

# HISTOMORFOMETRIA GONADAL COMPARADA DE *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) E *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903) (Characiformes, Characidae) EM UM RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO\*

Giancarlo Arrais GALVÃO<sup>1</sup>; Augusto Luis Bentinho SILVA<sup>1</sup>; Amanda Soares CARDOSO<sup>1</sup>; Hellen da Silva SANTOS<sup>1</sup>; Patricia Avello Nicola PEREIRA<sup>1</sup>; Leonardo Barros RIBEIRO<sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar comparativamente as principais características morfológicas e histomorfométricas de ovários e testículos de *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) e *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903). Os peixes foram obtidos entre abril de 2014 e março de 2015, no Reservatório Monte Alegre (Salgueiro, Pernambuco). No total, 240 indivíduos foram observados macroscopicamente e, destes, 126 gônadas foram analisadas histologicamente. Durante o período estudado, *A. lacustris* apresentou quatro diferentes estádios gonadais e *P. kennedyi* apresentou três. Para ambas as espécies, em todos os meses foram detectados macroscopicamente, ovócitos vitelogênicos e, microscopicamente, ovócitos pré-vitelogênicos. O diâmetro dos ovócitos vitelogênicos foi maior ( $471,68 \mu\text{m} \pm 160,55$ ;  $p < 0,05$ ) para fêmeas de *A. lacustris*. O diâmetro dos túbulos seminíferos ( $114,68 \mu\text{m} \pm 34,57$ ;  $p < 0,05$ ) e a altura do epitélio germinativo ( $18,75 \mu\text{m} \pm 5,47$ ;  $p < 0,05$ ) foram maiores para *P. kennedyi*. Os testículos maduros em *A. lacustris* apresentaram epitélio germinativo com bordas melhor delimitadas, quando comparado a *P. kennedyi*. As observações macroscópicas demonstraram que os maiores valores do índice gonadossomático (IGS) de ambas as espécies coincidiu com o período de maior precipitação na região (entre novembro/2014 e maio/2015). Por fim, concluiu-se que as duas espécies apresentam desova parcelada com desenvolvimento ovocitário assincrônico.

**Palavras-chave:** lambari; reprodução de peixes; morfologia gonadal; histologia.

## COMPARATIVE GONADAL HISTOMORPHOMETRY OF *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) AND *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903) (Characiformes, Characidae) FROM A RESERVOIR IN BRAZILIAN SEMIARID

### ABSTRACT

This study aimed to comparatively analyze the main morphological and histomorphometric characteristics of ovaries and testicles from *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) and *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903). The fish were obtained between April 2014 and March 2015, in Monte Alegre Reservoir (Salgueiro, Pernambuco). In total, 240 individuals were macroscopically analyzed and, from these, 126 gonads were histologically analyzed. During the period, *A. lacustris* presented four different gonadal stages and *P. kennedyi* displayed three. For both species, in every month, vitellogenic oocytes were detected macroscopically and, microscopically, only previtellogenic oocytes were visualized. The diameter of vitellogenic oocytes was higher ( $471.68 \mu\text{m} \pm 160.55$ ;  $p < 0.05$ ) for females of *A. lacustris*. The diameter of the seminiferous tubules ( $114.68 \mu\text{m} \pm 34.57$ ;  $p < 0.05$ ) and the height of the germinal epithelium ( $18.75 \mu\text{m} \pm 5.47$ ;  $p < 0.05$ ) were higher for *P. kennedyi*. The mature testes in *A. lacustris* showed germinal epithelium with better delimited edges, when compared to *P. kennedyi*. The macroscopic observations presented that greatest values of the gonadosomatic index (GSI) of both species coincided with the period of higher precipitation (between November 2014 and May 2015) in the region. Finally, from the macro and microscopic observations, it was concluded that the two species present partitioned spawning with asynchronous oocyte development.

**Key words:** lambari; fish reproduction; gonadal morphology; histology.

---

**Artigo Científico: Recebido em 17/05/2015 - Aprovado em 14/09/2016**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco. Campus Ciências Agrárias, BR 407, km 12, Lote 543, Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, Núcleo C-1, CEP 56300-990, Petrolina, PE, Brasil. E-mail: giangalvao@gmail.com

\* Apoio financeiro: Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga/Ministério da Integração Nacional.

## INTRODUÇÃO

A região semiárida do nordeste brasileiro é caracterizada, sobretudo, por seu regime peculiar de chuvas. A alta produtividade das lagoas e açudes nordestinos chama a atenção para as particularidades químicas e ecológicas desses ambientes. Nessa região, a precipitação pluviométrica e os parâmetros físico-químicos são fatores que afetam a dinâmica desses ecossistemas lacustres (LAZZARO *et al.*, 2003). Sendo assim, os organismos presentes em reservatórios do semiárido nordestino apresentam adaptações relacionadas à sua ecologia alimentar e reprodutiva (SILVA, 2008).

A diversidade dos peixes está refletida nas suas estratégias reprodutivas e, conseqüentemente, em sua morfologia gonadal (DESJARDINS e FERNALD, 2009). Estudos sobre reprodução de espécies de peixes bioindicadoras de qualidade ambiental no bioma Caatinga são recentes em comparação com os realizados em outros biomas brasileiros (ALMEIDA *et al.*, 1993; NASCIMENTO *et al.*, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2013).

O estudo dos aspectos reprodutivos nos peixes é importante para um entendimento de seus ciclos biológicos e da influência dos fatores extrínsecos e intrínsecos no desenvolvimento das gônadas. Esse conhecimento permite entender a dinâmica de uma população em um determinado ecossistema aquático, diante de uma diversidade de táticas que são possibilitadas aos indivíduos no seu ambiente natural (CHELLAPA *et al.*, 2009; RONDINELI e BRAGA, 2010)

A morfologia gonadal tem sido amplamente estudada em nível anatômico e microscópico para identificar ciclo reprodutivo, frequência de desova, fecundidade e outros parâmetros, a fim de compreender a reprodução e as relações filogenéticas em peixes (MELO *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2012). Entretanto, esses parâmetros têm sido analisados de forma independente e geralmente para uma única espécie, havendo ausência de estudos holísticos, que envolvam várias espécies e com caráter

comparativo (DEFALCO e CAPEL, 2009). As variações na morfologia gonadal de peixes refletem importantes adaptações ecológicas e comportamentais durante a reprodução (FISHELSON e GON, 2008). Além disso, a plasticidade fenotípica da morfologia gonadal demonstra a adaptabilidade às mudanças ambientais (DEFALCO e CAPEL, 2009).

Atualmente, são diversas as razões para se estudar os rios das regiões áridas e semiáridas, já que estes ecossistemas funcionam como amplificadores do desequilíbrio climático regional e local. As espécies analisadas no presente trabalho (*Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*) ainda carecem de informações sobre biologia básica. Nesse contexto, estudos comparativos sobre a histomorfometria gonadal possibilitarão esclarecer e gerar informações sobre a biologia reprodutiva dessas espécies, especialmente em bacias de rios intermitentes como o aqui investigado, na sub-bacia do rio Terra Nova, onde a morfofisiologia reprodutiva dos peixes pode responder de maneira diferente ao longo do ano.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo, analisar comparativamente as principais diferenças morfológicas e histomorfométricas de ovários e de testículos dos peixes *A. lacustris* e *P. kennedyi*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório Monte Alegre, formado pelo represamento do riacho Monte Alegre, localiza-se no município de Salgueiro, Pernambuco, sob as coordenadas 8°01'24.9"S e 39°06'46.4"W (Figura 1). Com capacidade de acúmulo de 14.698.000 m<sup>3</sup> de água (APAC, 2016) é o segundo maior da bacia do rio Terra Nova. O clima da região foi classificado por Köppen como BSw (semiárido) (KÖPPEN, 1948). A estação chuvosa dura aproximadamente quatro meses (entre os meses de janeiro e maio). A precipitação registrada na área no período das amostragens foi de 634,24 mm com precipitação máxima nos meses de abril e novembro de 2014 e em março de 2015 (Figura 2).

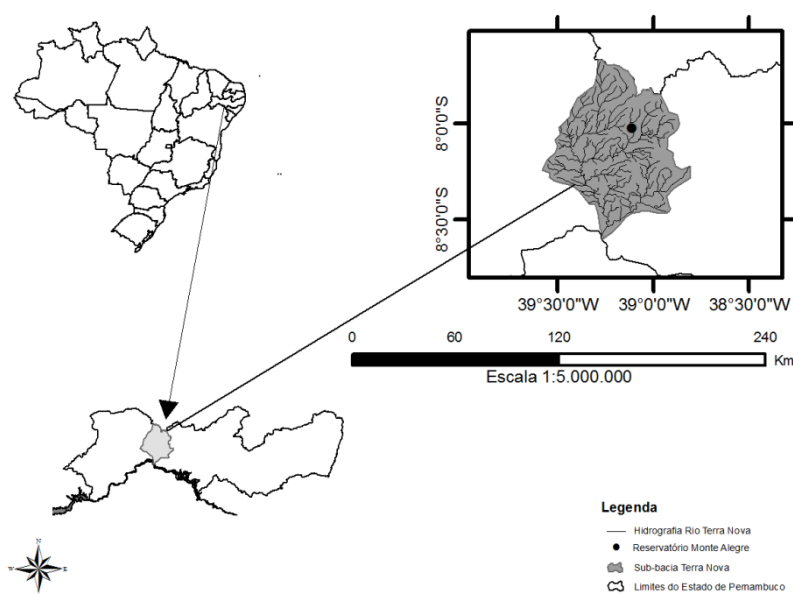


Figura 1. Localização geográfica do Reservatório Monte Alegre, Salgueiro, Pernambuco.

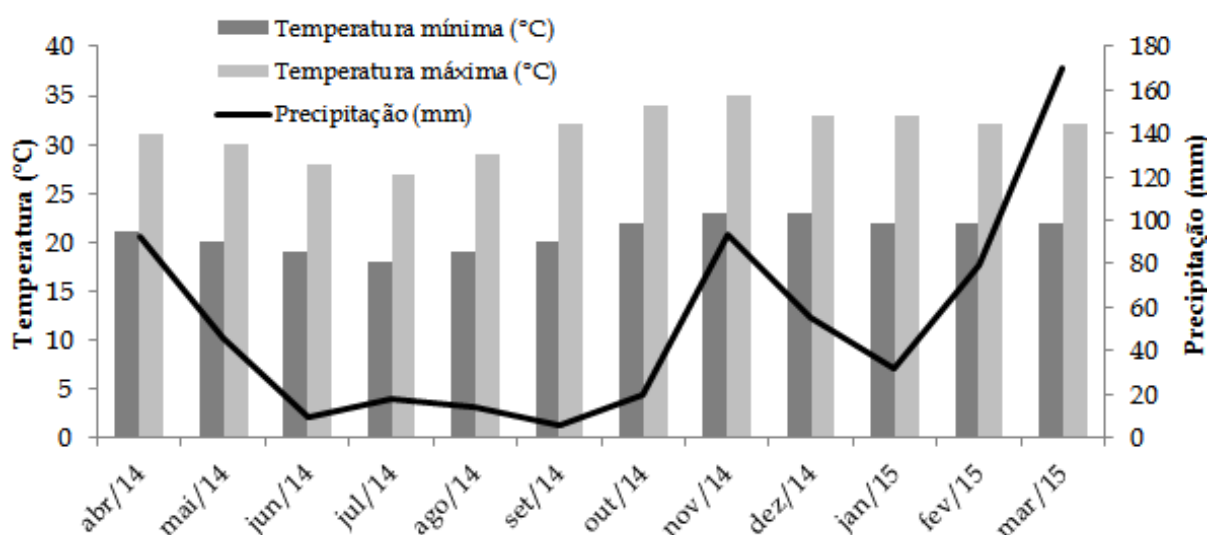


Figura 2. Precipitação mensal, temperatura máxima e mínima registradas no município de Salgueiro durante o período de amostragem (Fonte: CLIMATEMPO, 2016 e IPA, 2016).

Dez exemplares adultos de cada espécie, sendo cinco fêmeas e cinco machos, foram coletados mensalmente, entre abril de 2014 e março de 2015, sob a autorização de coleta SISBIO/IBAMA N° 45264-2. O apetrecho usado foi a rede de arrasto com 10 m x 1,5 m e 5 mm de malha entre nós adjacentes. Depois de anestesiados e sacrificados, submergindo-se os indivíduos em uma solução de água contendo 2-fenoxietanol na dose de 400 mg L<sup>-1</sup> (Resolução CFMV N° 1000, de 11 de maio de 2012), foram

obtidos o comprimento total (CT) em centímetros e peso corporal (PC) em gramas para confirmar se os indivíduos selecionados eram todos adultos. Posteriormente, os exemplares adultos foram dissecados para a identificação macroscópica do sexo e do estágio de maturação gonadal (EMG), seguindo a descrição de CARVALHO *et al.* (2009).

O peso das gônadas (PG) foi usado para calcular o índice gonadossomático (IGS) dos exemplares. Em seguida, cada gônada foi armazenada em tubo tipo *ependorf* e fixada em

solução de Bouin por 8-12 horas, desidratada em séries ascendentes de álcool, clarificada em xilol e inclusa em parafina. Finalmente, foram confeccionadas lâminas com cortes de três a cinco micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) de espessura e coradas com hematoxilina-eosina (HE).

Com auxílio de microscópio Lederer-Avancini® LA/146A (acoplado com câmera digital Opton TA-0124-A) e *software* ISCapture, foram feitas as imagens das lâminas. A determinação dos estádios de maturação gonadal considerando as características microscópicas, também seguiu o modelo proposto por CARVALHO *et al.* (2009). Foram selecionadas as melhores imagens das lâminas de cada indivíduo para se realizar as mensurações em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), por meio do *software* Image-Pro Plus® v. 4.5.0.29, traçando uma reta horizontal e outra vertical, formando um ângulo de 90° entre elas, obtendo-se então a média.

Para as imagens dos ovários foi feita a mensuração do diâmetro ovocitário e da altura da camada das células foliculares de cinco ovócitos, em cada lâmina nos estádios II, III (fases pré-vitelogênicas) e IV (fase vitelogênica). Nos testículos de cada exemplar, fez-se a mensuração do diâmetro dos túbulos seminíferos e da altura do epitélio germinativo de cinco túbulos nos estádios II, III e IV.

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov*, o que permitiu analisar a distribuição paramétrica ou não paramétrica dos dados. O teste de *Bartlett* foi utilizado com a finalidade de verificar se as variâncias do diâmetro dos túbulos seminíferos, diâmetro ovocitário, altura do epitélio germinativo e altura da camada das células foliculares nos estágios diferem ou não entre as espécies e os estádios da mesma espécie. Para os dados não paramétricos o teste de *Wilcoxon-Mann-Whitney* foi empregado, com a mesma finalidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* R versão 3.0.2, adotando-se nível de significância de  $p < 0,05$  (ZAR, 1996).

## RESULTADOS

### *Observações macroscópicas de ovários e testículos*

Os ovários das fêmeas de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* são do tipo cistovariano, pelo fato de apresentarem oviduto contínuo. Os ovócitos vitelogênicos visíveis a olho nu apresentaram tons amarelado a pardo esverdeado para *A. lacustris* e amarelado para *P. kennedyi*. Em *A. lacustris*, os ovários analisados macroscopicamente apresentaram quatro estágios de maturação gonadal (EMG; II, III, IV e V), enquanto que os de *P. kennedyi* apresentaram três fases (II, III e IV). A primeira espécie apresentou fêmeas no estágio II nos meses de janeiro, março, agosto, setembro, outubro e dezembro. Não foram observadas fêmeas maduras (estádio III), apenas no mês de julho. Nos meses de abril, maio, junho, julho, setembro e novembro foram encontradas fêmeas desovadas (estádio IV). Exemplares em repouso (estádio V) foram observados apenas nos meses de julho e janeiro (Figura 3). A espécie *P. kennedyi* apresentou fêmeas no estágio II nos meses de junho, agosto, setembro, outubro e dezembro. Fêmeas maduras (estádio III) foram observadas em todos os meses amostrados e fêmeas desovadas (estádio IV) foram detectadas nos meses de março, maio, junho e novembro (Figura 4). Com relação aos machos, foram encontrados apenas três estágios gonadais em ambas as espécies: em maturação (II), maduro (III) e esvaziado (IV). Machos em maturação de *A. lacustris* foram encontrados nos meses de julho, agosto e setembro/15 e janeiro/14. Em todos os meses, foram detectados machos maduros. Indivíduos esvaziados foram observados nos meses de maio e junho/14 e fevereiro e março/15 (Figura 5).

Machos em maturação (II) de *P. kennedyi* foram encontrados entre junho e novembro/14. Assim como em *A. lacustris*, foram encontrados machos maduros (III) em todos os meses amostrados. Indivíduos esvaziados (IV) foram encontrados em abril e maio/14 e em março/15 (Figura 6).

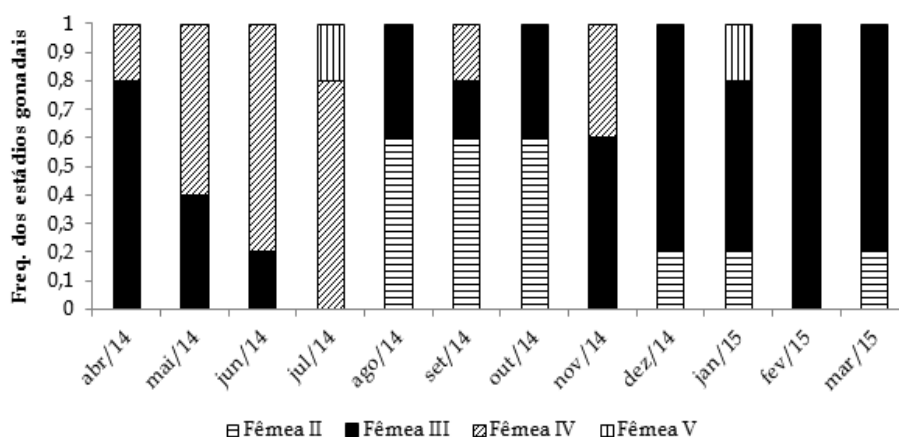


Figura 3. Distribuição da frequência dos estádios de maturação gonadal (EMG) das fêmeas de *Astyanax lacustris* ao longo dos meses estudados.

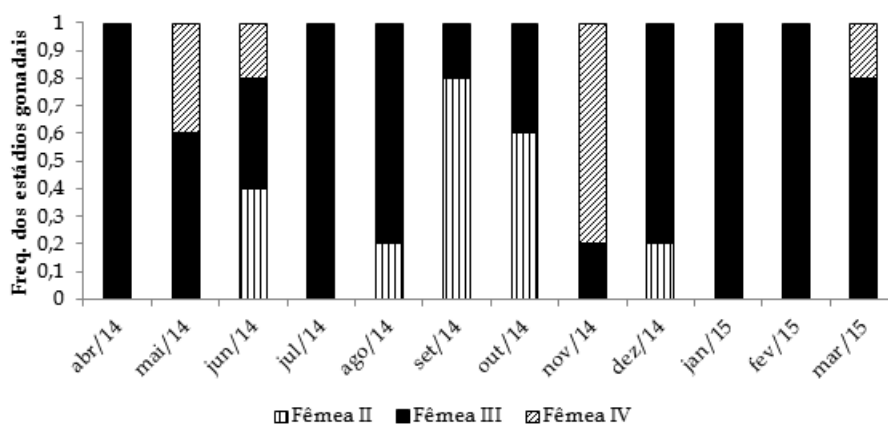


Figura 4. Distribuição da frequência dos estádios de maturação gonadal (EMG) das fêmeas de *Psellogrammus kennedyi* ao longo dos meses estudados.

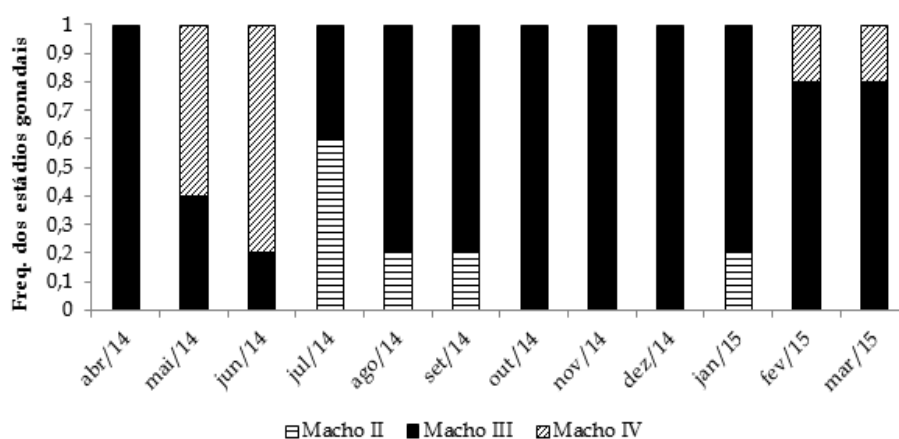
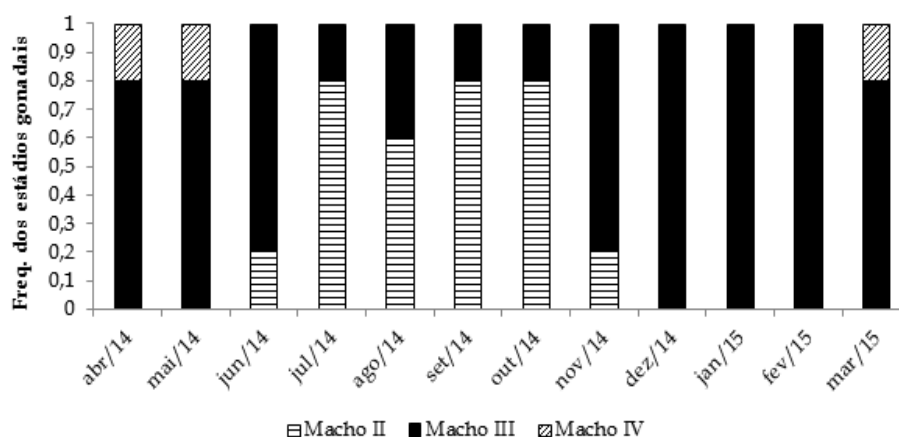


Figura 5. Distribuição da frequência dos estádios de maturação gonadal (EMG) dos machos de *Astyanax lacustris* ao longo dos meses estudados.



**Figura 6.** Distribuição da frequência dos estádios de maturação gonadal (EMG) dos machos de *Psellogrammus kennedyi* ao longo dos meses estudados.

### Índice gonadossomático (IGS)

Os maiores valores de IGS médio das fêmeas de *A. lacustris* foram observados em abril/14 e entre os meses de dezembro a março/15. No mês de fevereiro foi verificado o maior IGS médio (10,25%), quando todas as fêmeas encontravam-se maduras. Entretanto, nas fêmeas da espécie *P. kennedyi*, os maiores valores de IGS médio foram observados em abril e maio/14 e de dezembro a março/15, com pico também no mês fevereiro (7,87%), quando todas elas encontravam-se maduras (III).

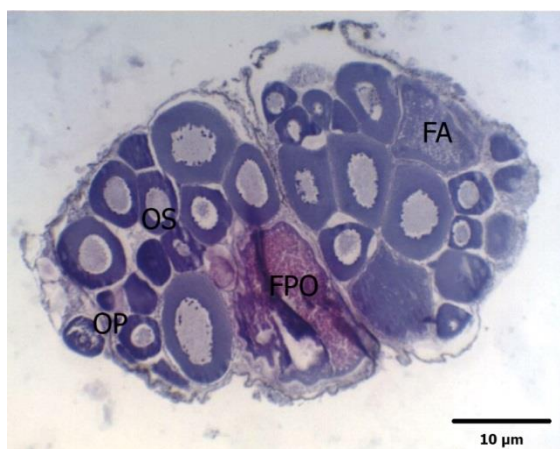
Em relação aos machos de *A. lacustris*, os maiores valores de IGS médio ocorreram em abril e maio/14 e de dezembro a março/15, com o pico em março (3,1%). Para machos de *P. kennedyi*, apesar do maior valor de IGS médio ter sido encontrado em agosto (2,1%), o período no qual houve maior frequência de indivíduos maduros (III) foi em abril e maio/14 e de dezembro a março/15.

### Descrição microscópica dos ovários

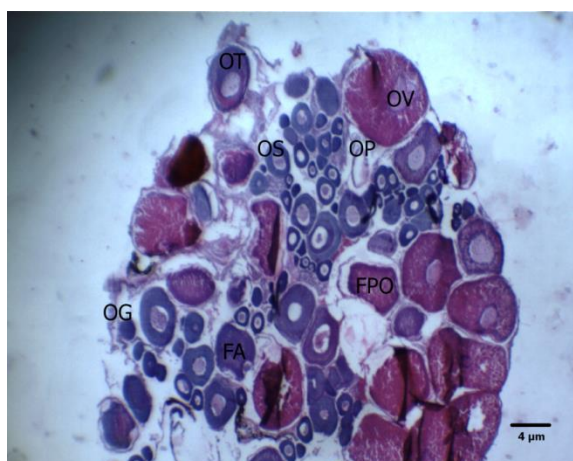
Apesar de terem sido observadas cinco fases gonadais nas observações microscópicas (I, II, III, IV e V), as análises histomorfométricas foram direcionadas apenas aos estádios II, III e IV, devido ao baixo número de indivíduos nas fases I e V. Nas duas espécies, o tipo de desenvolvimento ovocitário é assincrônico (Figuras 7 e 8), caracterizado pela presença de ovócitos em diferentes estádios de desenvolvimento. Também foram observados ovócitos pré-vitelogênicos, durante todos os meses amostrados. Não foram registrados ovócitos vitelogênicos em *A. lacustris* apenas nos meses de abril, julho e agosto/14 e em *P. kennedyi* nos meses de abril e maio/14. O diâmetro dos ovócitos vitelogênicos (estádio IV) foi maior (Bartlett;  $p < 0,05$ ) em *A. lacustris* ( $471,68 \pm 160,55 \mu\text{m}$ ), quando comparado com os de *P. kennedyi* ( $283,32 \pm 59,01 \mu\text{m}$ ), conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Medidas histomorfométricas do diâmetro ovocitário (DO) e altura da camada das células foliculares das fêmeas (ACCF) de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* nos diferentes estádios de maturação gonadal (EMG). Valores médios ( $\pm$ desvio-padrão) em  $\mu\text{m}$ . Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

EMG	DO			ACCF		
	II	III	IV	II	III	IV
<i>A. lacustris</i>	166,57 $\pm$ 71,42 <sup>a</sup>	165,66 $\pm$ 139,93 <sup>b</sup>	471,68 $\pm$ 160,55 <sup>b</sup>	38,52 $\pm$ 17,01 <sup>a</sup>	20,89 $\pm$ 7,11 <sup>b</sup>	9,35 $\pm$ 3,37 <sup>c</sup>
<i>P. kennedyi</i>	85,20 $\pm$ 24,74 <sup>a</sup>	104,72 $\pm$ 37,18 <sup>b</sup>	283,32 $\pm$ 59,01 <sup>c</sup>	20,67 $\pm$ 8,14 <sup>a</sup>	26,13 $\pm$ 12,11 <sup>b</sup>	6,69 $\pm$ 2,87 <sup>c</sup>



**Figura 7.** Corte histológico de ovário de *Psellogrammus kennedyi* (aumento de 100x). OP = ovócito primário; OS = ovócito secundário; FPO = folículo pós-ovulatório e FA = folículo atrésico.



**Figura 8.** Corte histológico do ovário de *Astyanax lacustris* (aumento de 40x). OG = ovogônia; OP = ovócito primário; OS = ovócito secundário; OT = ovócito terciário (com alvéolo cortical); OV = ovócito vitelogênico; FPO = folículo pós-ovulatório e FA = folículo atrésico.

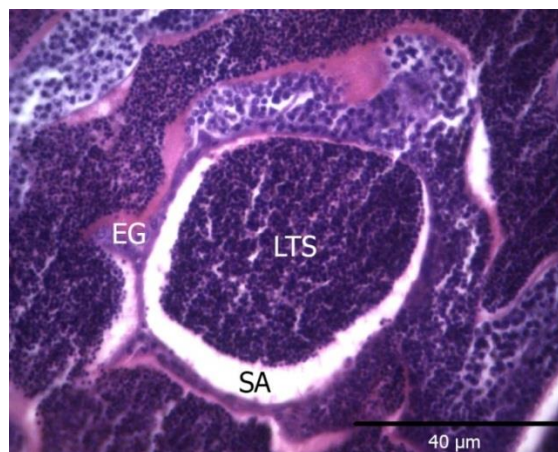
Na comparação do diâmetro ovocitário entre os diferentes estádios gonadais de *A. lacustris*, observou-se variação significativa (Bartlett;  $p < 0,05$ ) entre os estádios II e III e entre os estádios II e IV. Com relação à altura da camada das células foliculares (ACCF), houve variação significativa (Bartlett;  $p < 0,05$ ) entre os três estádios analisados. Em *P. kennedyi* foram detectadas diferenças para o DO (Bartlett;  $p < 0,05$ ) e a ACCF

(Wilcoxon;  $p < 0,05$ ), entre todos os estádios observados.

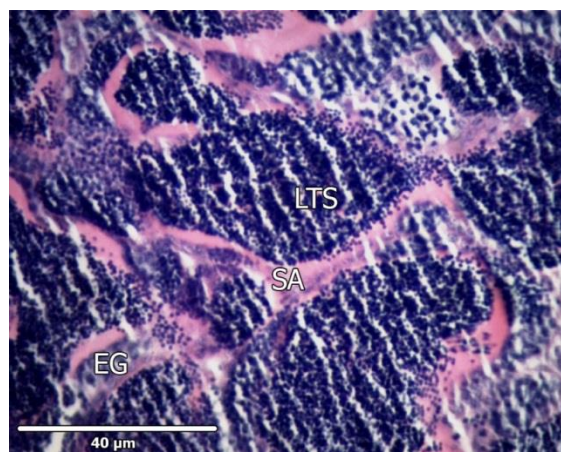
O DO foi significativamente distinto (Bartlett;  $p < 0,05$ ) quando comparados os mesmos estádios entre as duas espécies. Já com relação à ACCF, apenas a comparação entre os estádios IV de *A. lacustris* e *P. kennedyi* não diferiram significativamente (Bartlett;  $p > 0,05$ ).

#### Descrição microscópica dos testículos

A partir das observações histológicas dos testículos de *A. lacustris* e *P. kennedyi*, puderam ser distinguidos três estádios de maturação gonadal (II, III e IV). No estágio III, o epitélio germinativo se encontrou melhor delimitado, com bordas mais definidas em *A. lacustris*, quando comparado a *P. kennedyi* (Figuras 9 e 10). Foram observados indivíduos de *A. lacustris* em maturação (II) apenas no mês de julho e de *P. kennedyi* nos meses de maio, julho, setembro e novembro. As duas espécies apresentaram-se no estágio maduro (III) durante todos os meses amostrados. O estágio IV foi encontrado apenas nos meses de julho (para *A. lacustris*) e abril (para *P. kennedyi*). O diâmetro dos túbulos seminíferos (DTS) das espécies no estágio maduro (III) apresentou média de  $94,70 \pm 46,94 \mu\text{m}$  para *A. lacustris* e  $114,68 \pm 34,57 \mu\text{m}$  para *P. kennedyi*. A altura média do epitélio germinativo (AEG) foi de  $13,18 \pm 10,47 \mu\text{m}$  para *A. lacustris* e  $18,75 \pm 5,47 \mu\text{m}$  para *P. kennedyi* (Tabela 2).



**Figura 9.** Corte histológico de testículo de *Astyanax lacustris* (aumento de 400x). LTS = luz do túbulo seminífero; SA = secreção acidófila; e EG = epitélio germinativo.



**Figura 10.** Corte histológico de testículo de *Psellogrammus kennedyi* (aumento de 400x). LTS = luz do túbulo seminífero; SA = secreção acidófila; e EG = epitélio germinativo.

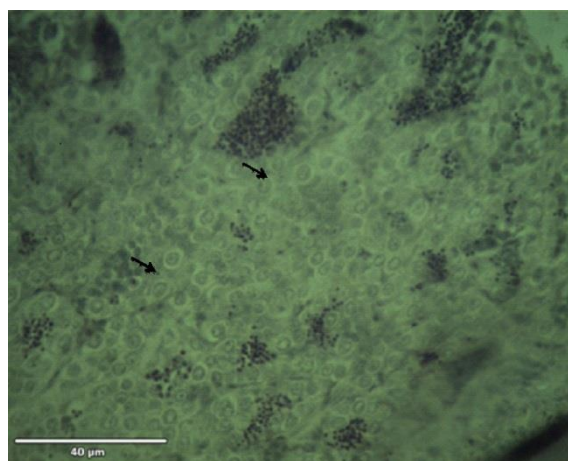
**Tabela 2.** Medidas histomorfométricas do diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e altura do epitélio germinativo (AEG) de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* nos diferentes estádios de maturação gonadal (EMG). Valores médios em  $\mu\text{m}$  ( $\pm$ desvio-padrão). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

EMG	DTS			AEG		
	II	III	IV	II	III	IV
<i>A. lacustris</i>	52,44 $\pm$ 7,20 <sup>b</sup>	94,70 $\pm$ 46,94 <sup>a</sup>	35,71 $\pm$ 12,27 <sup>b</sup>	12,80 $\pm$ 2,73 <sup>a</sup>	13,18 $\pm$ 10,47 <sup>ac</sup>	7,34 $\pm$ 1,12 <sup>bc</sup>
<i>P. kennedyi</i>	68,21 $\pm$ 12,57 <sup>b</sup>	114,68 $\pm$ 34,57 <sup>a</sup>	49,43 $\pm$ 0,18 <sup>c</sup>	15,28 $\pm$ 4,93 <sup>a</sup>	18,75 $\pm$ 5,47 <sup>a</sup>	18,80 $\pm$ 2,69 <sup>a</sup>

Na comparação do DTS em diferentes estádios gonadais de *A. lacustris* foi detectada diferença significativa entre os estádios II e III e entre os estádios III e IV (Bartlett;  $p < 0,05$ ). Para *P. kennedyi*, também houve diferença significativa (Bartlett;  $p < 0,05$ ) em todos os estádios gonadais. Em relação ao AEG de *A. lacustris*, a diferença (Wilcoxon;  $p < 0,05$ ) foi observada quando comparados os estádios II e III e os estádios III e IV. Para *P. kennedyi* não houve diferença (Bartlett;  $p > 0,05$ ) entre o AEG dos diferentes estádios gonadais.

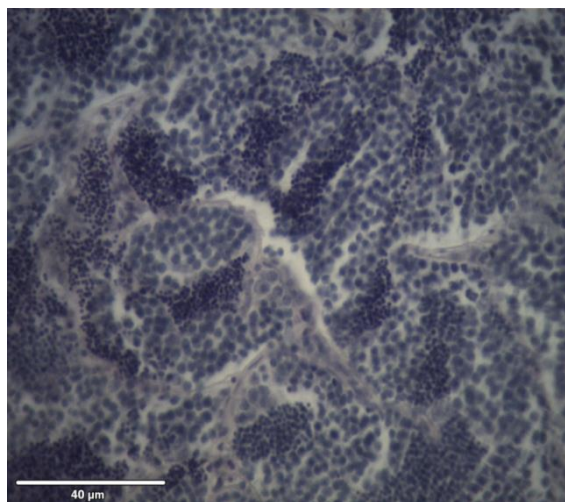
Quando a comparação foi feita entre as espécies o DTS apresentou diferença (Bartlett;  $p < 0,05$ ) para o estágio III e IV. Já com relação ao AEG, também foram observadas diferenças nos estádios III (Wilcoxon;  $p < 0,05$ ) e IV (Bartlett;  $p < 0,05$ ). No estágio IV (esvaziado), o epitélio germinativo de *A. lacustris* apresentou um número expressivo de espermatogônias circundadas pelas

células de Sertoli, quando comparado a *P. kennedyi* (Figuras 11 e 12).



**Figura 11.** Corte histológico de testículo de *Astyanax lacustris* (aumento de 400x). Setas indicando espermatogônias.





**Figura 12.** Corte histológico de testículo de *Psellogrammus kennedyi* (aumento de 400x).

### Parâmetros abióticos

Durante o período amostrado, o município de Salgueiro acumulou precipitação pluviométrica de 634,24 mm, abaixo da média histórica registrada para a região semiárida, 750 mm anuais (PRADO, 2003). O maior índice foi registrado no mês de março/2015 (170,20 mm), no período considerado chuvoso. A análise de correlação de Spearman demonstrou que o IGS das fêmeas de ambas as espécies é incrementado com maiores índices de temperatura e precipitação, com os maiores valores de IGS tendo sido registrados nos meses com chuvas acima de 50 mm. Os machos de *A. lacustris* apresentaram correlação positiva apenas com a temperatura. O IGS dos machos de *P. kennedyi* também se correlacionou positivamente com os dois fatores (Tabela 3).

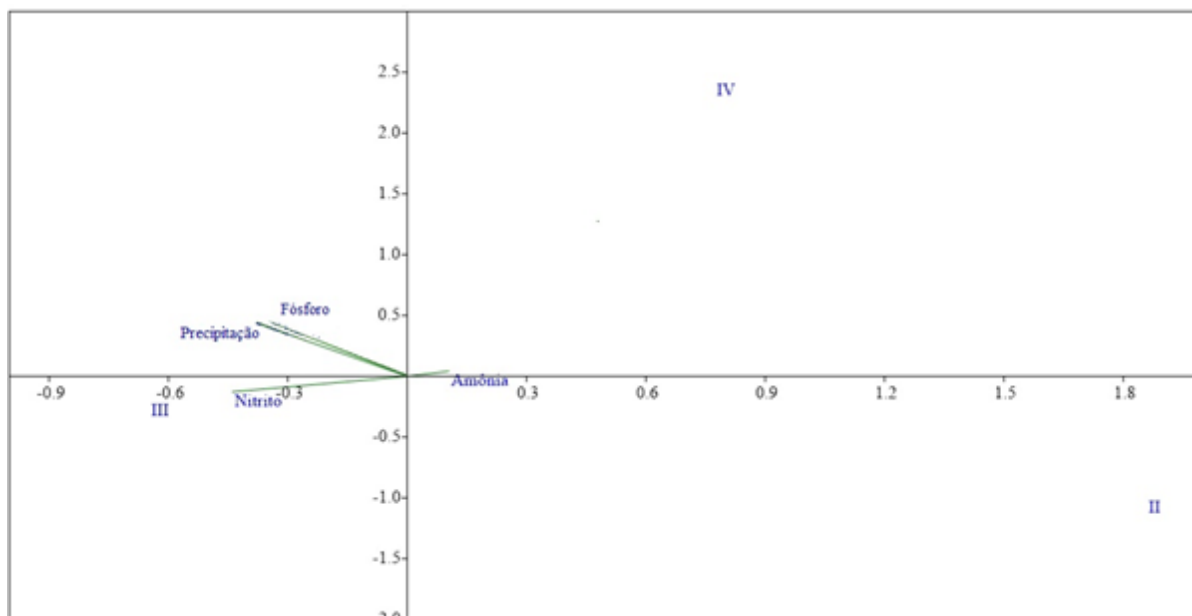
**Tabela 3.** Correlação de Spearman entre os valores médios dos índices gonadossomáticos (IGS) de fêmeas e machos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*, precipitação e temperatura médias mensais no município de Salgueiro- PE. \*Resultados significativos com  $p < 0,05$ .

Espécie	Sexo	Precipitação média	Temperatura média
<i>A. lacustris</i>	Machos	$r_s = 0,7063$	$r_s = 0,5378^*$
	Fêmeas	$r_s = 0,5315^*$	$r_s = 0,4534^*$
<i>P. kennedyi</i>	Machos	$r_s = 0,0772^*$	$r_s = 0,4021^*$
	Fêmeas	$r_s = 0,2417^*$	$r_s = 0,5194^*$

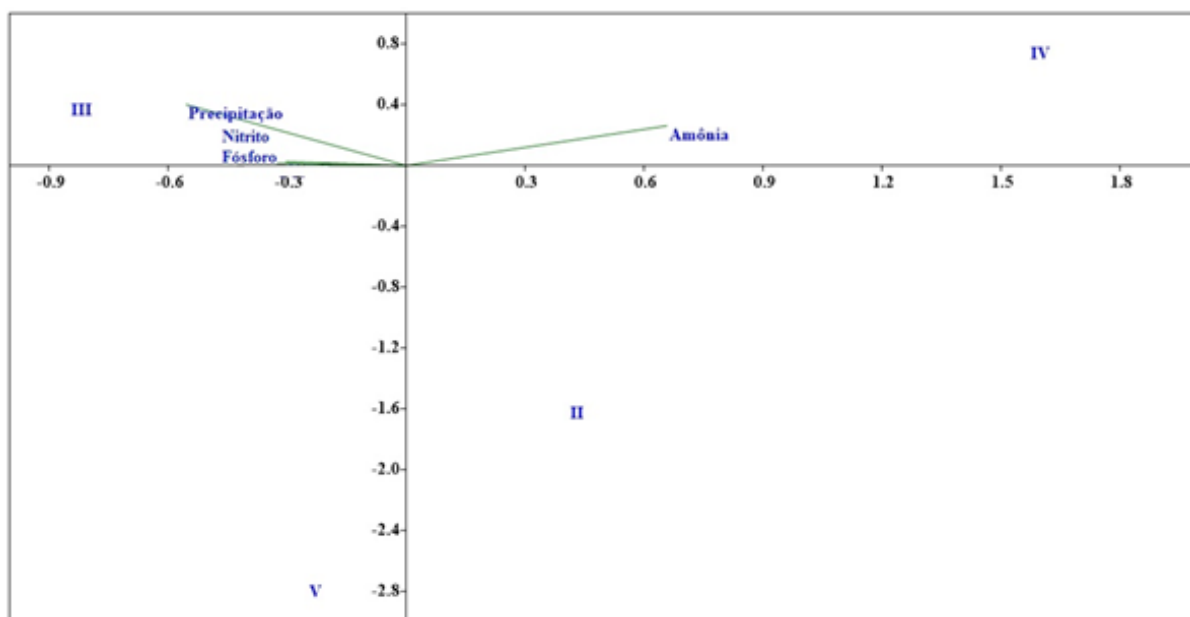
A análise de correspondência canônica (CCA) demonstrou que as variáveis abióticas exercem uma influência positiva sobre a frequência dos estádios gonadais das duas espécies. Para as fêmeas de *P. kennedyi* o eixo X explicou 63,58% das correlações e o eixo Y 36,42%. O estágio IV (esvaziado) apresentou pequena relação positiva com a concentração de amônia e negativa com o nitrito. Entretanto, no estágio III (maduro), a relação com o nitrito foi positiva e com a amônia foi negativa (Figura 13).

Para as fêmeas de *A. lacustris*, a amônia também esteve diretamente relacionada com a

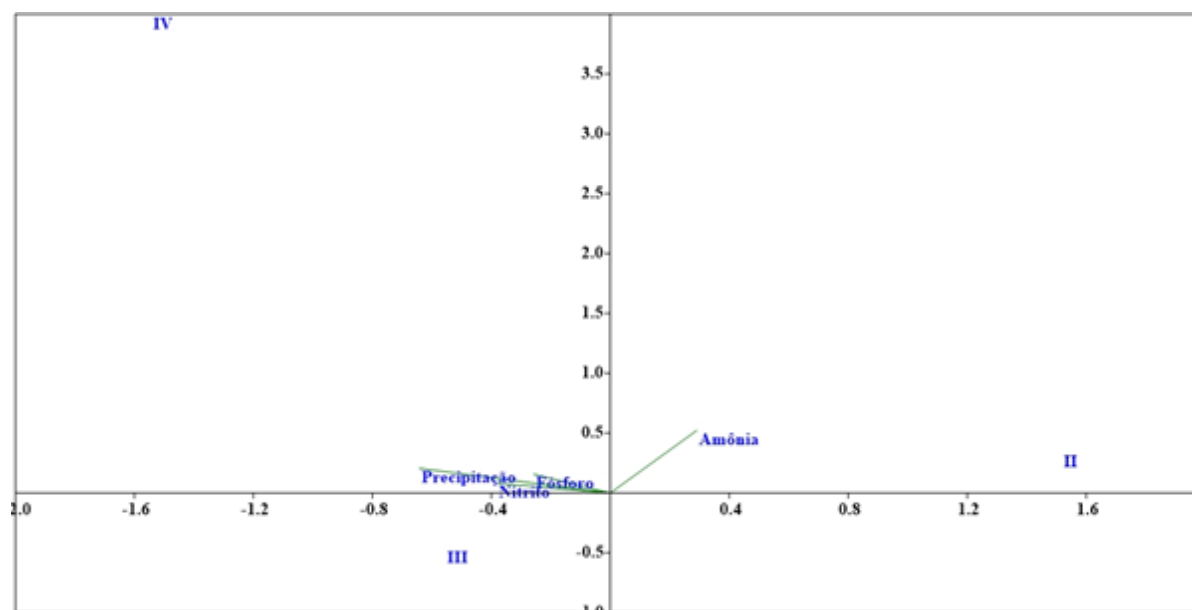
atividade reprodutiva (estádio IV). A precipitação e a concentração de fósforo influenciaram positivamente a frequência do estágio III (Figura 14). Para os machos de *P. kennedyi*, 100% da variância dos dados foi explicada pelos resultados da CCA. Precipitação, concentração de fósforo e nitrito estão diretamente correlacionados com o estágio de maturação IV. A amônia se correlacionou positivamente com o estágio II (Figura 15). Nos machos de *A. lacustris*, o nitrito correlacionou-se com o estágio III e a amônia com o estágio IV (Figura 16).



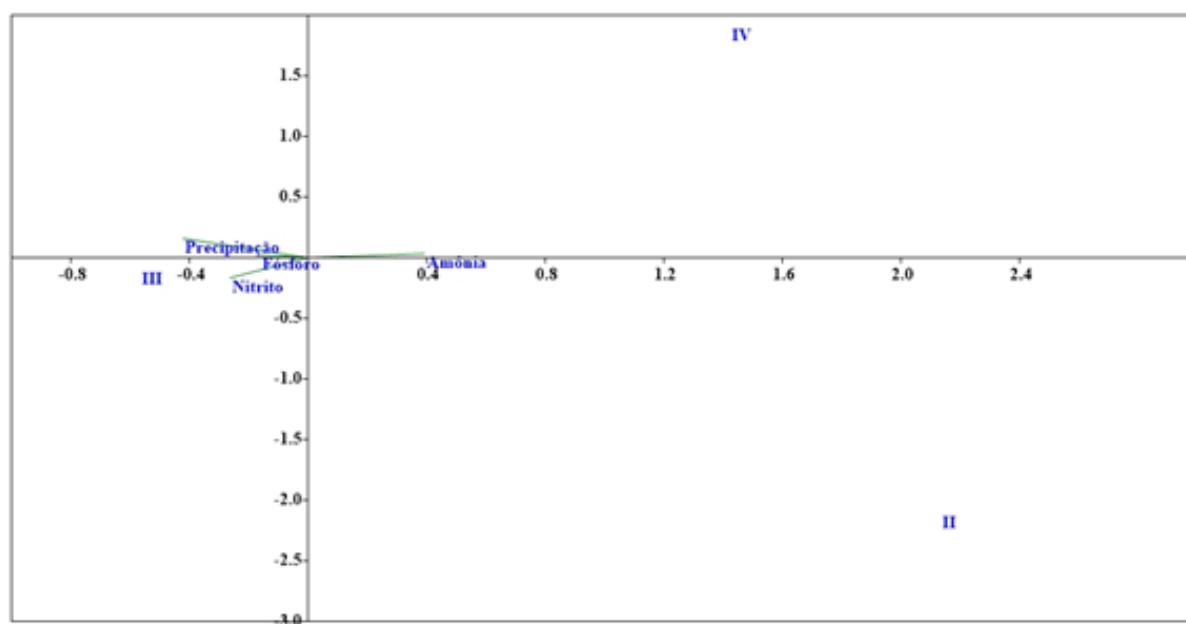
**Figura 13.** Análise de correspondência canônica (CCA) dos estádios de maturação gonadal em fêmeas de *Psellogrammus kennedyi* e variáveis ambientais.



**Figura 14.** Análise de correspondência canônica (CCA) dos estádios de maturação gonadal em fêmeas de *Astyanax lacustris* e variáveis ambientais.



**Figura 15.** Análise de correspondência canônica (CCA) dos estádios de maturação gonadal em machos de *Psellogrammus kennedyi* e variáveis ambientais.



**Figura 16.** Análise de correspondência canônica (CCA) dos estádios de maturação gonadal em machos de *Astyanax lacustris* e variáveis ambientais.

## DISCUSSÃO

### *Observações macroscópicas e microscópicas*

A coloração amarelada dos ovários das espécies estudadas pode estar relacionada aos carotenóides presentes na gema e possui íntima

relação com a alimentação das espécies. SVENSSON *et al.* (2009) relataram que pigmentos como astaxantina, luteína e outros carotenóides amarelados e alaranjados nos ovócitos vitelogênicos têm sido amplamente estudados em espécies marinhas que se alimentam de Krill e copépodes. Essa coloração é importante para a

identificação da prole, seleção de fêmeas saudáveis e seleção da prole para o cuidado parental (LUBZENS *et al.*, 2010). Indica ainda, bom estado de saúde, devido ao fato dessas substâncias serem classificadas como antioxidantes e imunostimulantes (OLSEN e OWENS, 1998).

O fato das fêmeas de *A. lacustris* terem apresentado quatro fases de maturação e *P. kennedyi* três fases durante o período amostrado reforça o fato das duas espécies possuírem desenvolvimento assíncrono dos ovócitos. Este resultado pode estar relacionado às estratégias reprodutivas, sugerindo que as espécies escolhem a melhor época para maturação das gônadas e realização da desova durante o período de estiagem (seco), mas apresentam uma sincronia reprodutiva durante o período chuvoso. De acordo com RAMOS *et al.* (2005), na região semiárida, caracterizada por situações extremas de seca e curtos períodos de cheia, os rios e reservatórios possuem características peculiares, com altas taxas de evaporação e escoamento superficial de suas águas.

Macroscopicamente, observou-se que os machos das duas espécies apresentaram três fases de maturação gonadal. A manutenção de regiões do testículo em diferentes estádios do ciclo pode contribuir para que as espécies possam produzir espermatozoides e possuam reservas deste gameta no interior do testículo o que justifica o predomínio de machos maduros durante todo ano. Isso permite que os machos estejam sempre aptos para reprodução, realizando liberação parcelada dos espermatozoides de acordo com as condições ambientais mais favoráveis (COSTA, 2011).

Segundo ALVES (2009), o fato de ambas as espécies apresentarem desenvolvimento ovocitário assíncrono, onde ovócitos de vários estádios são encontrados, está provavelmente associado às características lênticas do ambiente. Ao contrário dos rios e riachos do semiárido, que são de caráter intermitente, os reservatórios conseguem armazenar água durante toda a época de estiagem. Este tipo de desenvolvimento reduz não somente o risco de predação de ovos e larvas,

mas também o de desova em condições ambientais desfavoráveis.

### **Índice gonadossomático (IGS)**

Os valores médios mensais do Índice Gonadossomático (IGS) de machos e fêmeas de *Astyanax lacustris* foram menores entre os meses de maio e novembro, com destaque para o mês de julho, em ambos os sexos. Notou-se um incremento no índice a partir do mês dezembro, quando as fêmeas apresentaram um pico, já para os machos o pico ocorreu no mês de março.

A maioria dos estudos realizados com o gênero *Astyanax* no hemisfério sul, demonstra que as espécies apresentam uma reprodução sazonal, com pico no período chuvoso (SILVA, 2008), que normalmente compreendem as estações da primavera e verão (ABILHOA e AGOSTINHO, 2007; DALA-CORTE e AZEVEDO, 2010).

Para *P. kennedyi*, o menor IGS médio das fêmeas e machos ocorreu no mês de novembro. Nos meses seguintes foi nítido um incremento no índice, com fêmeas atingindo seu pico no mês de fevereiro. O maior índice mensal de IGS nos machos ocorreu no mês de agosto, mês em que as fêmeas também apresentaram um índice elevado, podendo ser uma consequência do grande número de indivíduos maduros. Os maiores valores de IGS de fêmeas ocorreram no mesmo intervalo de meses apresentado por *A. lacustris*, período esse em que ocorreu uma maior precipitação na região do reservatório Monte Alegre.

CHELLAPPA *et al.* (2009) afirmam que embora a variação na temperatura em ambientes tropicais seja mínima, quaisquer alterações nos regimes de chuvas podem caracterizar uma sazonalidade em relação a reprodução. No mais, o período de desova em espécies de peixes no semiárido tende a se restringir ao período das chuvas.

### **Fatores ambientais e o IGS**

Durante o período de amostragem, a incidência de chuvas na região foi baixa, com o pico de precipitação no mês de março de 2015 e menor índice no mês de setembro de 2014. O

período de estiagem foi estendido até o mês de maio em 2014 e antecipado em 2015, iniciando no mês de novembro.

O IGS das espécies foi influenciado pela pluviosidade e temperatura. Nas fêmeas, o desenvolvimento assíncrono dos ovários e a desova continua ao longo do período amostrado, apresentando picos reprodutivos foram associados à estação chuvosa. Esse fato foi observado nos indivíduos das duas espécies com o aumento do IGS na estação chuvosa.

Estudos de biologia reprodutiva para a espécie *P. kennedyi* ainda são escassos, por esse motivo, o presente trabalho representa um estudo pioneiro acerca das características macro e microscópicas da biologia reprodutiva desta espécie. Ao contrário das espécies pertencentes ao gênero *Astyanax*, que já possuem dados sobre sua biologia reprodutiva (GURGEL, 2004; SILVA, 2008; CARVALHO *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2012).

## CONCLUSÕES

Observou-se que fêmeas e machos de ambas espécies apresentaram variação temporal no estágio de desenvolvimento das gônadas durante o período estudado, com desova parcelada e desenvolvimento ovocitário assíncrono. Histologicamente, os parâmetros ovocitários de *A. lacustris* foram maiores que os de *P. kennedyi*. Entretanto, os parâmetros testiculares foram maiores para *P. kennedyi*, devido ao fato desta espécie apresentar um maior número de túbulos seminíferos anastomosados. Os maiores valores do índice gonadossomático (IGS) de ambas as espécies coincidiu com o período de maior precipitação (entre novembro/2014 e maio/2015).

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA), à Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Ministério da Integração Nacional.

## REFERÊNCIAS

- ABILHOA, V.; AGOSTINHO, A.A. 2007 Aspectos biológicos de duas espécies de *Astyanax* (Teleostei, Characidae) em lagoas marginais do alto rio Iguaçú, Paraná, Brasil. *Estudos de Biologia*, 29: 23-32.
- ALMEIDA, R.G.; SOARES, L.H.; EUFRÁSIO, M.M. 1993 *Lagoa do Piató: Peixes e Pesca*. Coleção Vale do Açú. Natal. 84p.
- ALVES, M.F. 2009 Biologia reprodutiva e alimentar da pequiira *Bryconamericus stramineus* Eigenmann, 1908 no elevador da Represa do Funil - MG. Lavras, 82f. (Dissertação de Mestrado, Ciências Veterinárias, UFLA). Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/1335>>. Acesso em: 01 ago. 2015.
- APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima). 2015 *Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova*. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5esubpage\\_id=22](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5esubpage_id=22)>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- ARAÚJO, A.S.; LIMA, L.T.B.; NASCIMENTO, W.S.; YAMAMOTO, M.E.; CHELLAPPA, S. 2012 Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triportheus angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amazônia*, 2(1): 59-73.
- ARAÚJO, A.S.; SOUZA, O.P.; NASCIMENTO, W.S.; OLIVEIRA, J.C.S.; YAMAMOTO, M.E.; CHELLAPPA, S. 2013 Reproductive strategy of *Psectrogaster rhomboides* Eigenmann & Eigenmann, 1889, a freshwater fish from Northeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(6): 1259-1263.
- CARVALHO, P.A.; PASCHOALINI, A.L.; SANTOS, G.B.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. 2009 Reproductive biology of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characiformes) in a reservoir in southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 306-313.
- CHELLAPPA, S.; BUENO, R.M.X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N.T.; VAL, V.M.F.A. 2009 Reproductive seasonality of the fish fauna an limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica*, 39: 325-329.
- CLIMATEMPO. *Climatologia Salgueiro-PE*. Disponível em <

- <http://www.climatempo.com.br/climatologia/1269/salgueiro-pe>>. Acesso em: 27 jun. 2016.
- COSTA, F.G. 2011 *Testículo de Astyanax altiparanae Garutti e Britski, 2000: estudo morfológico, ultraestrutural e imuno-histoquímico*. São Paulo, 85f. (Tese de Doutorado, Instituto de Ciências Biomédicas, USP). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42134/tde-26012012-111709/pt-br.php>> Acesso em: 10 jul. 2015.
- DALA-CORTE, R.B.; AZEVEDO, M.A. 2010 Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 100(3): 259-266.
- DEFALCO, T.; CAPEL, B. 2009 Gonad morphogenesis in vertebrates: Divergent means to a convergent end. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 25: 457-482.
- DESJARDINS, J.K.; FERNALD, R.D. 2009 Fish sex: why so diverse? *Current Opinion in Neurobiology*, 11: 1-6.
- FISHELSON, L.; GON, O. 2008 Comparative oogenesis in cardinal fishes (Apogonidae, Perciformes), with special focus on the adaptative structures of the egg envelopes. *Environmental Biology of Fishes*, 81(4): 397-414.
- GURGEL, H.C.B. 2004 Estrutura populacional e época de reprodução de *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Ceará Mirim, Poço Branco, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1): 131-135.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. 2016. *Sessão de Índices Pluviométricos*. Disponível em: <[http://www.ipa.br/indice\\_pluv.php](http://www.ipa.br/indice_pluv.php)>. Acesso em: 16 jun. 2016.
- LAZZARO, X.; BOUVY, M.; RIBEIRO-FILHO, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SALES, L.T.; VASCONCELOS, A.R.M.; MATA, M. 2003 Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs? *Freshwater Biology*, 48(4): 649-668.
- LUBZENS, E.; YOUNG, G.; BODE, J.; CERDÀ, L. 2010 Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed? *General and Comparative Endocrinology*, 165(3): 367-389.
- MARTINS, Y.S.; ARANTES, F.P.; SATO, Y.; SANTOS, J.E.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. 2012 Comparative analysis of gonadal morphology in six fish species of the *Incertae Sedis* genera in Characidae of occurrence in the São Francisco River Basin, Brazil. *Acta Zoologica*, 93(1): 48-56.
- MELO, R.M.C.; ARANTES, F.P.; SATO, Y.; DOS SANTOS, J.E.; RIZZO, E., BAZZOLI, N. 2011 Comparative morphology of the gonadal structure related to reproductive strategies in six species of neotropical catfishes (Teleostei: Siluriformes). *Journal of Morphology*, 272(5): 525-535.
- NASCIMENTO, W.S.; ARAÚJO, A.S.; CHELLAPPA, N.T.; CHELLAPPA, S. 2012 Reproductive strategy of *Leporinus piau* (Fowler, 1941), a neotropical freshwater fish from the semi-arid region of Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(4):877-880.
- OLSEN, V.A.; OWENS, I.P.F. 1998 Costly sexual signals: are carotenoids, rare, risky or required? *Trends in Ecology and Evolution*, 13(2): 510-514.
- PRADO, D. 2003 As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. *Ecologia e Conservação da Caatinga*, Editora Universitária UFPE, Recife: 3-73.
- RAMOS, R.T.C.; RAMOS, T.P.A.; ROSA, R.S.; BELTRÃO, G.B.M.; GROTH, F. 2005 Diversidade de peixes (ictiofauna) da bacia do rio Curimataú, Paraíba. In: ARAÚJO, F.S.; RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.R.V. 2005 *Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação*. Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Biodiversidade e Florestas), Brasília: 291-317.
- RONDINELLI, G.R.; BRAGA, F.M.S. 2010 Reproduction of the fish community of Passa Cinco Stream, Corumbataí River sub-basin, São Paulo State, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(1): 181-188.
- SILVA, D.A. 2008 *Ecologia alimentar e reprodutiva da piaba-do-rabo-amarelo, Astyanax cf. lacustris* (Reinhardt, 1874) (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.

---

Natal. 108f. (Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências, UFRN). Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/12478>> Acesso em: 24 jun. 2015.

SVENSSON, P.A.; BLOUNT, J.D.; FORSGREN, E.; TAMUDSEN, T. 2009 Female ornamentation and egg carotenoids of six sympatric gobies. *Journal of Fish Biology*, 75(10): 2777-2787.

ZAR, J.H. 1996 *Biostatistical analysis*. 3ª ed., New Jersey: Prentice-Hall. 662p.