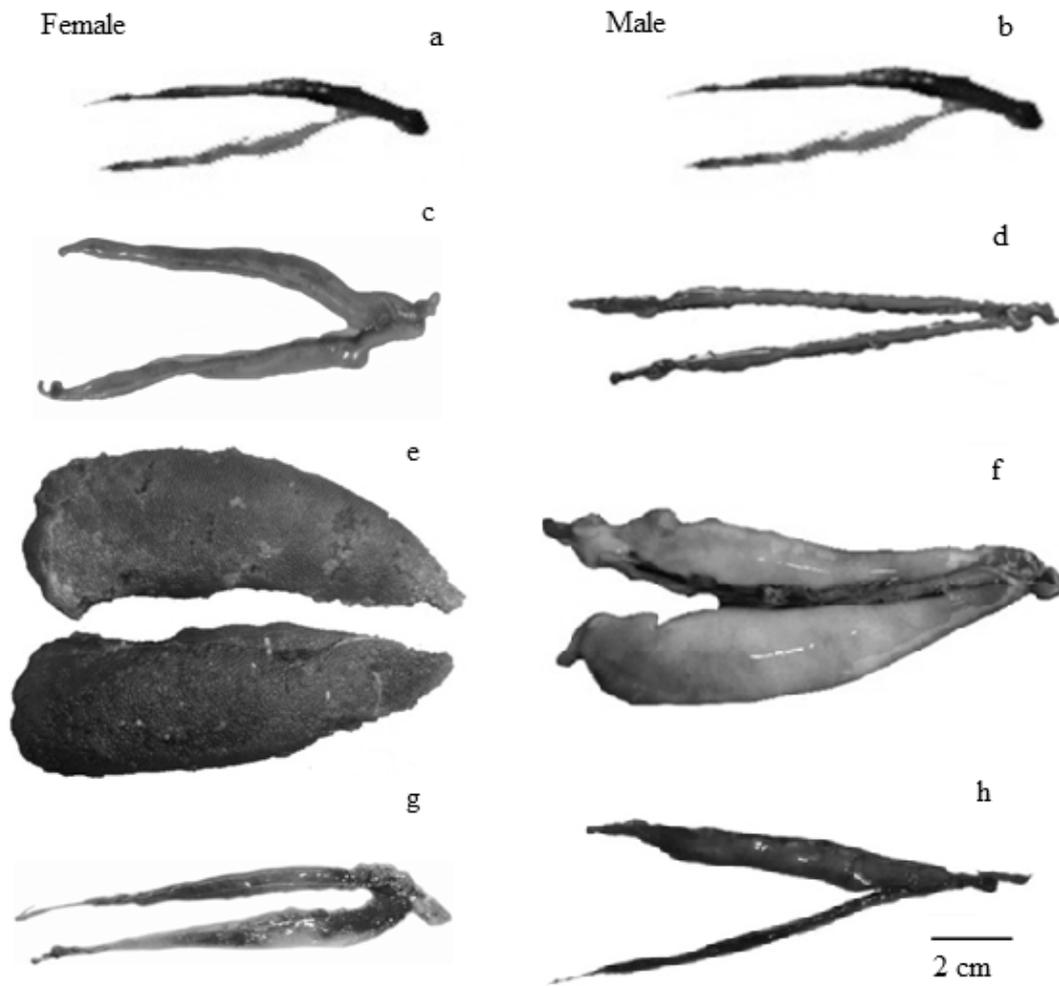


Figure 5.

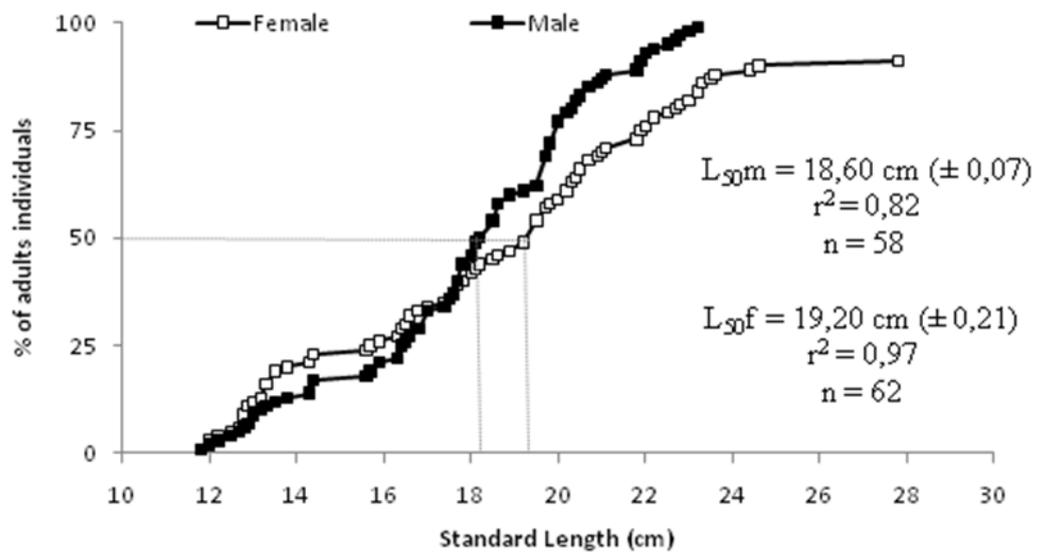


Figure 6.

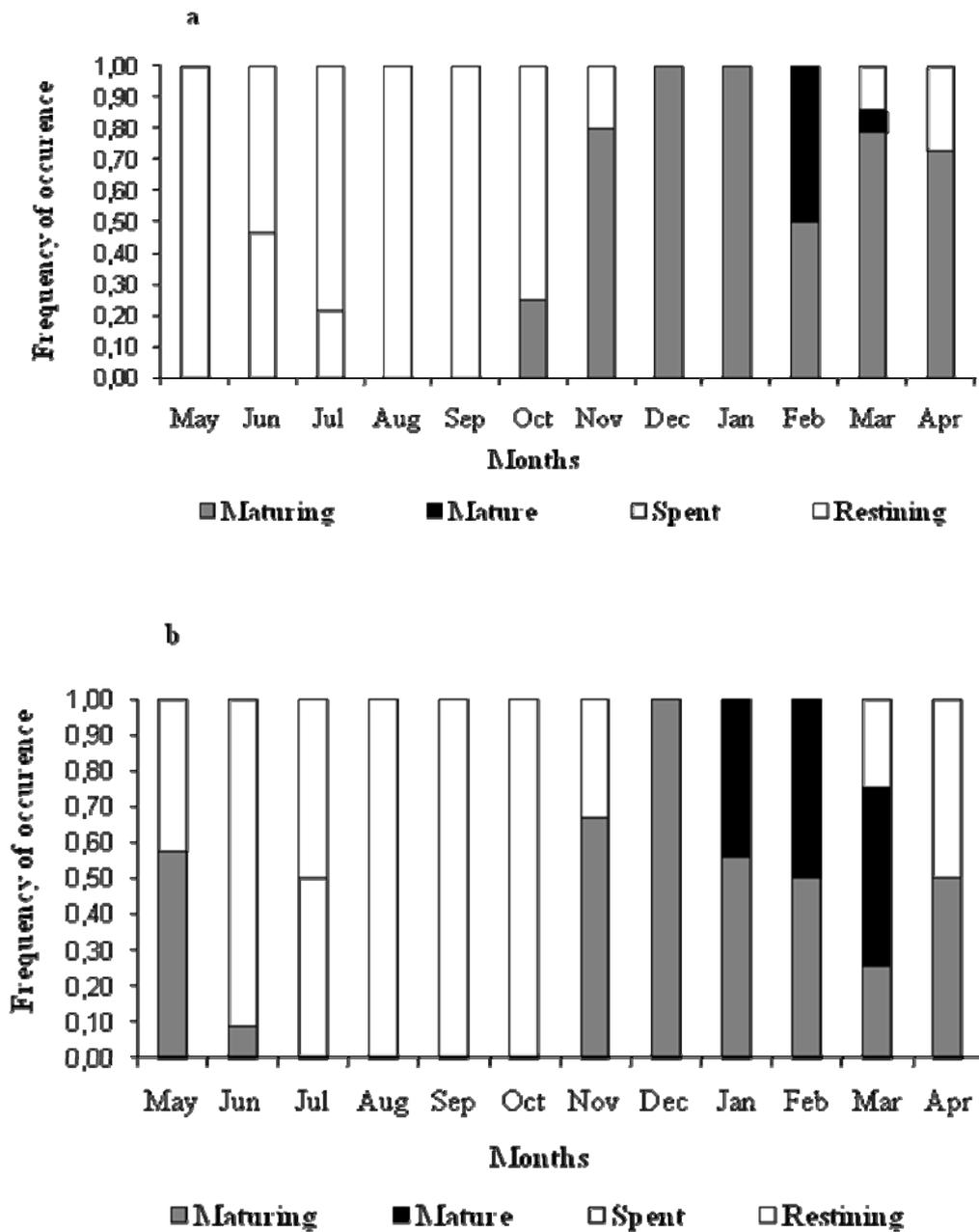


Figure 7.

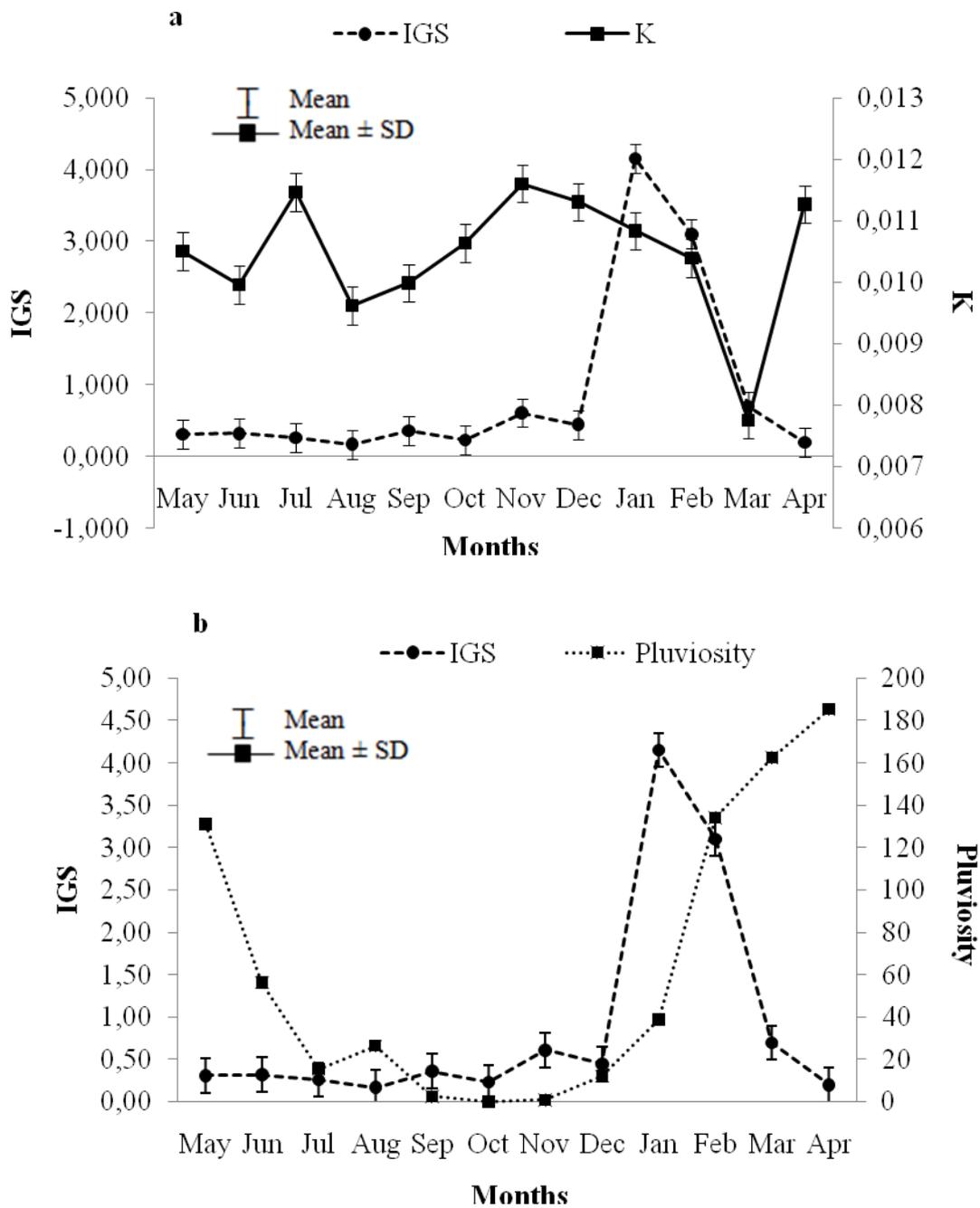


Figure 8.

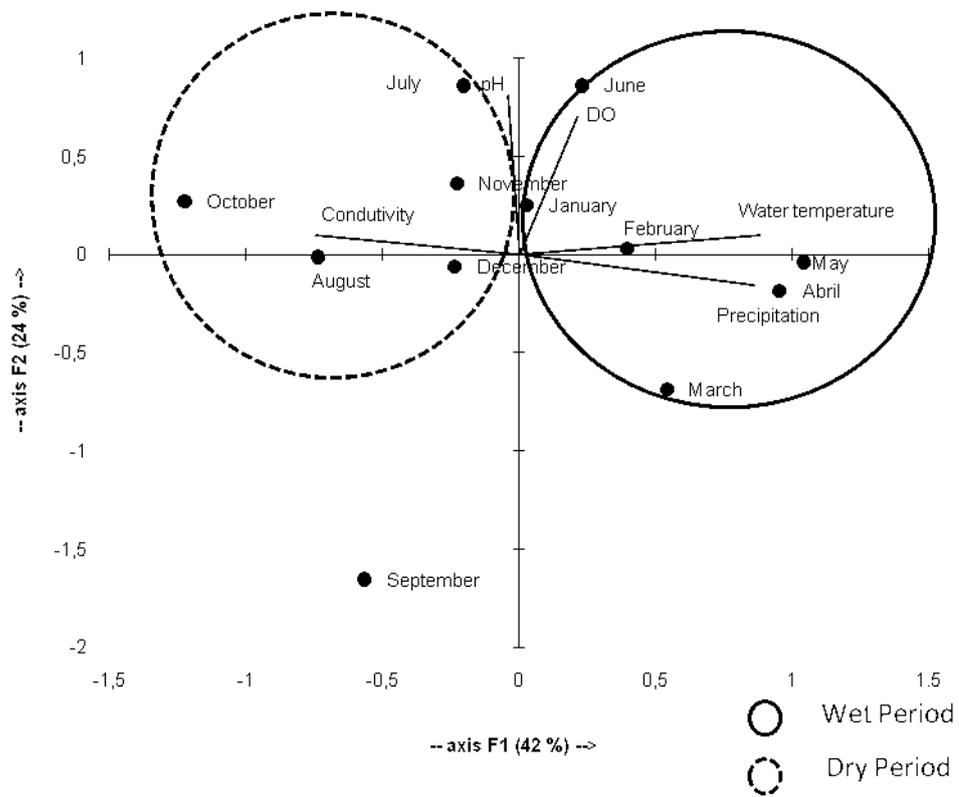


Figure Legends

Fig. 1. Study area: River Assu, Rio Grande do Norte, Brazil.

Fig. 2. Monthly distribution frequencies of male and female by total length (a) total weight (b) and standard deviation.

Fig. 3. Monthly sexual proportion of *Prochilodus brevis* collected in the River Assu, Brazil (* χ^2 , $p < 0.05$).

Fig. 4. Female and male gonads of *Prochilodus brevis*, where a, b = immature; c, d = maturing; e, f = mature; g, h = spent.

Fig. 5. Size at first gonadal maturity of females and males of *Prochilodus brevis* collected in the River Assu, Brazil.

Fig. 6. Monthly frequency of gonad maturity stages in females (a) and males (b) of *Prochilodus brevis*.

Fig. 7. Monthly gonadosomatic index and condition factor (a) and gonadosomatic index and rainfall (b) of *Prochilodus brevis*.

Fig. 8. Principal component analysis of limnological variables.

Artigo 3

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Cichlasoma orientale* (OSTEICHTHYES:
CICHLIDAE), UM PEIXE ENDÊMICO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO**

L. L. Gurgel, J. R. Verani, S. Chellappa

Artigo a ser submetido à Journal of Ichthyology Research

Atende ao objetivo específico 3

**Ecologia reprodutiva de *Cichlasoma Orientale* (Osteichthyes: Cichlidae),
um peixe endêmico do semi-árido brasileiro**

L. L. Gurgel¹, J. R. Verani¹, S. Chellappa^{*2}

¹ Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais,
Universidade Federal de São Carlos,
Rodovia Washington Luiz, km 235, 13565-905
São Carlos, São Paulo, Brasil
E-mail: liliane.gurgel@ifrn.edu.br; verani@ufscar.br

² Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Centro de Biociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Praia de Mãe Luíza, s/n, 59014-100
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: chellappa.sathyabama63@gmail.com

* Autor para correspondência: chellappa.sathyabama63@gmail.com

Resumo

Cichlasoma orientale Kullander, 1983 (Osteichthyes: Cichlidae) é uma espécie de ciclídeo endêmico do semi-árido do Nordeste brasileiro, sendo frequentemente encontrada no ecossistema do rio Assu, Rio Grande do Norte. Levando em consideração a escassez de estudos na região e sua importância ecológica para o ambiente, o presente trabalho objetivou investigar a estrutura da população e a biologia reprodutiva da mesma. Foi determinada a estrutura em comprimento e peso, relação peso-comprimento, proporção sexual, comprimento da primeira maturação, morfologia das gônadas, índice gonadossomático, fator de condição e fecundidade. Foram utilizados 118 exemplares de ambos os sexos com comprimento médio de 11,44 cm e peso médio de 37,18 g. A equação originada da relação peso total e comprimento total foi $Wt = 0,0271Lt^{2,9408}$, indicando um crescimento alométrico negativo. A fecundidade média por lote foi de 756,85 ovócitos vitelogênicos. *Cichlasoma orientale* apresenta desova parcelada com período reprodutivo entre os meses de março a junho e em setembro, com o maior pico reprodutivo no início das chuvas. Várias desovas dentro de um período reprodutivo indicam que a espécie *C. orientale* pode estar bem ajustada às características ambientais da região semi-árida.

Palavras chave ciclídeo endêmico, região semi-árida, desova parcelada, ecologia reprodutiva.

Abstract

Cichlasoma orientale Kullander, 1983 (Osteichthyes: Cichlidae), is an endemic cichlid fish from the semi-arid region of Northeastern Brazil which frequently occurs in the ecosystem of the River Assu, Rio Grande do Norte. This species has not yet been intensively studied, and as such, this work was carried out with an objective to verify the reproductive ecology of this species. The length and weight structure, length-weight relationship, sex ratio, length at first gonadal maturation, gonadosomatic index, condition factor and fecundity were determined. A total of 118 individuals of both sexes of mean body length 11.44 cm and weight 37.18 g were used. The equation of the relationship total weight and total length was $Wt = 0.0271Lt^{2.9408}$, indicating a negative allometric growth. The mean batch fecundity was 756.85 of mature oocytes. *Cichlasoma orientale* is a batch spawner with a reproductive period between the months March to June and in September, with a reproductive peak in the beginning of the rainy season. Multiple spawnings in one breeding season indicate that *C. orientale* is well adjusted to the environmental characteristics of the semi-arid environment.

Keywords endemic cichlid, semi-arid region, multiple spawner, reproductive ecology.

Introdução

A região Neotropical possui a ictiofauna conhecida mais rica do mundo, com cerca de 4475 espécies, número este que pode ultrapassar 6000 espécies (Reis et al. 2003). Dentro dessa região, a América do Sul concentra a maior parte das espécies (3300) e é nela que está a maior diversidade de peixes de água doce do mundo (Smith et al. 2003). Dentre as famílias encontradas destaca-se Cichlidae e os representantes desta são conhecidos pela sua capacidade de colonizar diversos habitats, como rios, estuários, lagos e lagoas, o que representa uma notável adaptação a uma ampla gama de variáveis ambientais física, química e biológica (Nelson 2006).

O gênero *Cichlasoma* compreende 118 espécies com pelo menos 17 espécies encontradas na América do Sul. É considerado um gênero típico da ictiofauna de água doce brasileira, sendo endêmico dos rios dos estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba (Kullander 2004; Chellappa et al. 2009). *Cichlasoma orientale* Kullander, 1983 caracteriza-se por ser encontrada em águas de pouca profundidade com a presença de macrófitas, utilizando como prováveis locais de abrigo e alimentação. É um peixe carnívoro, alimentando-se também de escamas e sementes (Gurgel et al. 1994).

Mesmo o Brasil apresentando a ictiofauna neotropical mais diversificadas do mundo, o conhecimento da biologia básica de suas espécies ainda é um dos maiores desafios da ictiologia, sendo que as espécies de pequeno porte são as menos conhecidas, desde o ponto de vista taxonômico até a quantificação de aspectos da ecologia populacional, o que dificulta a adoção de medidas mais eficientes de manejo e conservação (Lowe-McConnell 1999; Sanna-Kaisa e Jukka 2004).

Além de constituir um elo na cadeia alimentar, *C. orientale* figura entre uma das espécies mais frequentes do rio Assu e embora apresente porte reduzido e baixo valor comercial, é capturada por pescadores artesanais que atuam na região, proporcionando sustento econômico para muitas famílias ali instaladas. Considerando a importância desta espécie no ecossistema do rio Assu, semi-árido do Rio Grande do Norte, o presente estudo visou contribuir para o conhecimento de aspectos da estrutura em comprimento e peso, relação peso-comprimento, proporção sexual, comprimento da primeira maturação, índice gonadossomático, fator de condição e fecundidade.

Material e Métodos

Área de estudo. A área está inserida integralmente na região semi-árida brasileira onde há extrema irregularidade temporal e espacial das chuvas. Em geral, no primeiro semestre do ano, ocorrem meses que alternam índices pluviométricos elevados e meses com escassez quase absoluta. Assim, efetivamente, precipitações superiores a 100 mm e que dão maior eficácia às precipitações, só são alcançadas durante três ou quatro meses. Em face de coeficientes térmicos muito altos, o semi-árido concentra elevadas taxas de evaporação e de evapotranspiração (MIN 2005).

Localizada no semi-árido potiguar, a bacia do rio Piranhas-Assu possui 17.498,50 km² de superfície, abrangendo 33 municípios e uma população de aproximadamente 415.000 habitantes, entre os estados do Rio Grande do Norte (RN) e da Paraíba (PB). O rio Piranhas-Assu nasce na Serra do Bongá (PB) com o nome de rio Piranhas, recebe as águas dos rios Paraibanos Piancó e do Peixe e entra pelo município de Jardim de Piranhas (RN), passando a receber as águas de todos os rios que formam a bacia hidrográfica da região do Seridó. O rio Piranhas-Assu é o mais importante do estado do Rio Grande do Norte. Represado pela barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, passou a formar um grande lago, que, através de adutoras, abastece de água várias cidades além de irrigar a área de cultivo de frutas tropicais. Com a vazão da Barragem, o rio continua o seu curso, agora com o nome de Piranhas-Assu, indo desaguar no oceano Atlântico, nas imediações da cidade de Macau, RN (CBH 2009).

Coleta das amostras. As coletas foram realizadas entre os meses de julho de 2008 a junho de 2009. Após as coletas (em rede de espera e tarrafas com malhagens entre 7 e 19 mm entre nós adjacentes), os exemplares foram acondicionados em caixas isotérmicas e transportados ao Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para a obtenção dos dados biométricos de comprimento total (Lt) e comprimento padrão (Ls) em centímetros e peso total (Wt) e das gônadas (Wg) em gramas. A identificação do sexo foi realizada por visualização das características morfológicas das gônadas, por meio de uma incisão ventromediana no abdômen.

Estrutura em comprimento e peso. A estrutura da população em comprimento total (Lt) e peso total (Wt) foi determinada através da distribuição das frequências absolutas dos machos e fêmeas (média \pm SD), em sete classes de Lt e seis classes Wt (Santos 1978).

Relação peso-comprimento. Os valores empíricos de peso total (Wt) e comprimento total (Lt), para sexos agrupados, foram lançados em gráficos e pela sua análise verificou-se que a relação entre as duas variáveis era do tipo potencial, sendo representada pela equação: $Wt = a \cdot Lt^b$ onde, a = fator de condição, relacionado com o grau de engorda do animal e b = constante relacionada com a forma do crescimento (Le Cren 1951). Estimou-se o valor do coeficiente de Pearson (r) na avaliação de aderência dos pontos empíricos à curva calculada.

Proporção sexual. A proporção entre os sexos foi verificada através da análise de distribuição mensal de frequência porcentual de machos e fêmeas. As análises foram testadas pelo método do χ^2 , com grau de liberdade 1 e 0,05 de significância ($\alpha = 0,05$), de acordo com Vieira (1980).

Comprimento da primeira maturação. O comprimento corporal da primeira maturação (L_{50}) (\pm SD) baseou-se na distribuição de frequência relativa de fêmeas e machos adultos, por classe de comprimento padrão (L_s), e correspondeu à classe onde 50% dos exemplares apresentavam gônadas em desenvolvimento (Sato e Godinho 1988).

Índice gonadossomático. O ciclo reprodutivo foi verificado, para sexos agrupados, com base nos valores médios mensais do índice gonadossomático (IGS), expresso pela fórmula: $IGS (Wg/ Wt) \cdot 100$ (Wootton 1978).

Fator de condição. O fator de condição (K) baseou-se na seguinte fórmula: $K = 100 (Wt/Lt^b)$ onde b = coeficiente angular (Le Cren 1951).

Período reprodutivo. Para determinar a atividade reprodutiva da espécie foi realizada a análise macroscópica das gônadas e avaliação dos graus de maturação, considerando os valores médios mensais do IGS e K (Vazzoler 1996).

Fecundidade. Para análise da fecundidade os ovários maduros das nove fêmeas foram retirados, pesados e preservados em solução de Gilson modificada por 24 horas para uma completa dissociação dos ovócitos que posteriormente foram lavados e preservados em álcool etílico a 70%. Foi retirada uma amostra de 10% para a contagem e ao final os valores foram extrapolados para 100% (Vazzoler 1996).

Resultados

Estrutura em comprimento e peso. Foram capturados 118 exemplares de *C. orientale* durante o período de estudo, o menor exemplar apresentou 1,04 cm de comprimento

total, o maior 14,70 cm com valor médio de $11,44 \pm 1,14$ g. O menor peso total registrado foi de 12,0 g e o maior de 90,50 g com valor médio de $37,18 \pm 13,69$ g. Houve predomínio de machos e fêmeas nas classes entre 10-11 e 11-12 cm. Não houve registro de fêmeas na última classe de comprimento (14-15 cm) bem como de machos na primeira classe de comprimento (8-9 cm) (Fig. 1a). Fêmeas e machos demonstraram predomínio nas classes de peso entre 25-40 e 40-55 gramas. As fêmeas não foram registradas na última classe de peso total (85-100 cm) (Fig. 1b).

→ **INSERIR FIG. 1**

Relação peso-comprimento. A equação que melhor representou a tendência da relação peso total e comprimento total foi do tipo potencial, $Wt = 0,0271L_t^{2,9408}$, $r = 0,93$. A população de *C. orientale* apresentou um crescimento alométrico negativo, com valor de b na equação = 2,9408 (Fig. 2).

→ **INSERIR FIG. 2**

Proporção sexual. As distribuições das freqüências relativas mensais de machos e fêmeas de *C. orientale* durante o período de estudo, mostram que a proporção entre os sexos difere do esperado (1:1), sendo de 1,5M:1F com predominância de machos (60,2%) (Fig. 3). Entre os meses de maio a agosto, houve predomínio de fêmeas, com os machos predominando nos demais meses.

→ **INSERIR FIG. 3**

Comprimento da primeira maturação. O comprimento padrão máximo de exemplares adultos foi de 10,6 cm para as fêmeas e de 11,3 cm para os machos. Os menores exemplares adultos identificados apresentaram 6,9 cm e 7,6 cm para fêmeas e machos respectivamente. O comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) foi estimado em $7,7 \pm 0,97$ cm para as fêmeas e de $7,9 \pm 0,77$ cm para os machos (Fig. 4).

→ **INSERIR FIG. 4**

Período reprodutivo Os testículos de *C. orientale* são órgãos pares e pequenos, situados na parte póstero-dorsal da cavidade abdominal à qual se prendem através da mesórquia, que se origina do peritônio e reveste a bexiga natatória. Encontram-se separados ao longo de seus comprimentos, ligando-se somente na extremidade caudal pelo duto espermático que termina na papila urogenital, atrás da abertura anal. Nos

ovários, o comprimento, largura e coloração variam com o grau de desenvolvimento. Os ovários de *C. orientale* são órgãos pares, pequenos e piriformes, situados na parte póstero-dorsal da cavidade abdominal, ventralmente ao rim e à bexiga natatória a qual se prendem por meio do mesovário que se origina no peritônio que a reveste. Na região anterior os ovários são livres, mas fundem-se na posterior formando um oviduto curto que se abre na papila urogenital, atrás da abertura anal. O comprimento e a largura dos ovários em relação à cavidade do corpo, bem como a coloração, são caracteres macroscópicos que variam com o grau de maturidade. Para ambos os sexos de *C. orientale* foram considerados quatro estádios de desenvolvimento gonadal:

Imaturo: As gonadas eram de tamanho reduzido ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática, filiformes e translúcidos de cor clara. Ovócitos não foram visíveis a olho nu e sem evidência externa de irrigação sanguínea (Fig. 5a e 5b).

Em maturação: eram de maior tamanho, ocupando cerca de 1/3 da cavidade celomática, variando de cor amarela para os testículos e laranja-avermelhado para os ovários, com intensa vascularização. Apenas os ovócitos opacos foram visíveis a olho nu (Fig. 5c e 5d).

Maturação: As gonadas ocupavam 1/2 da cavidade celomática, os testículos volumosos, de coloração rosada- avermelhada. Os ovários estavam maiores com ovócitos visíveis adquirindo uma coloração avermelhada, devido ao acúmulo de grânulos de vitelo (Fig. 5e e 5f).

Esgotado ou Desovado: Os testículos apresentaram-se flácidos. Nos ovários, observou-se a presença de ovócitos maiores, opacos e numerosos e com vascularização intensas (Fig. 5g).

→ **INSERIR FIG. 5**

Índice gonadosomático. A variação dos valores médios de IGS indicou dois períodos distintos de desova, um compreendido entre os meses de março e junho e um no mês de setembro. Antes do primeiro período de desova, houve um acréscimo nos valores do IGS, que está relacionado com o desenvolvimento das gônadas e o metabolismo das reservas energéticas.

Pluviosidade. Os dados médios mensais da precipitação indicavam que o período chuvoso na região do rio Assu se estendeu de janeiro a junho, com uma precipitação média de $118 \pm 58,3$ mm. Chuvas intensas ocorreram durante março e abril, alcançando

um pico de 185 mm em abril. O período de seca ocorreu de julho a dezembro, com uma precipitação média de $9,5 \pm 10,4$ mm. No bimestre outubro-novembro a precipitação foi de zero.

Relação entre IGS e pluviosidade. A relação entre IGS e pluviosidade indicou que, de maneira geral, indivíduos em maturação foram capturados ao longo de todo o período de estudo, enquanto indivíduos maduros foram registrados com maior frequência de dezembro a fevereiro, coincidindo com o início do período chuvoso. Maior frequência de indivíduos esgotados/desovados foi registrada entre julho e outubro, ou seja, no período de seca da região (Fig. 6).

→ **INSERIR FIG. 6**

Fator de condição. As variações temporais do K demonstraram baixa amplitude, onde os maiores valores ocorreram de julho a novembro ($K = 0,029 \pm 0,009$), e os menores a partir de dezembro ($K = 0,026 \pm 0,002$). Houve um pico em agosto ($K = 0,032 \pm 0,008$) e um valor mais baixo em maio ($K = 0,025 \pm 0,001$) (Fig. 7).

→ **INSERIR FIG. 7**

Fecundidade. Quanto à fecundidade absoluta por lote, o número de ovócitos vitelogênicos variou de 536 a 1075, com média de 756,85 ($\pm 164,53$). A fecundidade relativa por lote foi de 914,44 ovócitos/g de peso corporal. A menor fecundidade foi verificada em uma fêmea com comprimento total de 11,20 cm e gônada pesando 0,75g. O maior valor de fecundidade foi verificado em uma fêmea apresentando 12,10 cm de comprimento total com ovários pesando 0,54g (Tab. 1). Não houve correlação positiva entre o número total de ovócitos vitelogênicos e o comprimento total das fêmeas, ($r = 0,3087$), demonstrando que a fecundidade não tendeu a aumentar exponencialmente com o comprimento. A relação entre o peso total (Wt) e a fecundidade mostrou fraca correlação positiva ($r = 0,5393$) enquanto que não houve correlação entre o peso das gônadas (Wg) e a fecundidade com $r = 0,1410$.

→ **INSERIR TAB. 1**

Discussão

Para *Cichlasoma orientale* foram registrados machos maiores e mais pesados que as fêmeas. Quando os machos são de maior tamanho, alguns fatores estarão atuando com maior intensidade na seleção sexual. Em diversas espécies de peixes, machos maiores tendem a vencer encontros agressivos com outros machos, manter territórios de melhor qualidade e obter melhor acesso às fêmeas (Keenleyside 1991; Chelappa et al. 1999; Cacho et al. 2006). Os ciclídeos apresentam comportamento agonístico e de corte elaborado (Cacho et al. 2007; Medeiros et al. 2007), sendo provável que a competição entre machos pelas fêmeas seja o principal fator determinante do dimorfismo sexual em *C. orientale*. Porém é necessária a realização de experimentos que verifiquem confrontos entre machos e a escolha da fêmea por parceiros, determinando se na espécie em questão, os machos maiores levam vantagem em confrontos e são mais escolhidos pelas fêmeas.

Em geral nos peixes, as fêmeas são maiores que os machos, uma vez que a fecundidade das fêmeas aumenta com o tamanho corporal (Biazza e Pilastro 1997). As fêmeas de *C. orientale* são menores que os machos, sem correlação entre a fecundidade e o tamanho corporal, devido a espécie apresentar desova parcelada e crescimento do tipo alométrico negativos.

Um dos mais importantes parâmetros no estudo das populações de peixes é a relação peso-comprimento. Suas aplicações permitem estimar o crescimento dos indivíduos (em comprimento e peso), além de ser útil como indicadora do acúmulo de gordura e de desenvolvimento das gônadas (Gomiero e Braga 2006). A relação peso-comprimento obtida no presente trabalho é do tipo potencial, seguindo o comportamento da maioria dos teleósteos (Gurgel e Barbieri 1990). A população de *C. orientale* do rio Assu apresentou um crescimento alométrico negativo, ou seja, há um incremento corporal maior em peso que em comprimento, deixando o peixe com a aparência arredondada.

Ao longo do ciclo de vida, diversos fatores podem atuar na determinação da proporção sexual de peixes. A mortalidade, o crescimento e o comportamento são exemplos de fatores que, atuando de forma diferenciada sobre os sexos, podem alterar a proporção sexual em diversas fases de desenvolvimento. A proporção sexual, considerando o período de estudo como um todo, demonstrou predomínio de machos no trecho estudado do rio Assu estudado, o que pode ser observado foi que entre os

ciclídeos a agressividade e territorialidade dos machos são manifestadas ao longo de sua vida, em especial no período reprodutivo, época em que estabelecem território e defendem agressivamente a prole, o que torna-os mais propícios a captura, enquanto que as fêmeas permanecem em locais mais protegidos e abrigados. Comportamentos reprodutivos envolvendo competição por parceiro e território, corte, acasalamento, escolha de parceiro e cuidado parental da prole são citados para outro ciclídeo neotropical de pequeno porte, *Pterophyllum scalare* (Chellappa et al. 1999; Yamamoto et al. 1999; Cacho et al. 2000).

O conhecimento do tamanho da primeira maturação está entre as informações que contribuem na adoção de uma série de medidas de manejo que tem como objetivo a sustentabilidade da exploração pesqueira. Para *C. orientale* a determinação do tamanho mínimo de captura deve ser superior aos tamanhos médios de maturação encontrados (7,7 cm para as fêmeas e 7,9 cm para os machos) como forma de tentar garantir que cada indivíduo reproduza pelo menos uma vez antes de sua captura.

A utilização de escalas macroscópicas contribui para o conhecimento biológico e auxilia na compreensão do período reprodutivo da espécie (West 1990). A classificação macroscópica dos ovários e testículos de *C. orientale* sugere que ocorre certa padronização ao longo do desenvolvimento gonadal para cada estágio de imaturo, em maturação, maturo e esgotado ou desovado (Câmara et al. 2002; Câmara 2004; Chellappa et al. 2005; Pandolfi et al. 2009).

Nas regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, as grandes variações dos recursos hídricos, os baixos índices pluviométricos, bem como a elevada taxa de evaporação exercem importante papel na organização e funcionalidade dos ecossistemas aquáticos (Chellappa et al. 2009). As espécies presentes nestes locais desenvolvem estratégias de sobrevivência que implicam competições intra e interespecíficas, assim como alterações na estrutura das comunidades e na disponibilidade de recursos naturais (Crispim e Watanabe 2000). O aumento da relação gonadossomática entre outubro e fevereiro reflete um aumento do peso das gônadas, sendo possível inferir que o período reprodutivo de *C. orientale* seja durante esta época. Além disso, indivíduos maduros foram amostrados em fevereiro, coincidindo com o início do período das chuvas e conseqüente elevação do nível d'água do rio. Vários estudos sobre a biologia reprodutiva de peixes têm apontado o período de cheia como sendo a fase do ciclo hidrológico onde a maioria das espécies se reproduz (Santos 2006; Chellappa et al. 2009; Favero et al. 2010), assegurando aos filhotes maior disponibilidade de

concentração do oxigênio, minimizando os riscos de predação da prole devido ao aumento de abrigos e maximizando a quantidade de alimento (Vazzoller 1996).

O fator de condição, para algumas espécies, funciona como um indicador do estado geral do peixe, podendo variar segundo o teor de gordura, adequação ao meio e desenvolvimento gonadal (Le Cren 1951). Em *C. orientale* foi constatada uma relação direta entre o fator de condição e o índice gonadossomático, demonstrando ser um bom indicador do período de desova desta espécie. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que a gordura visceral dos indivíduos é utilizada durante o processo de desenvolvimento gonadal da espécie. Assim, a variação sazonal deste fator poderia estar relacionada ao processo de maturação dos ovários e testículos conseqüente mobilização de reservas energéticas acumuladas (Chellappa et al. 1995; Huntingford et al. 2001; Lima-Junior e Goitein 2002).

Nos ciclídeos a fecundidade é muito variável. Em representantes de grande porte, como o tucunaré comum, *Cichla monoculus*, a fecundidade por cada lote de ovócitos é de cerca de 3100 (Chellappa et al. 2003), enquanto os de pequeno porte, como o acará-disco, *Symphysodon discus* apresenta fecundidade média de 536 ovócitos por lote (Câmara 2004) e acará-bandeira, *Pterophyllum scalare* apresenta fecundidade média de 172 ovócitos por lote (Dias e Chellappa 2003). A fecundidade média de 756, 85 ovócitos por lote em *C. orientale* indicou uma fecundidade proporcional ao seu tamanho corporal. Como foram observados ovócitos em diferente tamanhos e portanto, sugere-se que o mecanismo de desenvolvimento ovocitário seja sincrônico em mais de dois grupos, tipo de desenvolvimento que caracteriza desova múltipla ou parcelada (Vazzoller 1996). A desova parcelada de *C. orientale* acompanhou o regime pluviométrico da região, portanto a espécie está ajustada bem adaptada às características ambientais da região semi-árida.

Agradecimentos

Agradecimentos a CAPES pela bolsa de Pós-Graduação fornecida para a primeira autora durante o período de estudo. Os demais autores agradecem ao CNPq pela bolsa de produtividade.

Referências

- Biazza A, Pilastro A (1997) Small male mating advantage and reverse size dimorphism in poecillid fishes. *Journal Fish Biology* 50: 397 - 406
- Cacho MSRF, Chellappa S, Yamamoto ME (2006) Reproductive success and female preference in the Amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). *Neotropical Ichthyology* 4 (1): 87 - 91
- Cacho MSRF, Yamamoto ME, Chellappa S (2007) Mating system of the Amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare*. *Brazilian Journal of Biology* 67 (1): 161 - 165
- Câmara MR (2004) Reproductive biology of an ornamental neotropical cichlid fish, *Symphysodon discus* Heckel, 1980 (Osteichthyes: Perciformes: Cichlidae). Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, p 147
- Câmara MR, Chellappa NT, Chellappa, S (2002) Ecologia reprodutiva do *Cichla monocullus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensia* 14 (2): 9 - 16
- CBH - Comitê das Bacias Hidrográficas. Agência Nacional das Águas, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: www.cbh.gov.br
- Chellappa S, Câmara, MR, Chellappa NT, Beveridge MCM, Huntingford FA (2003) Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology* 63: 17 - 26
- Chellappa S, Bueno RMX, Chellappa T, Chellappa NT, Val VMFA (2009) Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica* 39: 325 - 329
- Chellappa S, Yamamoto ME, Cacho MSRF (1999) Reproductive behaviour and ecology of two species of Cichlid fishes. In: AL Val e VMF Val (Eds.). *Biology of Tropical Fishes* 113 - 126
- Chellappa S, Câmara MR, Verani JR (2005) Ovarian development in the Amazonian red discus, *Symphysodon discus* Heckel (Osteichthyes, Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology* 65 (4): 609 - 616
- Chellappa S, Huntingford FA, Strang RHC, Thomson RY (1995) Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. *Journal of Fish Biology* 47 (5): 775 - 787
- Crispim MC, Watanabe T (2000) Heterogeneidade no ecossistema lacustre, baseado na comunidade zooplancônica. *Anais do V Simpósio Brasileiro de Ecossistemas*, Vitória, Brasil 431 - 441

- Dias RL, Chellapa S (2003) Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura. (Eds). Urbinati EC e Cyrino JEP 2: 135 - 148
- Favero JM del, Pompeu P dos S, Prado-Valladares, AC (2010) Biologia reprodutiva de *Heros efasciatus* Heckel, 1840 (Pisces, Cichlidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã-AM, visando seu manejo sustentável. Acta Amazonica 40 (2): 373 - 380
- Gomiero LM e Braga FMS (2006) Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. Acta Scientiarum Biological Sciences 28 (2): 135 - 141
- Gurgel HCB e Barbieri G (1990) Determinação da idade e crescimento de *Arius lunuscutis* Cuvier e Valenciennes, 1840 (Siluriformes, Ariidae) do estuário do Rio Potengi (Natal, RN) através da estrutura dos otólitos. Ciência e Cultura 42 (12): 1131 - 1135
- Gurgel HCB, Barbieri G, Vieira LJS (1994). Biologia populacional do cará, *Cichlasoma bimaculatum* (Linnaeus, 1754) (Perciformes, Cichlidae) da lagoa Redonda, Nízia Floresta/ RN. Revista Unimar 16 (2): 263 - 273
- Huntingford FA, Chellappa S, Taylor AC, Strang RHC (2001) Energy reserves and reproductive investment in male three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. Ecology of Freshwater Fish 10 (2): 111 - 117
- Keenleyside MHA (1991) Cichlid Fishes: Behaviour, Ecology and Evolution. Chapman and Hall, London, UK, p 377
- Kullander SO (2004) Guide to the South American Cichlidae. <http://www.nrm.se/ve/pisces/acara/welcome.shtml>. Accessed on August 23, 2010
- Le Cren ED (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). The Journal of Animal Ecology 20 (2): 201 - 219
- Lima-Junior SE, Cardone IB, Goitein R (2002) Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. Acta Scientiarum Biological Sciences 24: 397 - 400
- Lowe-McConnell RH (1999) Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. EDUSP, São Paulo

- Medeiros APT, Chellappa S e Yamamoto ME (2007) Agonistic and reproductive behaviors in males of red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) x *O. mossambicus* (Peters, 1852) (Osteichthyes, Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology* 67 (4): 701 - 706
- MIN- Ministério da Integração Nacional (2005) Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, Brasília
- Pandolfi M, Cánepa MM, Meijide JF, Alonso F, Vázquez RG, Maggese MC, Vissio GP (2009) Studies on the reproductive and developmental biology of *Cichlasoma dimerus* (Perciformes, Cichlidae). *Biocell* 33(1): 1 - 18
- Parker GA (1992) The evolution of sexual dimorphism in fish. *Journal Fish Biology* 41 (suppl. B): 1 - 20
- Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr, CJ (2003) Check List of the Freshwater Fishes of South and Central América. Porto Alegre, p 742
- Sanna-Kaisa J e Jukka S (2004) Sustentable use of ornamental fish populations in Peruvian Amazonia. *Lyonia* 7 (2): 53 - 59
- Santos EP (1978) Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, p 129
- Santos RN (2006) Influence of the hydrological cycle, gonadal maturation and trophic category in the energy of fish from a flooded Forest at Central Amazonian. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, p 74
- Sato Y, Cardoso e Godinho HP (1988) A questão do tamanho da primeira maturação dos peixes de Três Marias, MG. pp. 93-94. In: Associação Mineira de Aquicultura (Ed.). Coletânea de resumos dos encontros da Associação Mineira de Aquicultura (AMA): 1982-1987. Brasília, p 137
- Smith WS, Petrere Jr M, Barrella W (2003) The fish fauna in tropical rivers: The case of the Sorocaba river basin, SP, Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 51 (3): 769 - 782
- Vazzoler AEA de M (1996) Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, p 169
- Vieira S (1991) Introdução a Bioestatística. Ed. Campus, RJ
- West G (1990) Methods of assessing ovarian development in Fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 199 - 222
- Wootton RJ (1990) Ecology of Teleost Fishes. London: Chapman and Hall, p 404

Yamamoto ME, Chellappa S, Cacho MSRF, Huntingford FA (1999) Mate guarding in an Amazonian Cichlid, *Pterophyllum scalare*. *Journal of Fish Biology* 55 (4): 888 - 891

FIGURA 1.

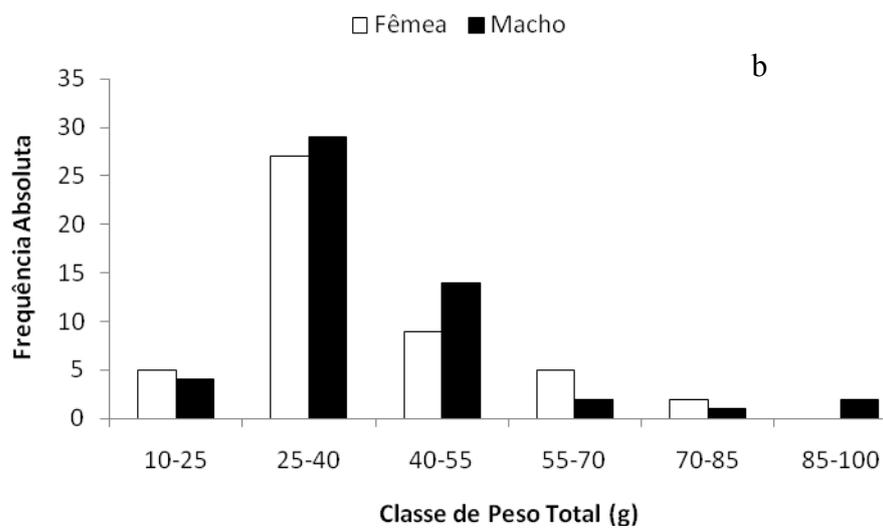
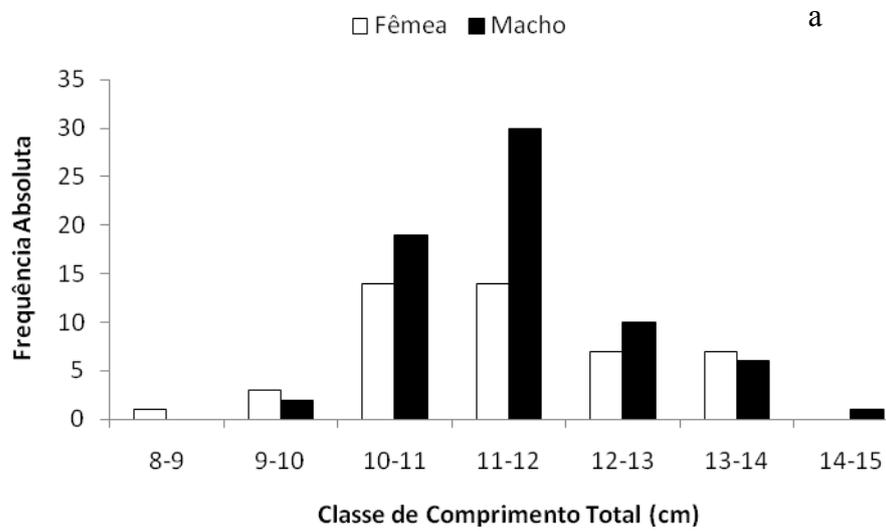


FIGURA 2.

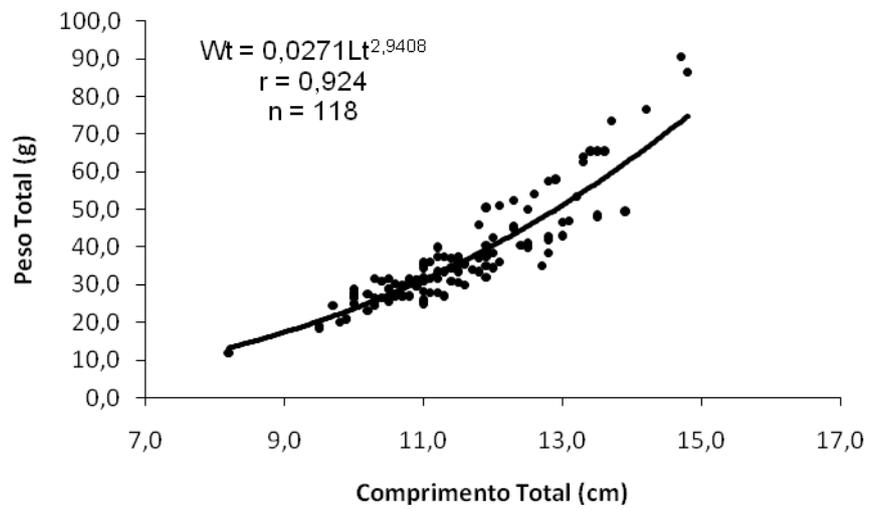


FIGURA 3.

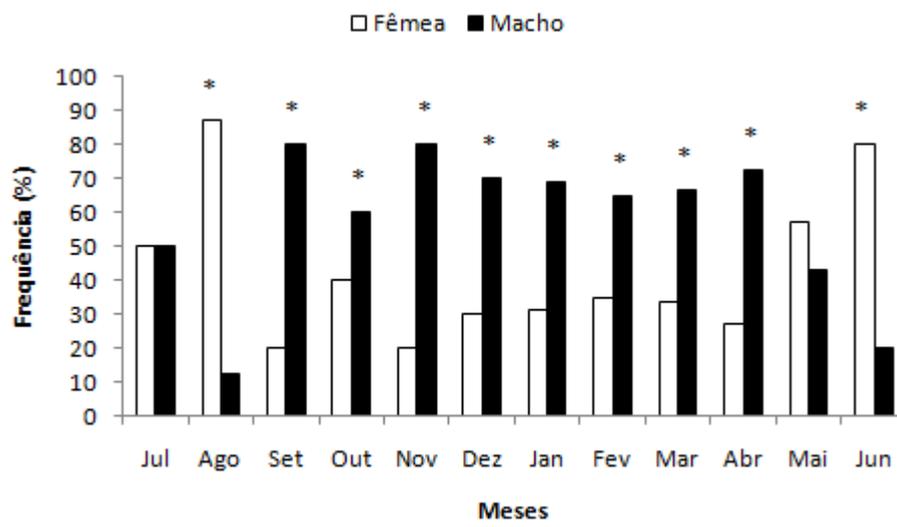


FIGURA 4.

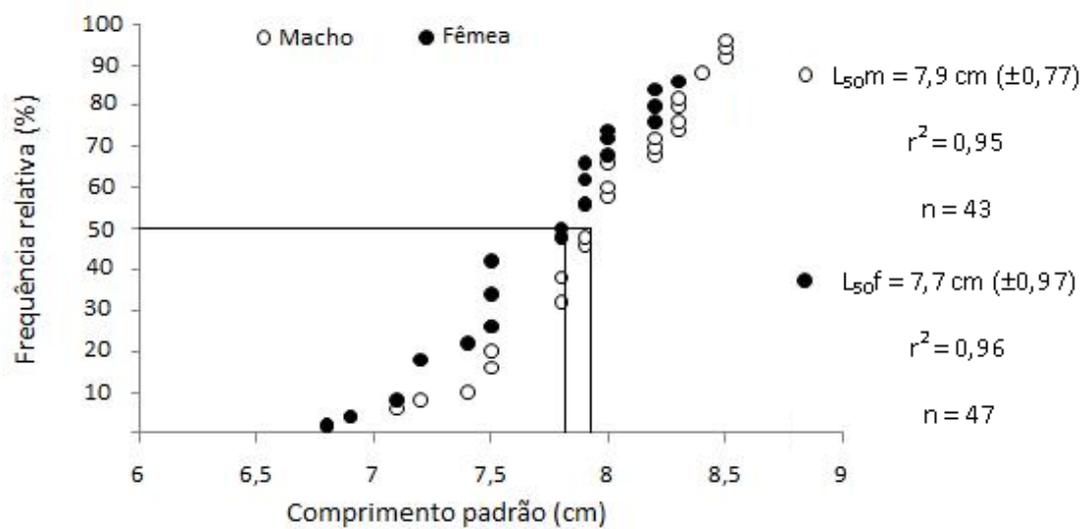


FIGURA 5.

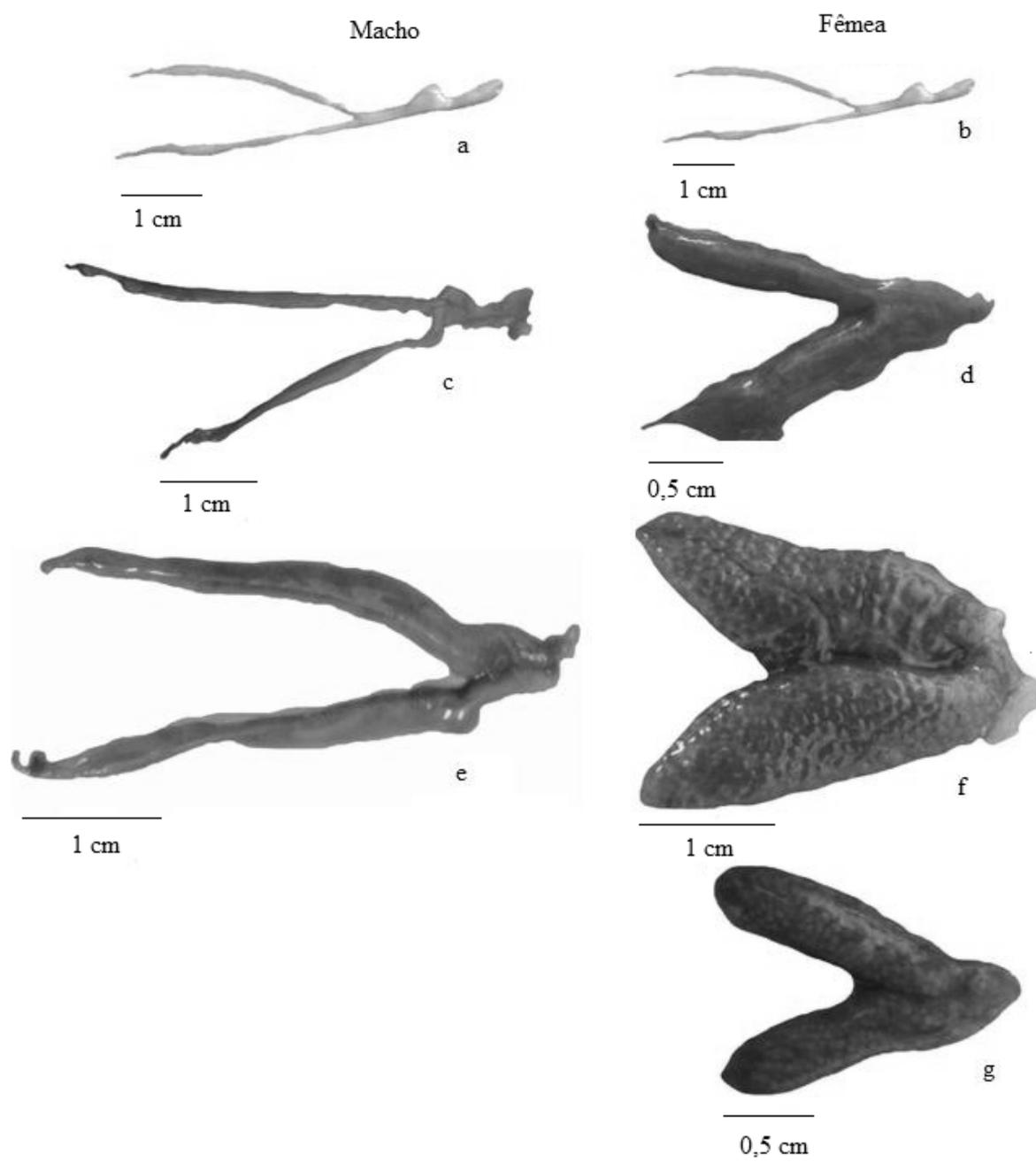


FIGURA 6.

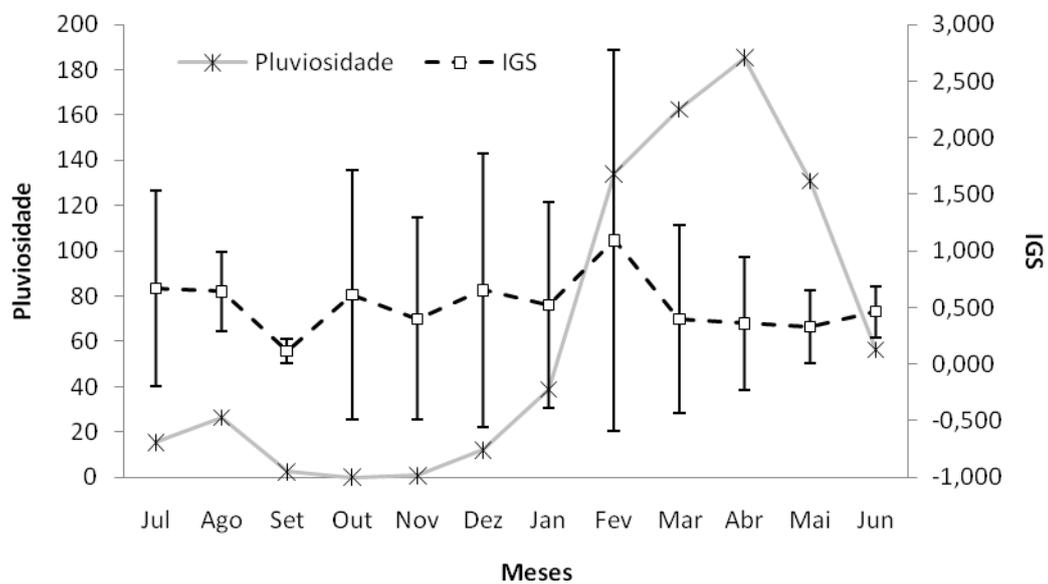


FIGURA 7.

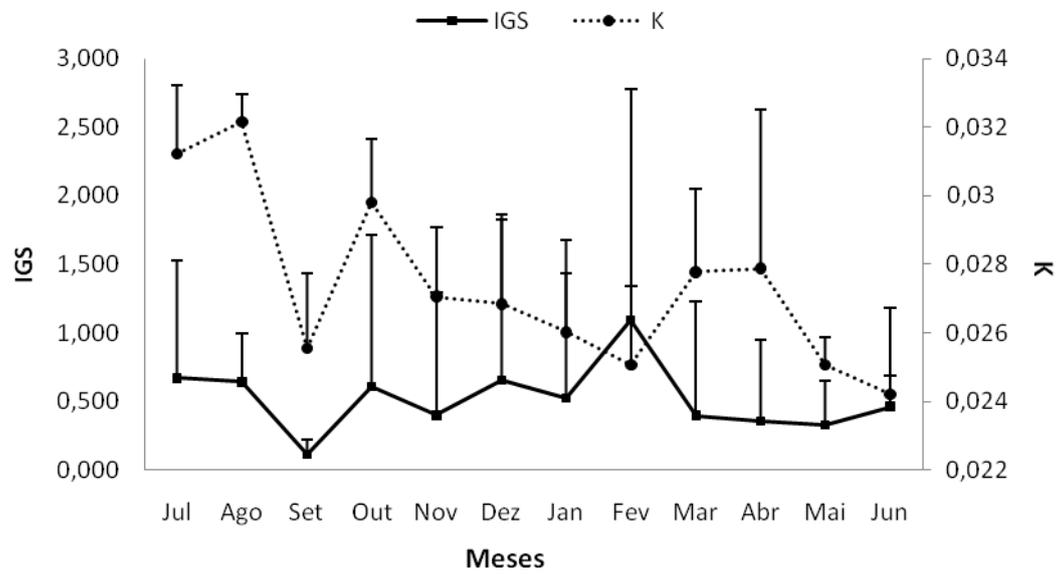


TABELA 1.

N	Lt (cm)	Wt (g)	Wg (g)	Fecundidade média (±DP)
1	10,30	25,50	1,33	630,33 (±27,54)
2	12,10	36,00	0,54	832,33 (±13,05)
3	10,60	27,00	0,53	673,00 (±20,52)
4	11,20	28,00	0,75	538,00 (±2,00)
5	11,50	33,50	1,10	636,67 (±11,93)
6	11,00	34,50	0,89	1047,67 (±4,04)
7	12,10	36,00	0,54	954,33 (±39,26)
8	10,30	26,50	1,34	803,00 (±12,12)
9	11,00	36,00	0,45	695,75 (±11,50)

LEGENDAS DAS FIGURAS E TABELAS

Fig. 1 Distribuição das frequências de fêmeas e machos por classe de comprimento total (a) e de peso total (b) e o desvio padrão durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 2 Relação peso total-comprimento total de *Cichlasoma orientale* coletados durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 3 Proporção sexual mensal de *Cichlasoma orientale* (* χ^2 , $p < 0,05$).

Fig. 4 Gônadas masculinas e femininas de *Cichlasoma orientale*, onde **a** e **b** = imaturo; **c** e **d** = em maturação; **e** e **f** = maduro; **g** = desovado.

Fig. 5 Valores mensais do índice gonadossomático e da pluviosidade durante julho de 2008 a junho de 2009.

Fig. 6 Valores mensais do fator de condição e do índice gonadossomático de *Cichlasoma orientale*.

Tab.1 Número de ovócitos, comprimento total (Lt), peso total (Wt) e o peso das gônadas (Wg) das fêmeas maduras de *Cichlasoma orientale*.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Conclusões Gerais

Os estudos realizados de maio de 2008 a julho de 2009, sobre a ecologia reprodutiva das espécies endêmicas, *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875) e *Cichlosoma orientale* (Kullander, 1983) além da composição e riqueza das espécies ictíicas do rio Assu, semi-árido do Rio Grande do Norte permitiram as seguintes conclusões:

Prochilodus brevis é um importante componente ecológico do rio Assu, semi-árido do Rio Grande do Norte. A aniquilação de uma espécie dessa ordem pode gerar grande impacto no ciclo ecológico;

A precipitação pluviométrica influenciou as alterações nas características limnológicas do rio Assu. A tática reprodutiva de *P. brevis* é sincronizada de acordo com as variações da precipitação. A época de reprodução desta espécie se estende de janeiro a março com desova total;

A época de reprodução de *P. brevis* ocorre fora do período de defeso estabelecido para esta espécie pelo IBAMA, RN. Portanto, há necessidade de reformulação do período de defeso, levando-se em consideração as mudanças do regime pluviométrico desta região.

Cichlosoma orientale um ciclídeo endêmico, frequentemente encontrada no ecossistema do rio Assu;

Esta espécie apresenta crescimento alométrico negativo, fecundidade média proporcional ao seu tamanho corporal e desova parcelada que ocorre ao longo do período de chuvas da região;

A época de reprodução de *C. orientale* ocorre entre os meses de março a junho e em setembro, com pico reprodutivo coincidindo com o início das chuvas. Esta espécie está ajustada às características ambientais da região semi-árida.

A assembléia de peixes do rio Assu é formada por 17 espécies, distribuídos em 09 famílias e 3 ordens, com baixa dominância de espécies introduzidas;

As ordens Perciformes e Characiformes apresentaram a maior riqueza de espécies do rio Assu;

Entre as espécies endêmicas *P. brevis* foi a mais expressiva seguida por *Trachelyopterus galeatus*;

As espécies introduzidas *Astronotus ocellatus*, *Cichla monoculus* e *Plagioscion squamosissimus* são originárias da bacia Amazônica e apenas *Oreochromis niloticus* é oriunda do continente Africano;

O alto grau de endemismo constatado no rio Assu deve ser contemplado nas ações futuras de manejo, especialmente pelo fato dos açudes no semi-árido serem dispostos em série potencializando os perigos de extinção de espécies.

7. ANEXOS

Author Guidelines

Ecology of Freshwater Fish

NEW: Online production tracking is now available for your article through Wiley-Blackwell's Author Services.

Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

Copyright

Authors will be required to sign a Copyright Transfer Agreement (CTA) for all papers accepted for publication. Signature of the CTA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details). To assist authors an appropriate form will be supplied by the editorial office. Alternatively, authors may like to download a copy of the Copyright Transfer Agreement as a PDF. Please send the relevant form to:

Ecology of Freshwater Fish, Production Editor, Wiley Services Singapore Pte Ltd, 600 North Bridge Road, #05-01 Parkview Square, Singapore 188778, Singapore.

(A fax to + 65 6511 8288 or an email of the scanned form to eff@wiley.com is acceptable.)

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley InterScience, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see http://www3.interscience.wiley.com/authorresources/onlineopen.html#OnlineOpen_Ter

ms. Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: http://www.blackwellpublishing.com/pdf/EFF_OOF.pdf. Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Online submission

To submit an article please visit our ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central) site: ScholarOne Manuscripts. Preference is given to articles of not more than 10 printed pages. Submit the manuscript in English. Prepare your manuscript using a word processing program and save it as a .doc, .rtf or .ps file. Non-pdf files will automatically be converted to .pdf format. Image files such as .gif, .eps and .tif may be uploaded. These will be converted to small .jpg files. The converted .pdf and .jpg files will be the files evaluated during the review process. The original files that you upload will be saved and can be accessed by the journal office if necessary. Please be prepared to submit names and email addresses of up to 4 potential reviewers. Information may also be given to avoid potential conflicts of interests. All MSs should have line numbers and page numbers for ease of reviewing.

If you have any questions you can contact the Editor-in-Chief at:

Javier Lobón-Cerviá Department of Evolutionary Ecology National Museum of Natural Sciences, C.S.I.C. C/. José Gutierrez Abascal, 2 E-28006 Madrid, Spain Tel. +34-91- 1-1-328/26-18-607 Fax +34-91-564-5078 menl178@mncn.csic.es or David C. Heins Professor & Chair Dept. of Ecology and Evolutionary Biology 310 Dinwiddie Hall Tulane University New Orleans, LA 70118 Tel: 504-865-5191 Fax: 504-862-8706 e-mail: David C. Heins [heins@tulane.edu] or Leif Asbjørn Vøllestad Professor Center for Ecological and Evolutionary Synthesis CEES Department of Biology University of Oslo Post Office Box 1066 Blindern NO-0316 Oslo Norway Tel: +47 22854640 Fax: +47 22854605 e-mail: [Asbjørn Vøllestad \[asbjorn.vollestad@bio.uio.no\]](mailto:asbjorn.vollestad@bio.uio.no)

With the submission of any MS, authors are requested to submit - (1) A covering letter indicating succinctly why the manuscript is novel and of general interest for an international audience. Authors are encouraged to refer to other studies recently published and comment their contents including short abstracts. Authors should state that the manuscript is not currently under consideration in another journal and that all authors agree with the contents of the manuscripts. Only the senior author will be sent an acknowledgment of submission.

(2) Several suitable reviewers (with e-mail addresses) may be suggested. Ecology of Freshwater Fish recognizes conflict of interest. Therefore, authors may also indicate referees they would prefer not to review their manuscripts. Such suggestions will be

considered guidelines only and the Editors are under no obligation to follow them. The Editors will select the most appropriate reviewers for each manuscript.

IMPORTANT! All manuscripts sent to authors for review should be returned to editors within 30 days. Otherwise the manuscript will be considered as a new submission unless justified reasons.

Authorship

Ecology of Freshwater Fish is concerned with the matter of scientific misconduct, and although it might seem a matter of course to authors, the importance of adhering to all ethical guidelines in connection with scientific publishing must be stressed.

Papers submitted to *Ecology of Freshwater Fish* should conform to established guidelines for authorship (cf. <http://www.icmje.org>). Authorship of a paper carries with it both the responsibility and credit for the report. All those persons whose names appear as authors should have had substantial involvement in the conception, design, data acquisition, data analysis or interpretation, drafting or revising the manuscript, or providing extensive guidance critical for the completion of the study. They should be able to present and defend appropriate portions of the work in a public forum. Honorary authorship is not appropriate, nor is authorship solely for obtaining or providing funding, data collection, or general supervision of the research. All authors must agree on both the submission and entire content of any article bearing their names.

When an article is submitted for consideration by *Ecology of Freshwater Fish*, **the corresponding author must provide a statement that the manuscript conforms to these guidelines and that all authors agree to the submission and content of the article.** In cases where there are five (5) authors or more, the corresponding author must state the involvement each author had in the preparation of the manuscript.

Author material archive policy

Please note that unless specifically requested, Wiley-Blackwell will dispose of all hardcopy or electronic material submitted two months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible if you have not yet done so.

Types of articles

Letters should express new ideas, new and controversial perspectives on major areas of research or topics of current interest for a broad international audience, clearly presented and documented. Letters should contain

Articles should not exceed 9000 words in length and have no more than 8 figures and/or tables and 80 references. Word count is for the main text body (excluding title, abstract acknowledgements, references, table and figure legends).

Reviews have no length limit but those no longer than 20 printed pages would be preferable. Reviews should express an overall contribution to the discipline, novel principles emerging over the past years, and indications of new venues for future research. For the submission of a Review, authors should first contact one of the editors and submit an abstract no longer than 300 words. Invited Reviews may be solicited by the editors.

Crossheads - Use no more than 3 levels of crossheads, clearly indicating the level of each.

Title page - The title page should contain the title and authors names, e-mail address for the nominated corresponding author, telephone and telefax numbers and full postal address, including any postcode. Provide a short title to be used as a running headline, up to six keywords and an abstract no longer than 150 words.

Introduction - State the purpose, give only strictly pertinent references and do not review the subject extensively.

Material and methods and study area - Material and methods should be concise but allow confirmation of observations and repetition of the study. The study area may be described under a separate heading before Material and methods.

Results - Present your results in a logical sequence in the text, tables and figures. Do not repeat in the text all data in the tables and figures; emphasise or summarise only important observations.

Discussion - Summarise the findings without repeating in detail the data presented in Results. Relate your observations to other relevant studies; point out the implications of the results and their limitations and place them in the context of other work.

Acknowledgements - Acknowledge only people who have substantially contributed to the study and sources of financial support.

References in articles - We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:
<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:
<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

Text citations should quote the surnames of the authors in one of two ways: 1) with the year in parentheses: 'Fox (1991) has shown ...' 2) with the names and year in parentheses: 'According to recent findings (Fox 1991), ...' For text citations with 2 authors, use both surnames separated by &. For 3 or more authors, use the first surname

plus et al. For citations of several articles by the same authors with the same year, place a, b, c, etc. after the year. Include only references cited in the text. Check that the text citations correspond exactly with the reference list. Verify the references against the original documents. Do not abbreviate the titles of journals. Do not include unpublished material, including theses, in the references. List the references in alphabetical order at the end of the manuscript. For publications with one author, arrange them chronologically. For 2 authors, arrange alphabetically and then chronologically. For 3 or more authors, arrange chronologically.

Examples

Heggenes, J. & Traaen, T. 1988. Daylight responses to overhead cover in stream channels for fry of four salmonid species. *Holarctic Ecology* 11: 194-201.
 Tesch, F.-W. 1977. The eel. Biology and management of anguillid eels. London: Chapman & Hall. xii + 434 pp.

Le Cren, E.D. 1969. Estimates of fish populations and production in small streams in England. In: Northcote, T.G., ed. Symposium on salmon and trout in streams. H.R. MacMillan lectures in fisheries. Vancouver: University of British Columbia, pp. 269-280.

Cunjak, R.A. 1986. The winter biology of stream salmonids. Ph.D. thesis. Waterloo, Ontario: University of Waterloo. 160 pp.

Scientific names - Cite the scientific name, genus and species for every organism at first mention. The generic name may then be abbreviated as an initial capital except if intervening references to other genera would cause confusion. Common names of organisms must be accompanied by the correct scientific name at first mention. Latin names should be italicised (or underlined).

Abbreviations and units - Give the full name of abbreviations at first mention. Invent new abbreviations only for unwieldy names mentioned frequently. Identify abbreviations in the title and abstract and use them sparingly in the introduction and discussion. Use SI and metric units. Use no roman numerals. In decimals use the decimal point, not the comma.

Tables - Number tables consecutively in Arabic numerals following their order in the text. Type each table on a separate sheet and provide a title that makes the table self-explanatory. Give due regard to the proportions of the printed page. Indicate the approximate location desired in the text.

Illustrations - Number all figures consecutively with Arabic numerals. Identify each with a label indicating the author's name at the top. Figures should clarify the text and must be professionally drawn. The details must be large enough to retain clarity after reduction. Half-tones should exhibit high contrast. Avoid using tints if possible; if shading is essential to the understanding of the figure, try to make it coarse. High-

quality (laser or equivalent) computer-generated figures are acceptable. Select photographs only to illustrate something that cannot otherwise be adequately shown. Photographs should be original half-plate, glossy, black-and-white prints. Type the legends on a separate page at the end of the manuscript. Give due regard to the proportions of the printed page. Indicate the approximate location desired in the text. Line graphs: please place tick marks outside the axes of the graph. Please do not include a border or grid around your figure.

It is the policy of Ecology of Freshwater Fish for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork. The cost of colour printing in this Journal has recently gone down, with the first figure costing 150 GBP and all subsequent figures 50 GBP each. Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Wiley-Blackwell require you to complete and return a colour work agreement form before your paper can be published. This form can be downloaded as a PDF [here](#). If you are unable to download the form, please contact the Production Editor at: eff@wiley.com and they will be able to email or fax a form to you. Once completed, please return the form to the Production Editor at Wiley Services Singapore, 600 North Bridge Road, #05-01 Parkview Square, Singapore 188778.

Any article received by Wiley-Blackwell with colour work will not be published until the form has been returned.

More detailed illustration guidelines for authors can be found at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>

Supporting Information - Publication of a research article in Ecology of Freshwater dictates that all materials described in the paper will be made available freely (or at a nominal price) to the academic scientific community for their own use any materials (e.g. strains, clones, antibodies, etc.) used in the experiments described. An investigator who feels that reasonable requests have not been met by the authors should correspond with the Editors. Authors must use the appropriate database to deposit detailed information supplementing submitted papers, and quote the accession number in their manuscripts.

In addition to regular journal material, Ecology of Freshwater Fish offers the opportunity to publish extra material via its website, such as video, extra colour figures, large data sets. Please note however that only relevant, good quality and material of particular interest will be published on the internet. The material published on the internet cannot be used as sole evidence for the print version of the article. Authors are responsible for the preparation of supporting information, which should be supplied in a format that will be most accessible by readers (e.g. PDF or Word for text and TIFF/EPS for figures).

Proofs - The corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working e-mail address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF (portable document format) file from this site.

Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following web site:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>.

This will enable the file to be opened, read on screen and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available. Excessive changes made by the author in the proofs, excluding typesetting errors, will be charged separately.

Offprints - A PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that will accompany the proofs. Printed offprints are posted to the correspondence address given for the paper unless a different address is specified when ordered. Note that it is not uncommon for printed offprints to take up to eight weeks to arrive after publication of the journal. Electronic offprints are sent to the first author at his or her first e-mail address on the title page of the paper, unless advised otherwise; therefore please ensure that the name, address and e-mail of the receiving author are clearly indicated on the manuscript title page if he or she is not the first author of the paper.

Early View - *Ecology of Freshwater Fish* is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. More information about DOIs can be found at: <http://www.doi.org/faq.html>. To receive an e-mail alert when your article is published, please see this page.

Note to NIH Grantees

Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see www.wiley.com/go/nihmandate.