



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

FRANCIMÁRIO DA SILVA FEITOSA

HISTÓRIA DE VIDA DE *Leporinus piau* FOWLER, 1941

FORTALEZA

2018

FRANCIMÁRIO DA SILVA FEITOSA

HISTÓRIA DE VIDA DE *Leporinus piau* FOWLER, 1941

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor. Área de concentração: biodiversidade.

Orientadora: Prof^ª Dra. Carla Ferreira Rezende

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F336h Feitosa, Francimário da Silva.
História de vida de Leporinus piau Fowler, 1941 / Francimário da Silva Feitosa. – 2018.
84 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Carla Ferreira Rezende.
1. Barragens. 2. Biologia reprodutiva. 3. Ecologia trófica. 4. Hidrologia. 5. Peixe migratório. I. Título.
CDD 577
-

FRANCIMÁRIO DA SILVA FEITOSA

HISTÓRIA DE VIDA DE *Leporinus piau* FOWLER, 1941

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor. Área de concentração: biodiversidade.

Aprovada em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Carla Ferreira Rezende (Presidente)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa
Universidade Federal do Ceará (UFC-Labomar)

Dra. Luisa Resende Manna
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Prof. Dr. Paulo Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Rafaela Priscila Ota
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

AGRADECIMENTOS

À Dra. Carla Ferreira Rezende, pela orientação, troca de ideias, entusiasmo e paciência na resolução de problemas;

Ao Dr. José Roberto Feitosa Silva pela oportunidade de ingressar no PPGERN sob sua tutela e utilizar as instalações do laboratório de sua responsabilidade;

À banca avaliadora do projeto de tese e de qualificação os Dr's. Bianca Terra, Carol Feitosa, Lígia Queiroz e João Eduardo pelo criterioso julgamento e valiosas sugestões;

Aos pescadores José Nunes (Zomi), de Uruçuí-PI, Joseilton, Neném, Sr. Didi, da localidade Manga-PI/MA, e o Sr. João Luis de Floriano-PI pela valiosa ajuda na coleta dos peixes e ensinamentos informais sobre a natureza do rio e dos peixes;

Ao curso e professores do PPGERN, por me apresentarem uma nova escola na Ecologia, totalmente diferente e instigante para mim, voltada para a teoria;

Aos colegas da turma 2014.1 e calouros subsequentes do PPG-ERN que continuam me ensinando sobre diversidade humana;

À Jéssica Lima, Milena Nobre e Elaine Cristina, secretárias do PPG-ERN, pela presteza;

À minha mãe, Maria de Fátima, pessoa mais importante em minha formação como cidadão;

Aos cerca de 820 km entre São Raimundo Nonato-PI e Fortaleza-CE, por me fazer pensar em estratégias que driblassem o cansaço e continuasse firme até o término dessa empreitada;

À Nilton César e sua família, conterrâneo que primeiro me recebeu em Fortaleza;

Às amigadas efetivadas em Fortaleza: Adjar, Lourdinha e Mário Soul, por me proporcionarem antárticas bem geladas, bom papo e música de excelente qualidade;

Aos colegas de laboratório, Amanda, André, Bárbara, Clarice, Felipe, Francisco Keilo, Frederico, Joaquim, Livânio, Marcelo, Maria Rita, Natanael, Meire, Sarah, Sérgio, Tamara, Thábata, Thaís e Victor, pelas discussões teóricas, ajudas estatísticas e por me fazerem entender melhor a dinâmica do local;

À Jonas Vasconcelos Filho, pela valiosa ajuda com as análises estatísticas do tamanho de primeira maturação de *Leporinus piau*;

Aos então bolsistas do laboratório de histologia animal e ecologia de rios, Dr's. Bianca Terra, Cynthia Yuri Ogawa, José Louvise e Leonardo Peres por me proporcionarem uma visão mais experiente e competente do fazer ciência;

Aos pesquisadores Dr. Airton Brandin, Manoel de Jesus (IFPI, *campus* Teresina Central), Dr. Lúcio Pereira, Jacqueline Sousa (Embrapa Semiárido), Dr. José Bibiano (CCA-Univasf) e Auriana Walker (Cemafauna), pelas parcerias institucionais firmadas através do empréstimo de equipamentos para coleta dos parâmetros físicoquímicos e constante presteza e diálogo;

Ao Dr. Rogério Parentoni Martins, pela amizade e valiosos ensinamentos a cerca de Ecologia Teórica e Filosofia da Ecologia;

À Univasf *Campus* Serra da Capivara, através dos coordenadores do colegiado de Ciências da Natureza, Dr's. Anna Flora Novaes, Arnaldo Magalhães Jr. e Yariadner Brito, por flexibilizarem os horários para a continuação e término desse trabalho;

Ao Paulo Junho, técnico do laboratório de Biodiversidade e Bioarqueologia da Univasf-SRN, pela ajuda na triagem e conservação dos exemplares de *Leporinus piau* desse trabalho;

Ao Dr. Daniel Fortier, então coordenador do curso Ciências Biológicas da UFPI-Floriano, pela presteza e disponibilização de laboratório para análises dos peixes;

Ao motorista e piloto da canoa da CHN UFPI-Floriano, Léo Pedra, por sempre estar disposto nos trabalhos de campo e nos deslocamentos até eles enquanto houve parceria institucional;

À CAPES, pelo apoio financeiro no período 2014.1;

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho e amadurecimento profissional.

“Rio Parnaíba, ó Deus das águas
Tu me abençoas, lavas *minh'alma*
Eu nado em teu leito, aprendo o amor...
Eu remo bem forte contra a minha dor!
Carregue pra longe a infelicidade
E recicla no mar o nosso amor.
Fui grão de areia em seu corpo... O céu a
brilhar!
Leva a incerteza e dissolve o rancor,
É gostoso demais teu sabor...
A tua presença, teu cheiro, na mente a
passear...”

(Chico Mário Feitosa, *Parnapangéia*, 2017).

RESUMO

As barragens hidrelétricas causam efeitos físicos e biológicos em rios de todo o mundo, como a supressão de lagoas à jusante e desestruturação das assembléias e populações de organismos aquáticos. Com objetivo de testar a influência de barragens hidrelétricas na história de vida de populações de peixes, escolhemos o rio Parnaíba e a espécie *Leporinus piau* como objetos para o nosso estudo. O rio Parnaíba tem uma única barragem localizada a cerca de 560 km das nascentes, no município de Guadalupe-PI e conhecida como 'Boa Esperança'. Investigamos no primeiro capítulo o impacto físico causado pelo reservatório através do represamento nas localidades à montante e jusante, em pontos distantes cerca de 80 km do início do lago e do seu vertedouro, respectivamente. Para isso, coletamos dados históricos de nível, vazão e pluviosidade no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) e os analisamos através de estatística descritiva para verificar o efeito do reservatório sobre os sítios estudados. No segundo capítulo avaliamos esse efeito sobre a biologia de *Leporinus piau*, através da análise de características de história de vida e dieta da espécie. *Leporinus piau* é uma espécie migratória de Characiformes, Anostomidae, conhecida popularmente como piau, piau-cabeça-gorda ou piau-coqueiro, uma importante fonte de proteína animal explorada através de pescarias artesanais, esportiva e de subsistência. Os resultados indicaram maior efeito físico no trecho à montante, através da atenuação do fluxo hídrico provocado pelo lago de Boa Esperança. À jusante registramos maior variação do fluxo e do nível, ocasionada pela pluviosidade que também variou significativamente. Quanto à biologia trófica da espécie, foi registrada uma diferença significativa na composição da dieta entre as populações nesses mesmos sítios, assim como na amplitude de nicho entre sítios e estações sazonais; quanto à reprodução, verificou-se que os indivíduos da população à montante são maiores e que à jusante apresentaram um menor tamanho de primeira maturação, refletindo assim no Fator de Condição (K) que também foi diferente. Não houve relação positiva entre o índice gonadosomático (I_G) e a pluviosidade, indicando que não há sinalização ambiental para a desova da espécie, de maneira mais acentuada na população à jusante. O conjunto dos resultados indicam que as populações de *Leporinus piau* sofrem diferentes pressões ambientais em cada sítio, o que pode fazer com que seu *status* de conservação seja rebaixado de não-ameaçada para vulnerável.

Palavras-chave: Barragens. Biologia reprodutiva. Ecologia trófica. Hidrologia. Peixe migratório.

ABSTRACT

Hydroelectric dams cause physical and biological effects in rivers around the world, such as suppression of downstream ponds and disruption of aquatic assemblages and organism populations. In order to test the influence of hydroelectric dams on the life history of fish populations, we chose the Parnaíba river and the *Leporinus piau* species as objects for our study. The Parnaíba river has a single dam located about 560 km from the sources, in the municipality of Guadalupe-PI and known as 'Boa Esperança Dam'. We investigated in the first chapter the physical impact caused by the reservoir through the impoundment in the upstream and downstream sites, at distant points about 80 km from the beginning of the lake and its spillway, respectively. For this, we collected historical data on river level, flow and rainfall in the Hydrological Information System of the Agência Nacional de Águas (ANA) and analyzed them through descriptive statistics to verify the effect of the reservoir on the studied sites. In the second chapter we evaluated this effect on the biology of *Leporinus piau*, through the analysis of life history and diet characteristics of the species. *Leporinus piau* is a migratory species of Characiformes, Anostomidae, popularly known as "piau", "piau-cabeça-gorda" or "piau-coqueiro", an important source of animal protein exploited through artisanal, sports and subsistence fisheries. The results indicated a greater physical effect in the upstream stretch, through the attenuation of the water flow caused by Boa Esperança Reservoir. Downstream we recorded a greater variation of flow and river level, caused by the rainfall that also varied significantly. Regarding the trophic biology of the species, a significant difference was observed in the composition of the diet among the populations in these same sites, as well as in the niche amplitude between sites and seasonal seasons; as for reproduction, it was verified that the individuals of the upstream population were larger and that downstream presented a smaller size of first maturation, thus reflecting in Condition Factor (K) which was also different. There was no positive relationship between the gonadosomatic index (I_G) and rainfall, indicating that there is no environmental signaling for the spawning of the species, in a more pronounced way in the downstream population. The set of results indicate that populations of *Leporinus piau* undergo different environmental pressures at each site, which may cause their conservation status to be lowered from non-threatened to vulnerable.

Keywords: Dams. Hydrology. Migratory fish. Reproductive biology. Trophic ecology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Usina hidrelétrica de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, região Nordeste do Brasil 17
- Figura 2 – Exemplares de *Leporinus piau* coletados no sítio à montante em outubro de 2015 18
- Figura 3 – Localização da área de coleta dos dados fluviométricos e pluviométricos. Localidade à montante localidade à jusante de Boa Esperança 28
- Figura 4 – Histogramas com dados de cota e vazão nas localidades à montante (A e C) e jusante (B e D) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba 31
- Figura 5 – Cota, vazão e pluviosidade registrada à montante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba. Dados faltantes da pluviosidade nos anos de 2001, 2005, 2006 e 2007 32
- Figura 6 – Cota, vazão e pluviosidade registrada à jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba 33
- Figura 7 – Regressão linear entre vazão e cota registradas à montante (A) e jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, entre setembro de 2015 e agosto de 2017 33
- Figura 8 – Área de coleta de *Leporinus piau* e dos dados abióticos (círculos) e dados de cota, vazão e pluviosidade (triângulos), à montante (A) e jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil 44
- Figura 9 – A) Esquema da armadilha de garrafa pet utilizada para a coleta de *Leporinus piau* no sítio à jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil; ao centro, imagem ilustrando os cortes feitos na garrafa; à direita, detalhe do encaixe em forma de funil da armadilha. B) Registro fotográfico da coleta de *L. piau* com armadilha de garrafa pet 46
- Figura 10 – Análise de componentes principais (PCA) dos dados abióticos coletados no médio rio Parnaíba, Brasil. Quadrante superior direito agrupando o primeiro ano de coleta (montante seca 2015/2016 [\diamond], montante cheia 2015/2016 [\blacksquare], jusante seca 2015/2016 [\bullet] e jusante cheia 2015 [\circ]); quadrante inferior direito agrupando o segundo período de cheia (montante cheia 2016/2017 [$+$] e jusante cheia 2016/2017 [\boxtimes]) 49
- Figura 11 – Volume relativo dos itens alimentares de origem animal e vegetal encontrados nos estômagos dos exemplares de *Leporinus piau* nos sítios à montante (A) e à

jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil	50
Figura 12 – Variação na amplitude de nicho alimentar de <i>Leporinus piau</i> nos sítios à montante (S1) e jusante (S2), médio rio Parnaíba, Brazil, nos quatro períodos sazonais estudados (2015 a 2017). Diferenças significativas constatadas entre os pares AB, AH, BD, BE, BF, BG, BH, CD, CE, CF, CG e CH	51
Figura 13 – Relações peso-comprimento, nas populações de <i>Leporinus piau</i> à montante (A) e à jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil	52
Figura 14 – Previsão do peso (g) em relação ao comprimento padrão (Ls, mm) nas populações de <i>Leporinus piau</i> à montante (S1) e jusante (S2) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil. A-D categorias tamanho/peso	53
Figura 15 – Proporção de fêmeas (A) e machos (B) sexualmente maduros de <i>Leporinus piau</i> durante todo período de estudo, à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio Rio Parnaíba, Brasil	53
Figura 16 – Fator de Condição (K) entre os sexos (FS1 = fêmea/sítio 1 e FS2 = fêmea/sítio 2; MS1 = macho/sítio 1 e MS2 = macho/sítio 2) de <i>Leporinus piau</i> durante período de estudo (agosto de 2015 a julho de 2017), médio Rio Parnaíba, Brasil	55
Figura 17 – Índice gonadosomático (I_G) entre os sexos (FS1 = fêmea/sítio 1 e FS2 = fêmea/sítio 2; MS1 = macho/sítio 1 e MS2 = macho/sítio 2) de <i>Leporinus piau</i> durante período de estudo (agosto de 2015 a julho de 2017) médio Rio Parnaíba, Brasil	55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Médias anuais das cotas e vazões com seus respectivos desvios padrões e pluviosidades totais anuais calculados para toda a série histórica no médio rio Parnaíba (Fonte: ANA) 30
- Tabela 2 – Resultados da análise SIMPER para os itens alimentares que apresentaram dissimilaridade na dieta de *Leporinus piau* entre os sítios à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba 51
- Tabela 3 – Resultados da análise LMM para as variáveis resposta Fator de Condição e Índice Gonadossomático (I_G) e variáveis preditoras período, sexo e vazão coletados nos sítios à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba (AIC = Akaike's Information Criterion; W_{im} = Akaike's weight) 54

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

AIC	Akaike's Information Criterion
ANA	Agência Nacional de Águas
ANCOVA	Análise de Covariância
ANOVA	Análise de Variância
CCA	Centro de Ciências Animais (UNIVASF/Petrolina)
CDS	Conceito de Descontinuidade Serial
Chesf	Companhia Hidroelétrica do São Francisco e Parnaíba
cm	centímetro
cm ³	centímetro cúbico
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPUE	Captura por Unidade de Esforço
g	grama
GLM	General Linear Models
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
I_G	Índice Gonadossomático
IN	Instrução Normativa
K	Fator de Condição corporal
km	kilômetro
km ²	kilômetro quadrado
L_{50}	Tamanho de primeira maturidade, 50% da população
LMM	Linear Models Mixed (Modelo Linear Misto)
L_s	Length Standart (comprimento padrão)
m	metro
m ²	metro quadrado
mg/L	miligrama por litro
mm	milímetro
mm ³ /s	milímetro cúbico por segundo
MW	Megawhatts
PCA	Principal Components Analysis
PERMANOVA	Permutacional Multivariate Analysis of Variance
PERMIDISP	Permutacional Multivariate Dispersion

pH	Potencial hidrogeniônico
S1	Sítio 1 (ou A), à montante de Boa Esperança
S2	Sítio 2 (ou B), à jusante de Boa Esperança
SIMPER	Similarity Percentages
spp.	Relativo à um conjunto de espécies do mesmo gênero
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNIVASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco
W_g	Gonadal Weight (peso gonadal)
W_{im}	Akaike's Weight
W_t	Total Weight (peso)
χ^2	Qui-quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	PERGUNTAS, HIPÓTESES E PREVISÕES	20
3	OBJETIVOS	21
4	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO RIO PARNAÍBA EM ÁREAS ADJACENTES AO RESERVATÓRIO DE BOA ESPERANÇA	22
5	INTRODUÇÃO	24
6	MATERIAL E MÉTODOS	28
6.1	Área de estudo	28
6.2	Obtenção dos dados	28
6.3	Análise dos dados	29
7	RESULTADOS	30
8	DISCUSSÃO	34
9	REFERÊNCIAS	36
10	ESTRATÉGIAS TRÓFICA E REPRODUTIVA DO PEIXE MIGRATÓRIO <i>Leporinus piau</i> (CHARACIFORMES: ANOSTOMIDAE) EM RIO NEOTROPICAL COM BARRAMENTO	39
11	INTRODUÇÃO	41
12	MATERIAL E MÉTODOS	44
12.1	Área de estudo	44
12.2	Coleta de dados ambientais	45
12.3	Coleta dos peixes	45
12.4	Análise do conteúdo estomacal	47
12.5	Análise das gônadas	47
12.6	Análise dos dados	47
13	RESULTADOS	49
14	DISCUSSÃO	56
15	REFERÊNCIAS	60
16	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estudos sobre a hidrologia de rios perenes e os efeitos causados por barragens sobre eles e sua biota aquática são importantes para o entendimento da dinâmica espaço-temporal das bacias hidrográficas, mitigações dos efeitos negativos, assim como para uma melhor definição de seus múltiplos usos (TUNDISI; TUNDISI, 2008). No Brasil, esses estudos são mais abundantes nas regiões Norte e Sudeste (ESTEVES, 2011), muito em função da magnitude dos sistemas hídricos, como o do Amazonas e Paraná-Paraguai, os quais também apresentam periodicidade sazonal marcante (JUNK; SOARES; CARVALHO, 1983; JUNK, 1993).

O rio Parnaíba é um dos poucos rios perenes do Nordeste brasileiro que se encontra sob domínio predominante da Caatinga, com afluentes intermitentes associados à esse bioma e outra parte estendendo-se sobre o Cerrado (RAMOS; RAMOS; RAMOS, 2014). Em seu curso alto há também forte influência da Amazônia Legal, com tributários associados a esse ambiente que garantem perenidade ao rio principal (FEITOSA; LIMA; PARANHOS, 2012). Apesar de ser um rio de grande porte, com cerca de 1.400 km de extensão, não se tem registro de investigação dos efeitos de sua dinâmica hidrológica sobre a biota (natural e pós-barragem), notadamente sobre sua ictiofauna. No entanto, desde meados da década de 1960, o rio Parnaíba é diariamente monitorado em virtude da única barragem hidrelétrica que se encontra em seu médio curso (BRASIL, 2017).

Essa barragem oficialmente denominada ‘Boa Esperança’ (BRASIL, 2017) (Figura 1) foi construída no final da década de 60 com o intuito de gerar energia elétrica, alterando de maneira notória a dinâmica de vazão da massa d’água na região dos municípios de Uruçuí-PI a Guadalupe-PI (onde se localiza a barragem) e deste ponto as regiões mais à jusante. O lago de Boa Esperança afeta diretamente a biologia alimentar e reprodutiva da ictiofauna em virtude da mudança na dinâmica natural do fluxo hídrico e de outros efeitos verificados em empreendimentos hidrelétricos no Brasil (AGOSTINHO; JÚLIO-JR; BORGHETTI, 1992; AGOSTINHO *et al.*, 1993). Por isso, investigações sobre a biologia de espécies migratórias como o piauí (*Leporinus piau* Fowler, 1941 [Characiformes, Anostomidae]) são importantes para o entendimento do real impacto da barragem sobre a ictiofauna.

Os efeitos registrados nesse trabalho foram decorrentes de uma mudança ambiental de considerável magnitude, onde principalmente à montante houve uma homogeneização regida pelo controle da vazão do rio em função da produção de energia elétrica por Boa Esperança durante os anos desse estudo. Nesse sentido, a barreira segregava populações, interrompendo a

subida dos peixes na época da piracema, e provavelmente os prejuízos com fluxo gênico podem ser latentes sobre a ictiofauna migratória do rio Parnaíba.

Figura 1 – Usina hidrelétrica de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, região Nordeste do Brasil.



Fonte: Severino Silva/Chesf, disponível em <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/reservatorio-de-boa-esperanca-chega-a-100-de-sua-capacidade-diz-chesf.ghtml>

A ictiofauna da bacia do Parnaíba é considerada muito diversa (RAMOS; RAMOS; RAMOS, 2014). Esse autores fizeram um amplo inventário e demonstraram que este rio possui 146 espécies, entre nativas (139 spp.) e introduzidas (7 spp.), número comparável à sub-bacias de médio porte da Amazônia. A maioria das espécies é representada pela ordem Characiformes (59 spp.) com as famílias Characidae (27 spp.) e Anostomidae (7 spp.) sendo as mais representativas. Os Characiformes apresentam dieta diversificada, com espécies de hábito herbívoro-detritívoro [*Curimatella* cf. *immaculata* (Fernández-Yépes, 1948), *Psectrogaster rhomboides* Eigenmann & Eigenmann, 1889 e *Prochilodus lacustris* Steindachner, 1907], piscívoro [*Pygocentrus nattereri* Kner, 1858 e *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1799) e onívoro [*Hemiodus parnaguae* Eigenmann & Henn, 1916, *L. piau* e *Schizodon dissimilis* (Garman, 1890)]. Geralmente essas espécies se reproduzem no período de cheia do rio Parnaíba após intenso período de alimentação.

Por se tratar de uma espécie migratória *L. piau* foi escolhida para esse estudo (Figura 2), bem como em virtude de sua ampla dieta, composta por itens de diversos níveis tróficos – resultado, em primeira instância, da produtividade dos processos longitudinais (VANNOTE *et al.* 1980) e do pulso de inundação (JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989) – que garantem sua distribuição das cabeceiras à foz. Conhecido popularmente por piau, piau-cabeça-gorda ou piau-branco, é uma espécie amplamente distribuída pelos rios nordestinos, desde a bacia do São Francisco até a do rio Parnaíba (ROSA *et al.*, 2003). É uma espécie considerada rústica devido à sua capacidade de suportar ambientes com baixa oxigenação (SAMPAIO; SATO, 2009) e por isso também ocorre em rios temporários do Nordeste Médio-Oriental como, por exemplo, o Jaguaribe e o Piranhas-Açu. Por isso é amplamente capturada por ribeirinhos, através de pescarias de subsistência ou esportiva e até comerciais (RAMOS, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2016).

Figura 2 – Exemplares de *Leporinus piau* coletados no sítio à montante em outubro de 2015.



Fonte: Feitosa, F.S. (2015).

A época de maior exploração dessa espécie coincide com o período mais seco no rio Parnaíba, entre julho e setembro (*obs. pess.*). Nesse período os pescadores se preparam para a “temporada do piau”, onde o peixe é capturado artesanalmente utilizando vara, linha e anzol, com isca de grãos de milho ou “grude” (bolo de fubá de milho e fécula de mandioca, cozido em banho-maria). *Leporinus piau* é uma espécie que apresenta alta atividade alimentar

durante todo ciclo hidrológico, com diminuição acentuada na época da reprodução e aumento na composição de itens no período de seca, sugerindo uma associação direta entre a hidrologia e o incremento trófico da espécie (MONTENEGRO *et al.*, 2010).

A espécie analisada no presente estudo é onívora e apresenta alta plasticidade alimentar, tanto ontogenética quanto sazonal, confirmando um padrão registrado para o gênero (Santos, 1982). *Leporinus piau* demonstrou ser uma espécie versátil quanto a essa característica, usando o recurso alimentar que estiver disponível ou mais abundante no ambiente; quanto à reprodução, a literatura indica que o seu período reprodutivo coincide com o período chuvoso, ou seja, de novembro a março (SAMPAIO; SATO, 2009; MONTENEGRO *et al.*, 2010; SILVA-FILHO *et al.*, 2012).

Dessa maneira, esta tese está dividida em dois capítulos, onde no primeiro investigamos a amplitude espacial do impacto causado pela barragem de Boa Esperança nas áreas adjacentes ao reservatório, particularmente nos trechos (sítios) à montante e jusante a cerca de 40 km do início do lago e do seu vertedouro, visando evitar ao máximo efeitos do ambiente lótico provocado pelo lago nas populações de *L. piau* estudadas. Analisamos como o ambiente se comporta hidrológicamente, utilizando uma série histórica de dados de cota (nível do rio), pluviosidade e vazão. Para isso, foram realizados testes estatísticos para verificar a variação desses dados em cada sítio e de uma em relação à outra, além de uma regressão linear para relacionar a cota e vazão do rio. Dessa forma, verificamos se houve maior estabilização em qualquer um dos sítios devido ao efeito do barramento.

No segundo capítulo investigamos a biologia alimentar e reprodutiva da espécie; de posse dos dados ambientais analisados no Capítulo I e do seu respectivo recorte temporal, inferimos sobre o efeito causado pelo ambiente nos atributos biológicos da espécie, tendo como hipóteses mudanças previstas pela teoria de história de vida (STEARNS, 1976; WINEMILLER, 1992) que indicam diferentes estratégias reprodutivas em virtude da estabilidade ambiental. Dessa forma, entende-se que a espécie pode estar correndo risco de extinção local caso esteja em curso mudanças ambientais como uma estabilização do fluxo e nível do rio provocados por Boa Esperança. À isso podem ser somadas pressão de pesca, que embora ainda não tenha sido investigada, é uma realidade observada cotidianamente pelos pescadores; além disso, a legislação protetiva pode estar sendo ineficiente (IN 40/2005, IBAMA), pois ela define o período de defeso somente entre os dias 15 de novembro e 16 março, enquanto a espécie pode estar em efetiva reprodução antes ou depois desse prazo.

2 PERGUNTAS, HIPÓTESES E PREVISÕES

Perguntas:

- 1) Como a barragem de Boa Esperança afeta as principais variáveis hidrológicas nos trechos à montante e jusante do reservatório?
- 2) O efeito do reservatório de Boa Esperança tem influência na dieta e reprodução de *Leporinus piau* em cada trecho?

Hipóteses:

- 1) A cota e vazão são alteradas no trecho à jusante pela barragem de Boa Esperança.
- 2) A biologia trófico-reprodutiva de *L. piau* é diferente em cada trecho estudado.

Previsões:

- 1) A barragem de Boa Esperança estabiliza a cota e vazão durante o ciclo hidrológico, controlando essas variáveis no trecho à jusante.
- 2) A dieta de *L. piau* tem composição mais restrita e amplitude de nicho menor à jusante.
- 3) O fator de condição (K) e o tamanho de primeira maturação dos indivíduos serão menores na população de *L. piau* à jusante.

3 OBJETIVOS

Geral

Verificar a influência do ciclo hidrológico e o impacto da barragem de Boa Esperança sobre a hidrologia dos sítios, dieta e reprodução de *Leporinus piau*.

Específicos

- a) Caracterizar o ciclo hidrológico em uma série histórica e no período desse estudo;
- b) Caracterizar o ambiente quanto aos parâmetros físicos e químicos;
- c) Determinar a dieta de *L. piau*;
- d) Identificar macroscopicamente os estádios gonadais de *L. piau* e determinar a proporção sexual pra espécie;
- e) Identificar o tamanho de primeira maturação de *L. piau*;
- f) Relacionar dieta e reprodução de *L. piau* com o ciclo hidrológico da região.

CAPÍTULO I

4 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO RIO PARNAÍBA EM ÁREAS ADJACENTES AO RESERVATÓRIO DE BOA ESPERANÇA

RESUMO

O presente estudo investigou o comportamento hidrológico do rio Parnaíba durante uma série histórica de 30 anos (1984 a 2013), utilizando dados de cota (cm), vazão (m^3/s) e pluviosidade (mm). A área desse estudo situa-se à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, localizada no município de Guadalupe-PI. Para isso, foram realizadas buscas no *website* do governo brasileiro que compila e armazena esses dados, a Agência Nacional de Águas (ANA), para obtenção dos dados e suas respectivas análises. Foram testadas a variação da cota e vazão, com suas médias anuais, nos sítios à montante e à jusante de Boa Esperança através de teste de normalidade e em seguida foi realizado teste para verificação de diferença entre os locais e regressões lineares para ambos os sítios. Os dados de cota e vazão foram relacionados com os de pluviosidade para verificação gráfica da influência desse fator sobre os demais. A pluviosidade não apresentou diferença entre os sítios; cota e vazão variaram mais no sítio à jusante e, portanto, concluímos que ocorreu uma maior estabilização no sítio à montante em função do efeito amortecedor do reservatório. A maior variação ocorreu à jusante devido a pluviosidade que também variou dentro da série histórica.

Palavras-chave: Cota. Pluviosidade. Série histórica. Vazão.

ABSTRACT

The present study investigated the hydrological behavior of the Parnaíba river during a 30 year historical series (1984 to 2013), using data of river level (cm), flow rate (m^3/s) and rainfall (mm). The area of this study is situated upstream and downstream the Boa Esperança dam, located in the municipality of Guadalupe-PI. For this, searches were made on the official website of the Brazilian government that compiles and stores these data, the Agência Nacional de Águas (ANA), to obtain the data and their respective analyzes. The variation of the river level and flow rate, with their annual averages, in the upstream and downstream sites of Boa Esperança were tested through a normality test and then a test was performed to verify the difference between the localities and linear regressions for both sites. The river level and flow rate data were related to rainfall dataset to graphically verify the influence of the later factor on the others. Rainfall did not differ between sites; river level and flow rate varied more in the downstream site and, therefore, we concluded that a greater stabilization occurred in the upstream site as a function of the damping effect of the reservoir. The greatest variation occurred downstream due to rainfall that also varied within the historical series.

Keywords: Flow rate. Historical series. Rainfall. River level.

5 INTRODUÇÃO

As principais bacias hidrográficas brasileiras estão atualmente sob influência de barragens que são construídas com finalidade de abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação para agricultura e, principalmente, geração de energia elétrica (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008). Das mais de mil grandes represas instaladas na América do Sul, cerca de 50% delas estão localizadas no Brasil, com 37% produzindo eletricidade (AGOSTINHO *et al.*, 2016). Na região Nordeste, o rio São Francisco é o detentor da maior quantidade de usinas hidrelétricas, com Sobradinho, Complexo de Paulo Afonso, Xingó e Luiz Gonzaga totalizando 9.972,0 MW de potencia total instalada, seguido pelo rio de Contas (Bahia) com as usinas de Funil e Pedra, com 50,0 MW, e rio Parnaíba (divisa Piauí/Maranhão) com Boa Esperança gerando potencialmente 237,3 MW (BRASIL, 2017).

Entre pequenos, médios e grandes reservatórios, Agostinho, Pelicice e Gomes (2008) contabilizaram mais de 700 barramentos espalhados pelos principais rios brasileiros. Essas barragens influenciam positivamente o desenvolvimento econômico embora causem fortes impactos ecológicos, principalmente em virtude da mudança do tipo de ambiente (lótico para lêntico) e do bloqueio do canal do rio que impede, por exemplo, a migração da maioria das espécies de peixes (AGOSTINHO; JÚLIO-JR; BORGHETTI, 1992).

Entretanto, um dos mais importantes impactos atribuídos à presença de barragens nos rios é a alteração do regime de cheia com consequente mudança no ciclo hidrológico e nas planícies de inundação à jusante (VANNOTE *et al.*, 1980; JUNK; SOARES; CARVALHO, 1983; WARD; STANFORD 1983), principalmente nos grandes rios. Esse impacto físico pode ser revertido em biológico, onde por exemplo, as atividades alimentar e reprodutiva da ictiofauna podem sofrer efeitos como a supressão de áreas de alimentação e refúgio, particularmente nas espécies migratórias que dependem de uma sinalização do ambiente para deflagarem esses processos biológicos (ABUJANRA; AGOSTINHO; HANN, 2009).

Diversos estudos apontam prejuízos à ictiofauna após a construção de barragens, particularmente quanto aos aspectos tróficos (PEREIRA; AGOSTINHO; DELARIVA, 2016) e reprodutivos (AGOSTINHO; JÚLIO-JR; BORGHETTI, 1992; AGOSTINHO *et al.*, 1993; AGOSTINHO *et al.*, 2012). Tais aspectos são fundamentais para manutenção do *fitness* das espécies (TEDESCO *et al.*, 2008) garantindo o sucesso reprodutivo e ecológico. Espécies que não apresentam adaptações morfofisiológicas que suportem impactos ambientais como as barragens, podem ter seu sucesso trófico-reprodutivo diminuído e com grandes possibilidades de extinção local (AGOSTINHO *et al.*, 2008).

Em resposta ao conjunto de impactos causados por barragens, Ward e Stanford (1983) propuseram o conceito de descontinuidade serial (CDS), onde rios regulados por barragens apresentam tipicamente uma alternância de ambientes lóticos e lênticos, efeito esse que também pode ser refletido nas comunidades aquáticas. O CDS tem como arcabouço teórico conceitos como “rio contínuo” (VANNOTE *et al.*, 1980) e “nutrientes em espiral” (WEBSTER; BENFIELD; CAIRNS, 1979) e possui como pressuposto um gradiente de condições físicas no sentido montante/jusante dos cursos hídricos para explicar processos bióticos e abióticos.

Embora esse arcabouço teórico tenha sido questionado por uma série de trabalhos (JUNK; SOARES; CARVALHO, 1983; JUNK, 1993), houve um refinamento mais apurado ao longo da década de 80 e início de 90 no entendimento dos principais processos promotores da produtividade em ambientes aquáticos continentais. Assim, o conceito de pulso de inundação (JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989) deu luz aos processos de *inputs* laterais, que são igualmente importantes ao longitudinais (VANNOTE *et al.*, 1980), principalmente em grandes rios que apresentam extensas planícies de inundação.

No entanto, para Ward e Stanford (1995) o eixo norteador do CDS são as fontes ruptoras nos processos longitudinais. Assim o desenvolvimento desse constructo teórico fornece elementos a cerca dos impedimentos (barragens) e outros impactos pontuais (fontes de poluição), como as principais forças que seccionam o gradiente longitudinal dos rios. Dessa forma, mudanças registradas podem fornecer indicativos e previsões à jusante de uma barragem, por exemplo, que geralmente comprometem padrões e processos bióticos e abióticos rio-abaixo (VANNONTE *et al.*, 1980).

As mudanças nesses padrões e processos ocorrem, segundo o CDS, muito em função da localização do impedimento, ou seja, da distância que uma barragem está das cabeceiras, ao longo do gradiente longitudinal. Quando uma barragem é instalada próxima às cabeceiras, os processos envolvendo matéria orgânica dissolvida e sedimentação (tamanho do sedimento) podem ser os mais importantes, influenciando direta e indiretamente as porções à jusante; já a presença de barragens nos cursos inferiores não implicariam em tantas alterações nas relações tróficas quanto nas cabeceiras (WARD; STANFORD, 1983; 1995).

No caso do rio Parnaíba, a barragem de Boa Esperança se localiza no médio curso e possui potenciais efeitos quanto à sedimentação. A bacia desse rio possui área de aproximadamente 330 mil km², abrangendo áreas do Piauí (90%), Maranhão (7%) e Ceará (3%), com seu rio principal e perene sendo o maior e inteiramente nordestino com cerca de 1.400 km de extensão (RAMOS, 2012). A única barragem hidrelétrica instalada nesse rio

(BRASIL, 2017) dista cerca de 650 km de suas nascentes e 750 km da sua foz. Apesar da magnitude desse ecossistema, o rio Parnaíba ainda não possui registro de investigação dos efeitos da dinâmica hidrológica sobre sua biota, inclusive a ictiofauna. Este rio está inserido numa região de transição entre Caatinga e Cerrado, com influência marcante nas cabeceiras da Amazônia Legal, e apresenta ictiofauna considerada relictual, com grande parte das espécies ocorrendo na Amazônia ou taxonomicamente muito próximas (RAMOS, 2012. Segundo Ramos, Ramos e Ramos (2014) que fizeram um amplo inventário sobre as espécies de peixes do rio Parnaíba, este rio tem 146 espécies, entre nativas (139 spp.) e introduzidas (7 spp.). A maioria das espécies é representada pela ordem Characiformes (59 spp.) (assim como na Amazônia) e as famílias mais representativas são Characidae (27 spp.) e Anostomidae (7 spp.).

Diversos autores (KRAMER, 1978; BAZZOLI *et al.*, 1997; ANDRADE; BRAGA, 2005) pontuam que a maioria das espécies de peixes Neotropicais apresentam reprodução sazonal, onde principalmente a pluviosidade, com conseqüente elevação do nível da água e condutividade, parecem sinalizar o momento da atividade migratória para desova. No entanto, a atividade alimentar influencia de maneira decisiva, devido ao estabelecimento do Fator de Condição (LIMA-JR.; GOITEIN, 2006) que pode amplificar o *fitness*, ou seja, quando o indivíduo tem condições de deixar mais descendentes por conta de uma maior energia acumulada através da atividade alimentar.

Dessa forma, a presença de uma usina hidrelétrica na área do presente estudo, pode alterar de maneira significativa o comportamento reprodutivo de várias espécies de peixes migratórios. Agostinho *et al.* (1993) argumentam que a regulação de rios por barragens podem afetar adversamente a reprodução dos peixes, principalmente as espécies com migração reprodutiva ascendente (potamódromas). Também, devido ao controle da vazão, trechos imediatamente abaixo da barragem possuem geralmente qualidade da água inferior com menor taxa de oxigênio dissolvido (WEBER *et al.*, 2013), além da desconexão/supressão de lagoas temporárias e alterações diversas nas regiões litorâneas que garantiriam refúgio às formas jovens. Agostinho *et al.* (1993) identificaram atresia folicular das espécies de maior porte, sugerindo que elas não tiveram condições apropriadas à desova, ou não tiveram tempo ou espaço suficiente para se prepararem fisiologicamente para tal evento, como consequência do barramento estudado por esses autores.

Pelos motivos expostos acima, o objetivo desse capítulo é verificar se ocorre um processo de estabilização nos ambientes à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, provocado pelo controle da vazão e conseqüentemente do nível do rio Parnaíba nesses

trechos. A hipótese é que a barragem de Boa Esperança controla e promove uma maior estabilização do ambiente à jusante e, como previsão que a variação na cota (nível) e vazão são menores no trecho à jusante.

6 MATERIAL E MÉTODOS

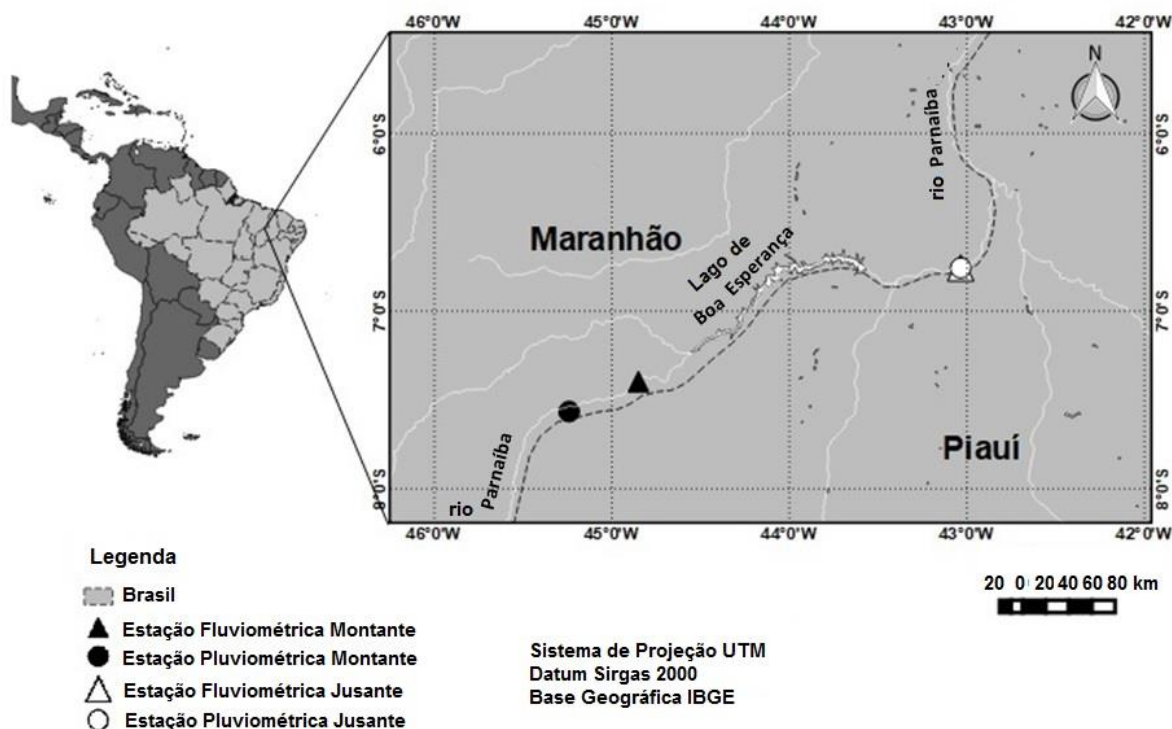
6.1 Área de estudo

A área do presente estudo está situada no curso médio do rio Parnaíba, na região que compreende os municípios de Uruçuí-PI e Floriano-PI, a cerca de 440 km das nascentes e 560 km da foz, respectivamente. A caracterização do regime hidrológico foi realizada através da manipulação de dados médios mensais da cota (cm) e vazão (m^3/s), além dos dados mensais acumulados de pluviosidade (mm) obtidos a partir de dados históricos em pontos de coleta na calha principal do rio (Figura 3), à montante e jusante da barragem de Boa Esperança.

6.2 Obtenção dos dados

Os dados foram obtidos através do *website* <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/> onde foi efetivada uma varredura por planilhas com dados históricos nas estações imediatamente à montante e à jusante de Boa Esperança, sendo categorizados como “estações à montante” e “estações à jusante” (Figura 3).

Figura 3 – Localização da área de coleta dos dados fluviométricos e pluviométricos. Localidade à montante (▲ e ●) e localidade à jusante (△ e ○) da barragem de Boa Esperança.



Fonte: Feitosa, F.S. (2017).

As planilhas foram baixadas, descompactadas e os arquivos em formato “.csv” foram compilados para obtenção dos dados médios. Esses dados foram comparados para verificação das séries históricas em cada ponto amostral (sítios); em seguida, a série de anos coincidentes em cada planilha foi separada para a preparação de uma planilha geral de dados utilizados nesse estudo.

As planilhas baixadas do referido *website* foram as seguintes (com local das estações e suas respectivas informações oficiais): para a localidade à montante, 1) Sítio do Velho (7°23'53”S 44°51'06”O), município de Uruçuí-PI (cota e vazão), código fluviométrico da estação nº 34070000, entidade responsável pela coleta de dados – CPRM, área de drenagem de 35.300 km² e 2) Ribeiro Golçalves-PI (7°34'01”S 45°14'36”O), código da estação nº 745003, entidade responsável pela coleta dos dados – CPRM (pluviosidade). Para a localidade à jusante, os dados foram obtidos para cota, vazão e pluviosidade em uma única estação, localizada no município de Barão de Grajaú-MA (6°45'26”S 43°01'57”O), com código fluviométrico e pluviométrico da estação de nº 34311000, entidade responsável pela coleta de dados – CPRM, com área de drenagem de 140.000 km².

6.3 Análise dos dados

Os dados de cota, vazão e pluviosidade foram compilados por ano, em valores médios e desvio padrão para os dois primeiros e em valores totais (acumulado) para o último, numa única tabela para uma demonstração geral dos dados. Os dados de cota e vazão tiveram suas médias analisadas através de estatística básica, observando seus desvios padrões, testando a variância de cada parâmetro e a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Além disso foram feitos testes t de Student entre as médias anuais da cota e vazão; foram plotados histogramas para análise da distribuição dos dados nas duas localidades. Em seguida foi aplicado um teste t de Student e de Wilcoxon, visando identificação de possíveis diferenças significativas entre as localidades. Uma regressão linear foi calculada para cada sítio (montante e jusante) visando confirmação das diferenças encontradas na variação dos dados.

Os dados de pluviosidade foram plotados num eixo secundário para ambos os sítios, visando identificar uma relação com os demais parâmetros. Para os dados de pluviosidade anuais ausentes, foram utilizados os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nos testes de normalidade e teste de Wilcoxon. Utilizamos os programas PAST e R para os referidos teste, com nível de significância 0,05.

7 RESULTADOS

A sobreposição dos dados constantes nas planilhas baixadas revelou uma série histórica de 30 anos, de 1984 a 2013. Os dados médios mensais de cota e vazão estão disponíveis nos arquivos digitais, enquanto os de pluviosidade tiveram dados ausentes nos anos de 2001, 2005, 2006 e 2007 da localidade à montante (Ribeiro Gonçalves, cód. nº 745003). Na Tabela 1 são mostradas as cotas e vazões médias anuais e os desvios padrões correspondentes à cada ano. Também são mostrados nessa tabela os dados de pluviosidade anual acumulada (Total) para ambos sítios.

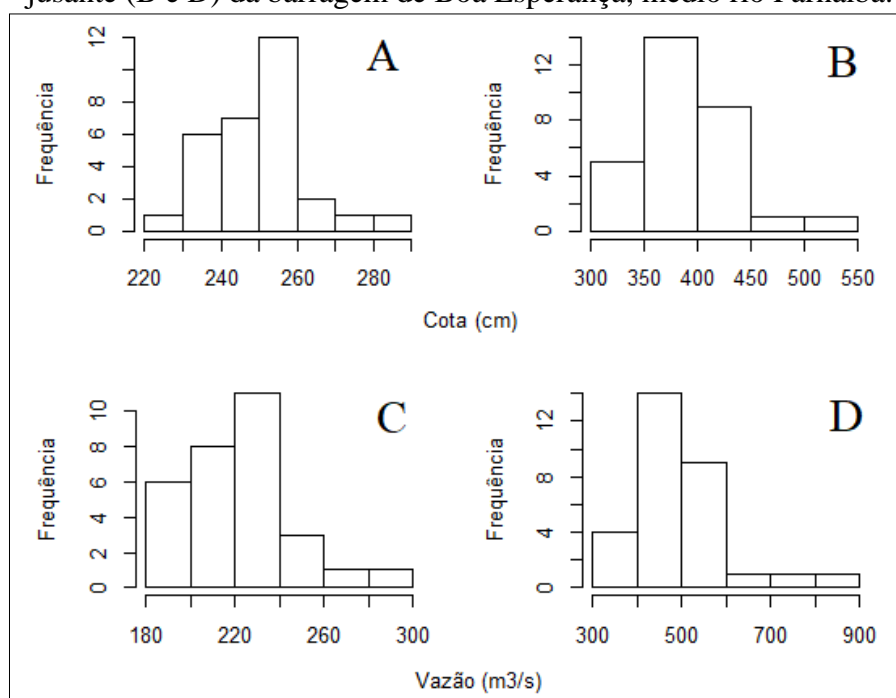
Os dados de cota e vazão apresentaram distribuição normal na localidade à montante ($W = 0,95$; $0,95$, $P > 0,05$) (Figura 4-A,C), enquanto à jusante os dados de vazão não foram normais ($W = 0,87$; $P = 0,001$); a cota apresentou dados normais à jusante ($W = 0,93$; $P = 0,08$). As variâncias foram significativamente diferentes entre os sítios, com a cota apresentando $F = 0,07$ ($P < 0,05$) e vazão com $F = 0,05$ ($P < 0,05$).

Tabela 1. Médias anuais das cotas e vazões à montante e jusante do reservatório de Boa Esperança com seus respectivos desvios padrões (DP) e pluviosidades totais anuais calculados para toda a série histórica no médio rio Parnaíba (Fonte: ANA).

Ano	Cota (cm)				Vazão (m ³ /s)				Pluviosidade (mm)	
	Montante		Jusante		Montante		Jusante		Montante	Jusante
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Total	Total
1984	242,18	29,61	420,64	61,03	206,82	54,85	454,77	178,70	929,60	1155,40
1985	282,92	48,40	531,67	129,88	288,36	104,68	835,82	430,06	1940,50	1926,00
1986	273,42	41,59	472,83	102,06	266,01	89,82	710,23	299,84	988,40	1010,60
1987	261,09	34,04	419,83	45,59	236,52	68,53	554,15	122,73	771,20	831,00
1988	257,33	37,12	421,75	74,16	233,23	72,85	565,29	205,96	1069,30	1077,00
1989	265,42	42,66	444,67	83,29	252,75	92,49	631,43	236,67	1355,00	1297,80
1990	255,92	35,19	414,08	75,93	231,40	71,78	551,59	218,46	713,50	1032,00
1991	253,67	38,80	406,08	59,31	227,43	75,99	522,34	162,55	842,30	818,00
1992	251,25	45,80	393,50	93,98	225,71	96,37	499,18	244,94	1080,20	917,80
1993	233,83	24,21	361,50	31,53	189,30	43,31	413,37	75,22	849,20	753,70
1994	244,25	36,20	382,25	42,12	211,31	68,64	460,31	101,27	1010,30	852,10
1995	250,50	34,09	405,33	55,55	220,83	62,61	519,56	143,32	1334,30	1043,10
1996	254,67	49,29	365,17	57,24	221,96	78,62	461,73	91,11	1097,20	1038,90
1997	257,17	43,69	407,08	69,81	243,60	89,47	524,56	178,79	1182,60	1275,40
1998	229,50	28,88	339,58	36,72	194,20	51,14	363,93	78,91	940,60	826,30
1999	240,33	40,30	363,42	43,00	209,77	74,43	416,37	99,90	1269,40	1083,30
2000	257,67	43,96	415,08	77,42	243,70	85,40	551,37	207,44	1234,70	1142,00
2001	238,83	28,66	365,33	28,38	204,68	52,41	419,82	65,68	-	799,40
2002	252,58	55,95	389,17	82,81	227,33	122,92	490,52	232,47	1131,10	940,30
2003	236,55	33,36	353,25	33,09	191,26	54,47	394,22	77,45	872,70	741,30

2004	258,17	54,61	392,42	100,73	232,62	104,87	507,43	287,69	799,10	1160,70
2005	257,08	46,71	385,42	67,14	230,70	89,56	477,04	180,87	-	833,40
2006	248,83	36,57	382,58	77,20	211,90	68,29	474,54	214,60	-	1484,90
2007	235,17	39,73	336,17	47,98	191,23	76,64	367,70	123,95	-	546,40
2008	245,33	42,50	369,83	72,61	208,04	76,77	461,92	177,72	1135,90	1149,90
2009	258,25	36,78	373,75	66,23	229,39	70,20	505,56	180,82	1211,30	1266,80
2010	233,89	30,86	340,36	39,69	183,93	45,73	417,59	88,41	1088,50	861,40
2011	244,90	38,45	350,33	61,29	217,62	72,55	471,94	158,97	1070,30	1372,70
2012	234,08	34,09	310,00	43,54	197,44	60,66	372,87	102,65	981,70	832,80
2013	241,33	41,44	327,50	61,49	213,64	79,41	418,82	153,92	1262,10	758,50

Figura 4 – Histogramas com dados de cota e vazão nas localidades à montante (A e C) e jusante (B e D) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba.



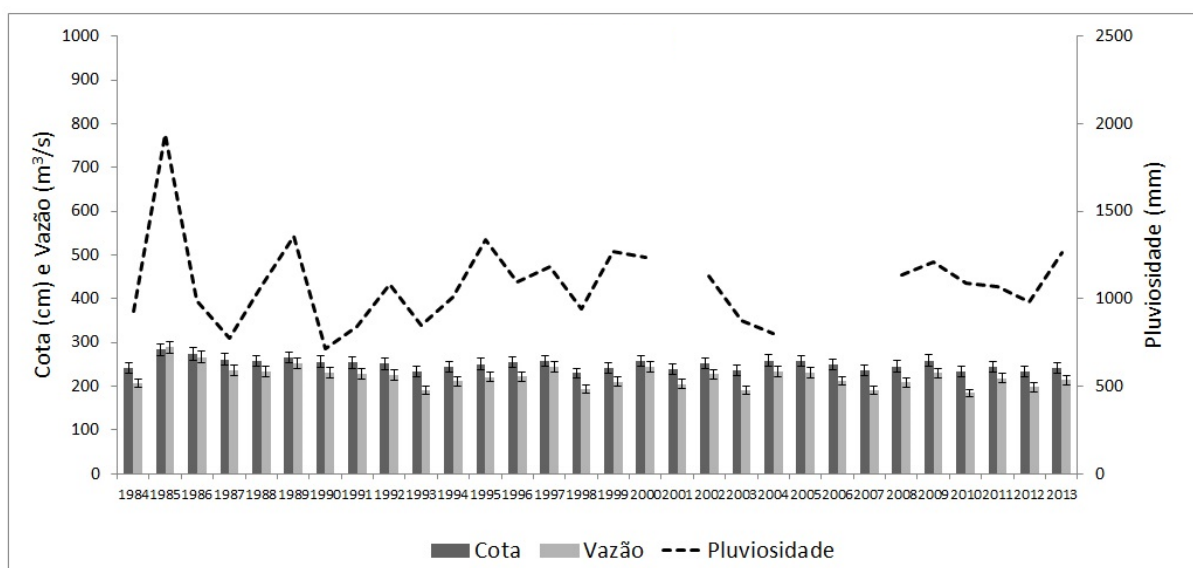
Fonte: Feitosa, F.S. (2017).

O teste t de Student para cota entre os sítios demonstrou que houve diferença significativa, com médias à jusante maiores que à montante ($t = -21,73$; $P < 0,05$). Para a vazão, o teste de Wilcoxon demonstrou que também houve diferença significativa entre os sítios montante e jusante ($z = 4,78$; $P < 0,05$).

Para a pluviosidade acumulada, os dados anuais não apresentaram normalidade no sítio à montante ($W = 0,87$; $P = 0,001$) e jusante ($W = 0,91$; $P = 0,02$). O teste de Wilcoxon demonstrou não haver diferença significativa entre os sítios ($z = 1,51$; $P = 0,13$).

Foram identificados dois padrões entre pluviosidade, cota e vazão nos dois sítios. À montante os parâmetros cota e vazão se mostraram mais homogêneos (Figura 5), não demonstrando variação durante toda a série histórica, configurando esse local como um ambiente mais estável. Nesse sítio, o comportamento dos dados de pluviosidade se mostrou similar ao sítio à jusante, com maior variação entre os anos da série estudada. O fluxo hídrico nesse sítio foi menor comparado com à jusante e não sofreu influência da pluviosidade para regulação sazonal que garante uma dinâmica de seca e cheia, modulada pelo período chuvoso.

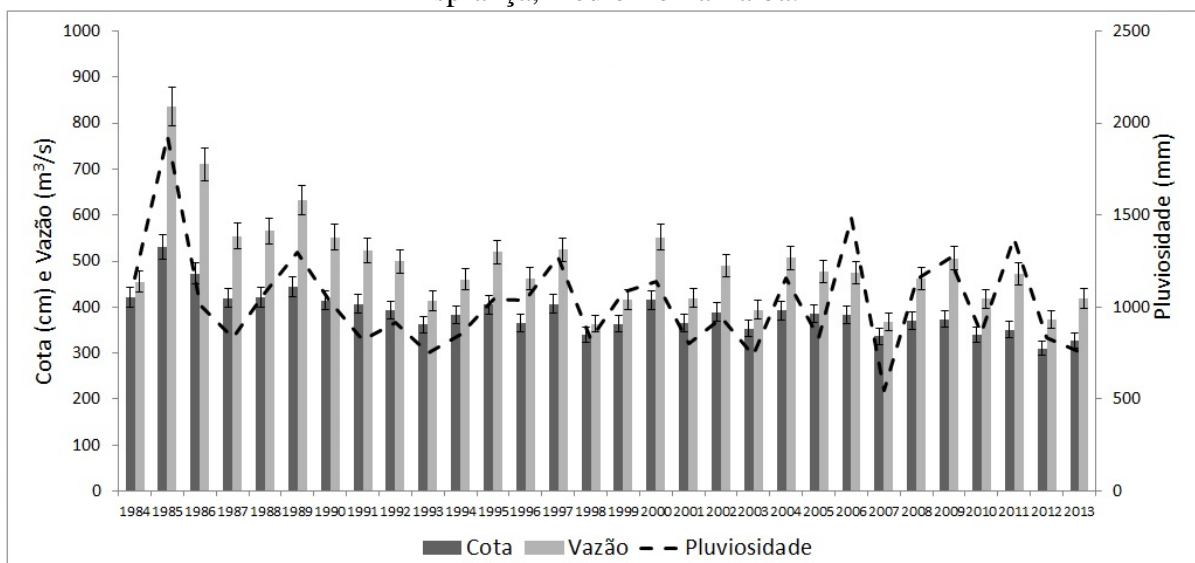
Figura 5 – Cota, vazão e pluviosidade registrada à montante da barragem de Boa Esprança, médio rio Parnaíba. Dados faltantes da pluviosidade nos anos de 2001, 2005, 2006 e 2007.



Fonte: Feitosa, F.S. (2017).

No sítio à jusante os parâmetros cota e vazão foram mais variáveis, demonstrando menor estabilidade quando comparada com o sítio à montante (Figura 6). Houve maior variância nos dados de vazão, que alcançou vários picos ao longo da série, com destaque para a década de 1980, com os anos 1985 ($\mu = 835,82 \text{ m}^3/\text{s}$), 1986 ($\mu = 710,23 \text{ m}^3/\text{s}$) e 1989 ($\mu = 631,43 \text{ m}^3/\text{s}$). Nesse sítio, a cota foi o parâmetro com menor variação, o que de fato direciona o ambiente para estabilidade do ambiente aquático.

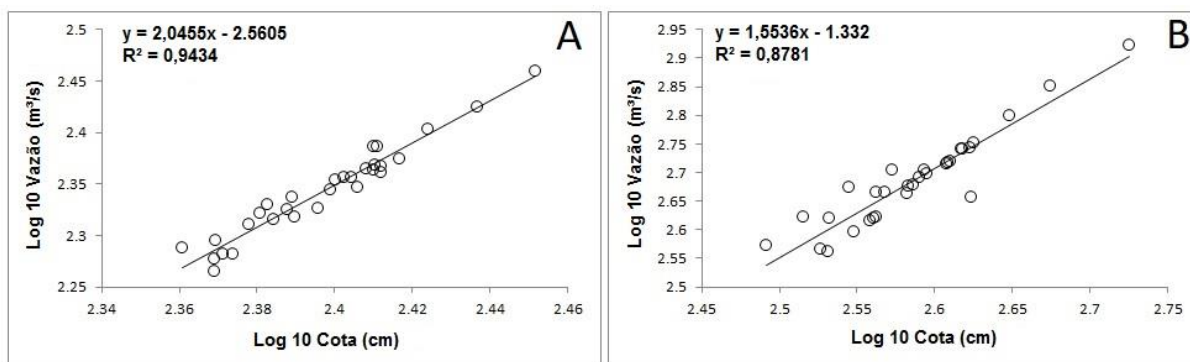
Figura 6 – Cota, vazão e pluviosidade registrada à jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba.



Fonte: Feitosa, F.S. (2017).

As regressões lineares confirmaram maior variação no sítio à jusante ($R^2 = 0,87$) quando comparadas com o sítio à montante ($R^2 = 0,94$), uma vez que a equação no sítio à montante se encontra mais ajustada, indicando menor variação nos dados de cota e vazão. Na Figura 7 as escalas não foram padronizadas devido à grande diferença registrada entre as equações das retas nos dois trechos, o que inviabilizaria uma melhor visualização das mesmas comparativamente.

Figura 7 – Regressão linear entre vazão e cota registradas à montante (A) e jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, entre setembro de 2015 e agosto de 2017.



Fonte: Feitosa, F.S. (2017).

8 DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de normalidade demonstraram que o reservatório da barragem de Boa Esperança causa um efeito maior à montante em relação à jusante. A literatura sobre barramentos indica que os principais efeitos ocorrem à jusante, por exemplo, devido à supressão de áreas alagáveis e um controle mais efetivo da vazão (AGOSTINHO; JÚLIO-JR; BORGHETTI, 1992; AGOSTINHO *et al.*, 1993; TUNDISI; TUNDISI, 2008; ESTEVES, 2011), com conseqüente redução na variação da mesma, tornando o ambiente mais estável (homogêneo). Entretanto, efeitos mais nocivos à jusante dependem de diversos fatores, como a morfologia da bacia de drenagem, pluviosidade, geomorfologia e tipo de barramento (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008) o que não parece ser o caso nesse trecho do rio Parnaíba.

O efeito registrado no rio Parnaíba também refletiu um controle no fluxo hídrico, porém foi mais acentuado à montante do reservatório de Boa Esperança. Apesar da Usina Hidrelétrica manter uma grande massa de água e usá-la paulatinamente no processo de produção de energia durante todo o ano, foi no sítio à montante que o controle foi mais efetivo, sendo neste caso causado pelo amortecimento que a massa de água do reservatório impõe ao fluxo hídrico natural. A literatura sobre impactos causados à montante indica principalmente a proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório (JUNK; MELLO, 1990) e mudança ambiental de lótico para lântico (ESTEVES, 2011) como os principais efeitos negativos. O impacto registrado no presente estudo provavelmente se deve à um inadequado dimensionamento do tamanho que o reservatório poderia alcançar depois da construção do barramento, fato confirmado por pescadores da região de Uruçuí-PI que afirmam uma regressão do lago (diminuição da lâmina d'água) em virtude da acomodação da massa de água lântica (Nunes, *com. pess.*).

Os resultados das análises sobre as variações na cota e vazão revelaram sobretudo um isolamento hidráulico entre os trechos do rio Parnaíba estudados. Essa fragmentação se reflete principalmente nos processos biológicos jusante-montante (VANNOTE *et al.*, 1980), com grande potencial para desconfigurar movimentos naturais da assembléia de peixes migratórios (POMPEU; MARTINEZ, 2006), assim como os demais processos associados como alimentação (PEREIRA; AGOSTINHO; DELARIVA, 2016) e reprodução (AGOSTINHO *et al.*, 1993; WEBER *et al.*, 2013) das espécies que historicamente dependem de uma dinâmica de seca e cheia para completarem seus ciclos vitais (AGOSTINHO; JÚLIO-JR; BORGHETTI, 1992).

Além do registro de maior estabilização no sítio à montante, esse estudo verificou diferenças significativas nas cotas e vazões entre os sítios. O conceito de rio contínuo (VANNOTE *et al.*, 1980) explica esse fenômeno como um processo natural ocorrente em qualquer bacia, indicando que processos físicos como a sedimentação atuam diretamente no alargamento do canal do rio em direção à jusante. Além disso, ocorre naturalmente um aumento à jusante na drenagem da bacia já que outros afluentes contribuem nesse e nos demais processos físicos, químicos e biológicos. No rio Parnaíba isso também foi observado, embora o reservatório esteja entre os dois pontos indicando um seccionamento dos processos (WARD; STANFORD, 1983, 1995) o que poderia tornar esses processos semelhantes nos dois trechos lóticos. Observa-se que nas seções lóticas do rio Parnaíba os processos longitudinais continuam vigorando, muito embora grande parte do sedimento carregado provavelmente esteja sendo acumulado na parede da barragem e em toda extensão do reservatório de Boa Esperança.

A pluviosidade é considerada uma das principais responsáveis pelo volume de água (vazão) carregado pelos sistemas continentais em virtude do evidente escoamento superficial pós precipitações (ESTEVES, 2011). Entretanto, a calha principal do rio Parnaíba encontra-se numa faixa ecotonal de Caatinga e Cerrado e por isso sua perenidade depende dos aquíferos nas cabeceiras dos seus principais contribuintes. Os dados de pluviosidade da série histórica aqui investigada indicaram uma relevante variação nesse fator, com acumulados entre cerca de 700 mm e 2000 mm anuais, onde os mínimos não garantiriam sua perenidade e os máximos permitem explicar as variações mais acentuadas no sítio à jusante para a cota e vazão.

Os resultados das regressões lineares calculadas para ambos os sítios corroboraram os resultados obtidos nos testes de normalidade e variância, confirmando maior estabilização no sítio à montante. Além disso, a diferença na inclinação da reta obtida entre os sítios indica o seccionamento provocado pelo reservatório de Boa Esperança (WARD; STANFORD, 1983, 1995), fornecendo uma evidente separação entre os conjuntos de dados utilizados.

Concluimos que quanto aos fatores cota e vazão, a barragem de Boa Esperança proporcionou maior impacto à montante. Entretanto, não se pode afirmar que o efeito registrado nesse estudo é o mais importante, em termos mais amplos, causado à bacia de drenagem do rio Parnaíba pelo barramento, notadamente no seu médio curso. O levantamento de locais com lagoas suprimidas à jusante e na área do reservatório, assim como da qualidade da água, são importantes para o entendimento mais holístico do real impacto ecológico causado por esse empreendimento hidrelétrico.

9 REFERÊNCIAS

ABUJANRA, F.; AGOSTINHO, A. A.; HANN, N. S. Effects of the flood regime on the body condition of fish of different trophic guilds in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2 (suplemento), p. 469-479, 2009.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO-JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. **Revista Unimar**, v. 14(Suplemento), p. 89-107, 1992.

AGOSTINHO, A. A.; MENDES, V. P.; SUZUKI, H. I.; CANZI, C. Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 15(Suplemento), p.175-189, 1993.

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

AGOSTINHO, A. A.; AGOSTINHO, C. S.; PELICICE, F. M.; MARQUES, E. E. Fish ladders: safe fish passage or hotspot for predation? **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n.4, p. 687-696, 2012.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SANTOS, N. C. L.; ORTEGA, J. C. G.; PELICICE, F. M. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: colonization patterns, impacts and management. **Fisheries Research**, v. 173, p. 26-36, 2016.

ANDRADE, P. M.; BRAGA, F. M. S. Reproductive sazonalidade of fishes from a lotic stretch of the Grande river, high Paraná river basin, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n.3, p. 387-394, 2005.

BAZZOLI, N.; SATO, Y.; SANTOS, J. E.; CRUZ, A. M. G.; CANGASSU, L. C. V.; PIMENTA, R. S.; RIBEIRO, V. M. A. Biologia reprodutiva de quatro espécies de peixes forrageiros da represa de Três Marias, MG. **Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas PUC-MG**, v. 5, n. 5, p. 17-28, 1997.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **HidroWeb**: Sistema de informações hidrológicas. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 24 novembro 2017.

BRASIL. Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco e Parnaíba. **Descrição do Aproveitamento de Boa Esperança**. Recife, PE, 2017. Disponível em: <<http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/BoaEsperanca.aspx>> Acesso em 24 novembro 2017.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

JUNK, W. J.; SOARES, M. G. M.; CARVALHO, F. M. Distribution of fish species in a lake of the Amazon river floodplain near Manaus (Lago Camaleão) with special reference to extreme oxygen conditions. **Amazoniana**, v. 7, n. 4, p. 397-431, 1983.

- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *In*: DODGE, D. P. (Org.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 1989.
- JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, v. 4, n. 8, p. 126-143, 1990.
- JUNK, W. J. Wetlands of Tropical South America. *In*: WHIGHAM, D.; HEJNY, S.; DYKYJOVA, D. (Org.). **Wetlands of the world**. Boston: Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, 1993. p. 679-739.
- KRAMER, D. L. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. **Ecology**, v. 59, n.5, p. 976-985, 1978.
- LIMA-JR, S. E.; GOITEIN, R. Fator de condição e o ciclo gonadal de fêmeas de *Pimelodus maculatus* (Osteichthyes, Pimelodidae) no rio Piracicaba (SP, Brasil). **Boletim Instituto de Pesca**, v. 32, n. 1, p. 87-94, 2006.
- PEREIRA, L. S.; AGOSTINHO, A. A.; DELARIVA, R. L. Effects of river damming in Neotropical piscivorous and omnivorous fish: feeding, body condition and abundances. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n. 1, e150044, 2016.
- POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 340-349, 2006.
- RAMOS, T. P. A. **Ictiofauna de água doce da bacia do rio Parnaíba**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- RAMOS, T. P. A.; RAMOS, R. T. C.; RAMOS, S. A. Q. A. Ichthyofauna of the Parnaíba river basin, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2014.
- TEDESCO, P. A.; HUGUENY, B.; OBERDORFF, T.; DÜRR, H. H.; MÉRIGOUX, S.; DE MÉRONA, B. River hydrological seasonality influences life history strategies of tropical riverine fishes. **Oecologia**, v. 156, p. 691-702, 2008.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632p.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.
- WARD, J. V; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. *In*: FONTAINE, T. D.; BARTHELL, S. M. (Org.). **Dynamics of lotic ecosystems**. Michigan: Ann Arbor Scien. Publ., 1983. p. 347-356.
- WARD, J. V; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 10, p. 159-168, 1995.

WEBER, A. A.; NUNES, D. M. F.; GOMES, R. Z.; RIZZO, E.; SANTIAGO, K. B.; BAZZOLI, N. Downstream impacts of a dam and influence of a tributary on the reproductive success of *Leporinus reinhardtii* in São Francisco River. **Aquatic Biology**, v. 19, p. 195-200, 2013.

WEBSTER, J. R.; BENFIELD, E. F.; CAIRNS, J. Model predictions of effects of impoundment on particulate organic matter transport in a river system. *In*: WARD, J. V.; STANFORD, J. A. (Org.). **The ecology of regulated streams**. New York: Plenum Press, 1979. p. 339-364.

CAPÍTULO II

10 ESTRATÉGIAS TRÓFICA E REPRODUTIVA DO PEIXE MIGRATÓRIO

Leporinus piau (CHARACIFORMES: ANOSTOMIDAE) EM RIO NEOTROPICAL COM BARRAMENTO

RESUMO

Investigamos as estratégias trófica e reprodutiva de *Leporinus piau* à montante e jusante de uma barragem hidrelétrica no rio Parnaíba, região Nordeste do Brasil. Foram coletados 801 indivíduos entre agosto de 2015 e julho de 2017, com redes de espera, tarrafa e armadilha de garrafa pet, sendo 391 indivíduos à montante e 410 à jusante. Para verificar a dieta, foram analisados 530 indivíduos (260 à montante e 270 à jusante), onde foram identificados 29 itens, dos quais 20 ocorreram à montante e 27 à jusante. Para caracterizar a estratégia alimentar foram calculadas a proporção de itens de origem animal e vegetal e verificada a amplitude de nicho nos dois sítios. Teste PERMANOVA foi empregado para constatar diferenças na dieta entre os sítios e períodos, seguido de uma análise SIMPER que verificou quais itens foram mais dissimilares entre os tratamentos testados. Para caracterizar a estratégia reprodutiva, foram verificados a proporção sexual, relação peso-comprimento, fator de condição corporal (K), índice gonadosomático (I_G) e tamanho de primeira maturidade sexual (L_{50}) de todos os indivíduos coletados. *Leporinus piau* foi classificado onívoro com tendência a herbivoria, com contribuição frequente dos itens de origem vegetal em ambos os sítios. A dieta variou entre os sítios e a amplitude de nicho entre os períodos sazonais. A proporção sexual não apresentou diferença significativa entre os sexos. A relação peso-comprimento demonstrou que no sítio à montante *Leporinus piau* tem crescimento alométrico positivo e que à jusante o crescimento é isométrico. O Fator de Condição foi maior no sítio à jusante. Os tamanhos de primeira maturação registrados foram $L_{50m} = 107,47$ e $L_{50j} = 105,70$ para as fêmeas e $L_{50m} = 126,43$ e $L_{50j} = 109,24$ para os machos. Concluimos que as variações nas características de história de vida não são limitantes para a persistência da espécie em áreas com influência de reservatórios.

Palavras-chave: espécie ameaçada; espécie migratória; história de vida; nicho; reservatório.

ABSTRACT

We investigate the trophic and reproductive strategies of *Leporinus piau* upstream and downstream of a hydroelectric dam on the Parnaíba River, Northeastern region of Brazil. A total of 801 individuals were collected between August 2015 and July 2017, with fishing net, cast net and pet bottle traps, with 391 individuals upstream and 410 downstream. To verify the diet, 530 individuals were analyzed (260 upstream and 270 downstream), where 29 items were identified, of which 20 occurred upstream and 27 downstream. To characterize the food strategy were calculated the proportion of animal and vegetable items and verified the niche amplitude at both sites. PERMANOVA test was used to verify dietary differences between sites and periods, followed by a SIMPER analysis that verified which items were more dissimilar among the treatments tested. In order to characterize the reproductive strategy, the sex ratio, weight-length relation, body condition factor (K), gonadosomatic index (IG) and first sexual maturity size (L_{50}) of all individuals were verified. *Leporinus piau* was classified as omnivorous with herbivory tendency, with frequent contribution of the vegetal origin items in both sites. The diet varied between the sites and the niche amplitude between the seasonal periods. The sex ratio did not present a significant difference between the sexes. The weight-length relationship showed that in the upstream site *Leporinus piau* has positive allometric growth and that downstream growth is isometric. The Condition Factor was higher at the downstream site. The first maturation sizes recorded were $L_{50up} = 107,47$ and $L_{50dow} = 105,70$ for females and $L_{50up} = 126,43$ and $L_{50dow} = 109,24$ for males. We conclude that variations in life history characteristics are not limiting for species persistence in areas with reservoir influence.

Key words: threatened species; migratory species; life's history; niche; reservoir.

11 INTRODUÇÃO

As barragens hidrelétricas causam impactos sobre os peixes migratórios, como a diminuição da abundância, extinções locais e mudanças na estrutura das assembléias (AGOSTINHO *et al.*, 1999; AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005). Esses efeitos decorrem da diminuição de áreas sazonalmente alagáveis à jusante da interrupção do movimento migratório (DUGAN *et al.*, 2010; GANDINI; SAMPAIO; POMPEU, 2014) que refletem diretamente sobre a disponibilidade de recursos alimentares (ZHENG *et al.*, 2018) e o consequente sucesso reprodutivo das espécies.

Os efeitos de barramentos refletem-se em todo o sistema físico da planície de inundação de um rio (RITCHER *et al.*, 1996) sendo mais drásticos à jusante (WEBER *et al.*, 2013). Essas mudanças ambientais podem selecionar variações nos atributos de história de vida das populações (STEARNS, 2000), principalmente em peixes que apresentam elevada plasticidade fenotípica (REZNICK; BRYANT; BASHEY, 2002). Diversos estudos de ecologia trófica (*e.g.* MORITA; SUZUKI, 1999) e reprodutiva (*e.g.* FERREIRA; GODINHO, 1990; DE MÉRONA *et al.*, 2009; AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008) exemplificam essas variações nos atributos e podem explicar a persistência das populações em ambientes impactados, como em rios represados (PEREIRA; AGOSTINHO; DELARIVA, 2016).

Em ambientes lóticos, a disponibilidade de recursos alimentares é definida pelos processos longitudinais cabeceira-foz (VANNOTE *et al.*, 1980) e aporte lateral através do pulso de inundação (JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989). Assim, os barramentos alteram significativamente os processos longitudinais, interrompendo sua continuidade (WARD; STANFORD, 1983; 1995), e na dinâmica de conexão entre os lagos e o canal principal à jusante (RITCHER *et al.*, 1996). Esses efeitos influenciam negativamente as condições corporais de peixes migratórios (PEREIRA; AGOSTINHO; DELARIVA, 2016), refletindo nas guildas tróficas (CASATTI; MENDES; FERREIRA, 2003).

Em rios com variação no ciclo hidrológico, o padrão alimentar pode mudar de acordo com a sazonalidade, principalmente quando há aumento da produção autóctone (ROACH; WINEMILLER; DAVIS, 2014). Esses ciclos alteram a disponibilidade de recursos (REZENDE *et al.*, 2013) e como consequência a amplitude de nicho alimentar, que é um importante parâmetro para avaliar o grau de especialização da dieta (AMUNDSEN; GLABER; STALDVIK, 1996). A amplitude de nicho é expressa pela relação entre composição e abundância dos itens consumidos e valores elevados podem ser consequência de uma população composta por indivíduos generalistas ou especialistas (BOLNICK *et al.*,

2002). A adaptação das espécies às mudanças no ambiente está associada ao hábito generalista e à plasticidade trófica (KREBS, 1989).

Peixes de água doce respondem às alterações provocadas no regime de fluxo também quanto às estratégias reprodutivas (MIMS; OLDEN, 2013). As estratégias reprodutivas podem ser inferidas através da análise de traços de história de vida e demonstram as ‘decisões’ que as espécies tomam para essa importante atividade, baseadas nas características ambientais (STEARNS, 1976; WINEMILLER; ROSE, 1992). Características como o tamanho de primeira maturação, tamanho da ninhada e cuidado parental, podem ser relacionados com características ambientais (REZNICK; BRYANT; BASHEY, 2002). Essas decisões tomadas por uma espécie podem ser favorecidas numa determinada população quando um conjunto de forças seletivas canaliza suas características de história de vida (TEDESCO *et al.*, 2008). Em outras palavras, quando há um direcionamento ambiental para determinados traços, uma espécie pode ter seu *fitness* ampliado (STEARNS, 1976; STEARNS; KOELLA, 1986) pois ela pode investir, por exemplo, numa prole maior. Essa combinação específica de traços é amplamente investigada e conhecida na literatura de história de vida como ‘*trade-off*’ (STEARNS, 2000). O crescimento somático (tamanho) e atividade reprodutiva é um dos pares mais estudados entre as espécies, pois são considerados traços conflitantes no que diz respeito à demanda energética (SCHAFFER, 1974).

O peixe migratório *Leporinus piau* Fowler, 1941 pertence à família Anostomidae, a segunda com maior número de espécies da ordem Characiformes (RAMIREZ; BIRINDELLI; GALLETI-JR, 2017). Os anostomídeos são restritos à região Neotropical e amplamente distribuídos pela América do Sul, com o gênero *Leporinus* ocorrendo nas regiões cis e trans andina, da ilha de Trinidad ao norte da Argentina (GARAVELLO; REIS; STRAUSS, 1992). *Leporinus piau* é uma espécie de médio porte que alcança cerca de 25 cm de comprimento padrão, nativa da região Nordeste do Brasil, e ocorre nas principais bacias hidrográficas da região como a do São Francisco (ARANTES *et al.*, 2017) e Parnaíba (RAMOS; RAMOS; RAMOS, 2014), assim como em bacias intermitentes que drenam para o Oceano Atlântico. Mesmo não sendo a mais abundante nessa região e nem ameaçada de extinção por pressões antrópicas (BRASIL, 2014), tem relevante contribuição na pesca artesanal e esportiva (Araújo *et al.*, 2016). Com base, nos pressupostos da teoria de história de vida, temos como hipótese que as estratégias tróficas e reprodutivas de *L. piau* diferem entre os sítios à montante e jusante da barragem Boa Esperança no rio Parnaíba. Baseados na hipótese testaremos as previsões (1) a composição da dieta de *L. piau* será mais restrita e a amplitude de nicho será

menor à jusante do barramento, (2) o fator de condição será menor na população à jusante e (3) a primeira maturação ocorrerá mais cedo na população à jusante.

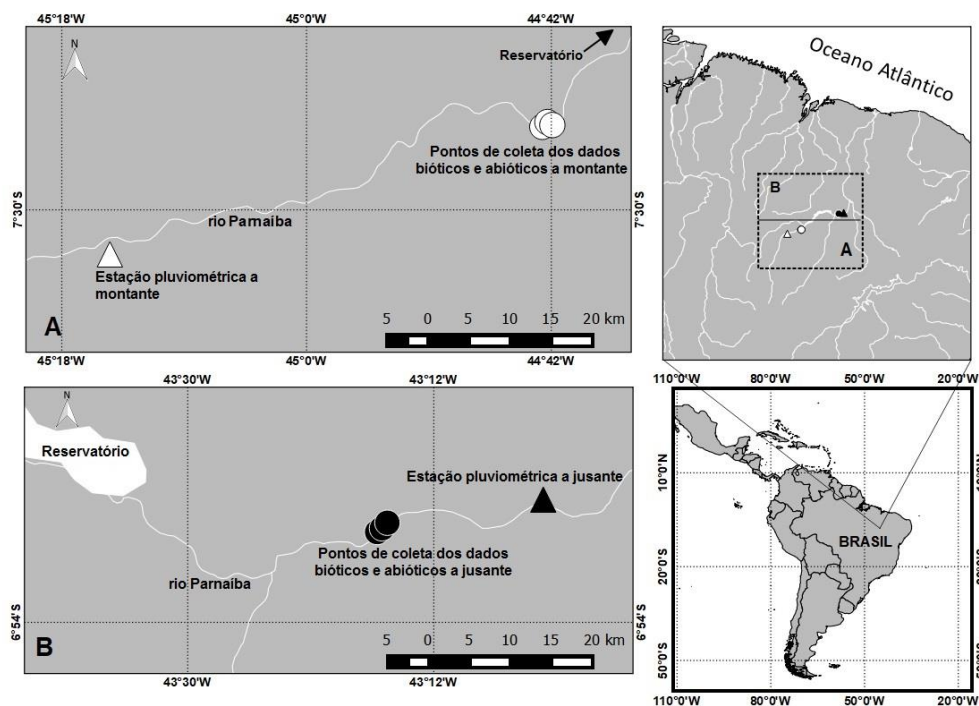
12 MATERIAL E MÉTODOS

12.1 Área de estudo

O rio Parnaíba é o maior curso perene e inteiramente situado no Nordeste brasileiro, com cerca de 1.400 km de extensão e nascentes localizadas na região de fronteira entre os Estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins. A bacia de drenagem tem aproximadamente 330 mil km² (3,9% do território brasileiro), drenando 99% da área do Estado do Piauí, 19% do Maranhão e 10% do Ceará. O rio principal divide os Estados do Piauí e Maranhão, sendo a fronteira natural entre eles (RAMOS; RAMOS; RAMOS, 2014).

As coletas foram realizadas no curso médio do rio Parnaíba, em dois sítios localizados nos municípios de Uruçuí (Sítio A) e Floriano (Sítio B), de agosto de 2015 a julho de 2017. Entre eles está localizada a única usina hidrelétrica instalada no rio Parnaíba, UHE de Boa Esperança (Figura 8), com operações iniciadas em abril de 1970 (BRASIL, 2017). Nas figuras da seção Resultados, os sítios estão nomeados como S1 = Sítio A e S2 = Sítio B. Para a coleta dos peixes e dos parâmetros físicos e químicos, foram estabelecidos três pontos em cada sítio, num trecho de 2 km de rio, onde os pontos localizados nos extremos opostos distavam 1 km do central.

Figura 8 – Área de coleta de *Leporinus piau* e dos dados abióticos (círculos) e dados de cota, vazão e pluviosidade (triângulos), à montante (A) e jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil.



Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

12.2 Coleta de dados ambientais

Os parâmetros coletados mensalmente foram condutividade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura, utilizados para caracterização do ambiente. Estes foram obtidos em campo através das sondas Hanna HI 9146 (oxigênio dissolvido e temperatura) e Hanna HI 92000 (condutividade e pH).

Os dados de cota, vazão e pluviosidade foram obtidos no sítio da web da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (<http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/GestaoRecursosHidricos/GestaoRecursosHidricos.aspx>) (BRASIL, 2017) e os sítios de coleta desses dados foram i) Ribeiro Gonçalves e ii) Floriano-Barão de Grajaú, distantes cerca de 70 km à montante do Sítio 1 e 30 km à jusante do Sítio 2, respectivamente, visando a determinação dos períodos seco e chuvoso; a pluviosidade usada nesse estudo foi a acumulada (mensal) e os demais foram médias mensais obtidas de dados diários.

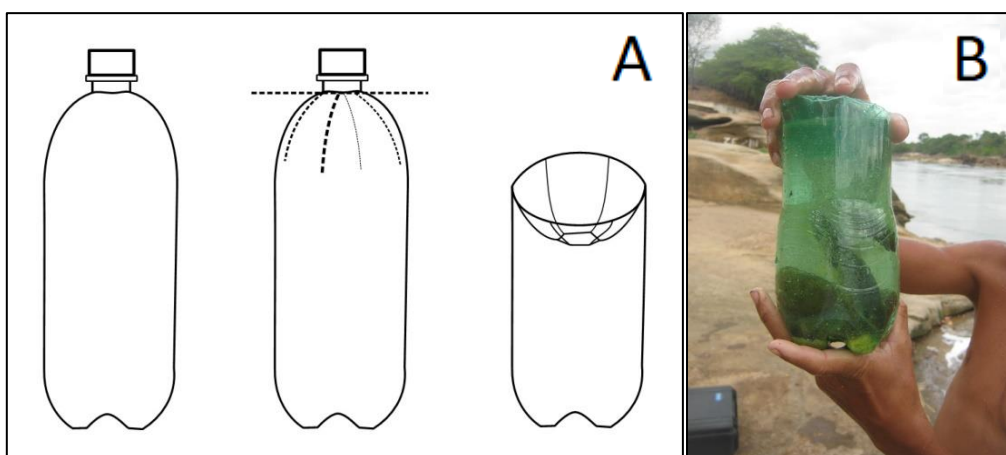
12.3 Coleta dos peixes

Os exemplares de *L. piau* foram coletados mensalmente entre agosto de 2015 e julho de 2017, totalizando 24 coletas em cada sítio (Autorização de coleta nº 51281-1 ICMBio). Foram utilizados três métodos para captura dos peixes: redes de espera com 4, 5 e 7 cm entre nós opostos, tarrafa de 1 cm entre nós opostos e armadilhas artesanais confeccionadas com garrafa pet. Cada bateria de redes de espera continha três redes, cada uma medindo 20 m x 1,5 m (30 m²) e foi usada duas vezes por semana em cada sítio (180 m²/sítio, 540 m²/ponto); a operação das baterias durou 12 horas, expostas ao anoitecer e retiradas ao amanhecer, totalizando 24 horas semanais por sítio (96 horas/mês/ponto; 288 horas/mês/sítio; 3.456 horas/ano/sítio); as revisões aconteciam de três em três horas ou quando se fazia necessário. A tarrafa foi utilizada cinco vezes em cada ponto (15/sítio, 60/mês), sempre no período da manhã entre as 08:00h e 10:00 com arremessos efetuados no intervalo de aproximadamente 10 minutos em cada sítio após atrair os peixes com resíduos de folhas e raízes de mandioca (*Maniot esculenta* Crantz) e grãos de milho triturados (*Zea mays* spp.).

A armadilha de garrafa pet foi considerada como um método adicional de coleta, em virtude das mudanças ambientais no período chuvoso que impediam a coleta dos peixes com a rede e tarrafa no Sítio B (Jusante). Esta técnica foi utilizada a partir da estação cheia do primeiro ciclo anual, sendo adotada deste então até o final do trabalho de campo. Essas armadilhas eram de cor verde, cortadas com tesoura na parte superior para formar uma espécie de funil que dificultava a saída dos animais (Figura 9). A armadilha era colocada no

fundo do rio através de mergulho livre, a cerca de 10 m da margem, com isca preparada com resíduo de côco babaçu (*Attalea speciosa* Martius) que é obtido a partir da extração do óleo e localmente chamada de “borra”. A armadilha também continha pedregulhos de 5-7 cm de diâmetro, que garantiam a fixação da armadilha no fundo do rio, evitando que a mesma fosse carregada pela correnteza e sempre posicionada com a entrada voltada para jusante. Após cerca de 10 minutos, a armadilha era retirada também através de mergulho livre, onde o mergulhador bloqueava a entrada com uma das mãos para garantir que os animais não escapassem. Esse procedimento durava cerca de uma hora, uma vez por mês no ponto central do sítio. A captura por unidade de esforço (CPUE) foi calculada para cada aparelho através da seguinte equação: $CPUE = N / T$, onde N é o número de indivíduos capturados no tempo T em horas.

Figura 9 – A) Esquema da armadilha de garrafa pet utilizada para a coleta de *Leporinus piau* no sítio à jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil; ao centro, imagem ilustrando os cortes feitos na garrafa; à direita, detalhe do encaixe em forma de funil da armadilha. B) Registro fotográfico da coleta de *L. piau* com armadilha de garrafa pet.



Fonte: Távora, V. (A); Feitosa, F.S. (B) (2018).

Os exemplares de *L. piau* foram anestesiados com óleo de cravo (eugenol) logo após as coletas em banho de imersão, com concentração de 150 mg/L para posterior congelamento. Após esse procedimento, os peixes foram levados em caixas térmicas ao Laboratório de Biodiversidade e Bioarqueologia da Univasf *Campus* Serra da Capivara, em São Raimundo Nonato, Piauí, onde foram fixados com formol (10%) e, após 24h, conservados em álcool 70%. Em seguida medimos (mm) e pesamos (g) todos os exemplares para proceder a dissecação que consistiu na retirada trato digestório e gônadas a partir de uma incisão abdominal. Estes órgãos foram conservados (álcool 70%) em potes plásticos devidamente identificados para posteriores análises de dieta e reprodução.

12.4 Análise do conteúdo estomacal

A dieta das populações foi inicialmente analisada com verificação visual da repleção de cada estômago (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) antes da exposição do conteúdo estomacal sobre uma placa de petri milimetrada para identificação dos itens alimentares. A identificação dos itens ocorreu com auxílio de um estereomicroscópio, onde após separação dos mesmos foi estimado o volume de cada item em cm^3 , com auxílio da placa de petri e papel milimetrado (ALBRECHT; PELLEGRINI-CARAMASCHI, 2003a,b). Os itens alimentares foram identificados com auxílio de chaves taxonômicas como Farrel (1979) e Bouchard-Jr (2004). Os itens oferecidos como iscas foram desconsiderados nas análises.

12.5 Análise das gônadas

As gônadas dos indivíduos coletados foram classificadas macroscopicamente como (1) imaturos, (2) em maturação precoce, (3) maduro e (4) esvaziado, e se deu através da observação de aspectos macroscópicos (ARAÚJO *et al.*, 2016). O Fator de Condição foi gerado para cada indivíduo através da equação $K = Wt / Ls^b$, onde Wt = peso total, Ls = comprimento padrão e “ b ” = coeficiente angular. O índice gonadossomático (I_G) foi calculado para cada indivíduo com a equação $I_G = Wg/Wt*100$, onde Wg = peso da gônada e Wt = peso total.

12.6 Análise dos dados

Todos os dados ambientais (parâmetros físicos e químicos, cota, vazão e pluviosidade) foram analisados com o auxílio da Análise de Componentes Principais (PCA), foi aplicada em uma matriz de correlação, com objetivo de verificar possíveis agrupamento dos períodos sazonais; antes disso, as variáveis foram submetidas a uma análise de colinearidade.

O teste a priori de Shapiro-Wilk foi usado em todas os dados para testar a normalidade. Diferenças na dieta entre os sítios, períodos e entre ambas foram verificadas através das análises PERMANOVA (ANDERSON, 2015) e SIMPER (CLARKE; WARWICK, 2001), aplicadas a matriz dos dados de dieta, contendo o volume de cada item. A amplitude de nicho foi verificada pelo teste de homegeneidade de dispersão multivariada (PERMDISP) (ANDERSON, 2006), que também foi aplicado para avaliar diferenças na amplitude de nicho entre períodos sazonais/sítios, seguido de um teste a posteriori de Tukey.

O teste PERMDISP mede a distância de cada indivíduo para a média multivariada do seu grupo (ANDERSON, 2006). O PERMDISP foi aplicado ao nicho trófico assumindo que a diferença na dispersão indicava dietas mais restritas do que outras entre os sítios (CORREA;

WINEMILLER, 2014). O teste foi aplicado à matriz de similaridade da dieta formada com os dados volumétricos e a análise foi gerada no Software R, no pacote Vegan (OKSANEN *et al.*, 2012). Os valores de probabilidade foram calculados pela permutação residual (999 permutações). *Post hoc* teste par a par foi aplicado as permutações baseados em um teste t de dispersão da combinação dos grupos (ANDERSON, 2006).

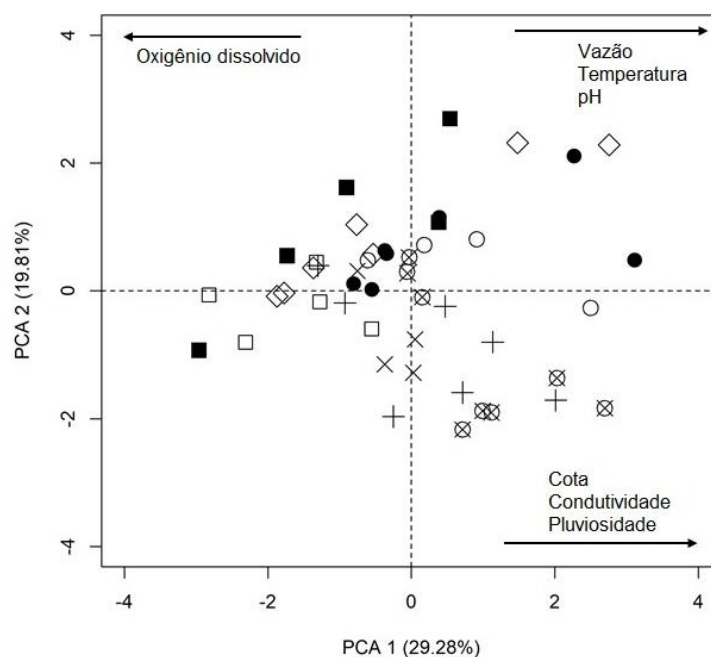
Para analisar a atividade reprodutiva da espécie nos dois sítios, verificamos a proporção sexual (fêmeas:machos) com o teste de qui-quadrado (χ^2) para os indivíduos coletados em cada estação, levando em consideração a proporção 1:1. A relação entre o peso total (W_t , [g]) e comprimento padrão (L_s [mm]) foi calculada para as duas populações com uma regressão linear, utilizando dados log-transformados e a seguinte equação $\log_{10} W_t = a + b \log_{10} L_s$, onde “a” e “b” são constantes da regressão, com diferença encontrada no *b*-valor testada usando o teste t de Student. Adicionalmente, as curvas geradas para cada população foram testadas com uma análise de ANCOVA, para verificação de diferença entre ambas, com o peso e o tamanho sendo as variáveis dependentes e o local como variável independente. Para avaliar os resultados das observações das gônadas, estimamos o tamanho de primeira maturação (L_{50}), que se deu através da verificação proporcional do comprimento médio no qual 50% dos indivíduos encontravam-se nos estádios de maturação 2, 3 e 4 (maduros). Esses valores foram testados através do teste ANCOVA, a partir de modelos lineares generalizados (GLM) gerados dos dados de localidade e sexo, com intervalos de confiança com 999 interações (Bootstrap).

Para verificar a influência do período, sexo, sítio e vazão sobre K e I_G , nós construímos modelos lineares mistos (LMM) em que as médias mensais log-transformadas do K e I_G foram as variáveis respostas. Sete modelos foram construídos para cada variável resposta e incluiu todas as possíveis combinações entre as variáveis explanatórias fixas (período, sexo e vazão) e aleatória (sítio). O modelo com menor valor do *Akaike's Information Criterion* (AIC) foi considerado como o melhor ajuste e em seguida ranqueamos os demais de acordo com diferenças calculadas entre os AIC's (ΔAIC). Para determinar a significância relativa dos modelos, calculamos o *Akaike' Weight* normalizado (W_{im}), onde $W_{im} = \exp(-0.5 \times \Delta AIC_i) / \sum_{r=1} \exp(-0.5 \times \Delta AIC_i)$ (JOHNSON; OMLAND, 2004). Uma Anova foi calculada para verificar a significância do modelo mais ajustado. Foram utilizados nesse trabalho os pacotes *ade4* (DRAY; DUFOUR, 2007), *car* (FOX; WEISBER, 2011), *FSA* (OGLE, 2017), *lme4* (BATES *et al.*, 2015), *nlstools* (BATY *et al.*, 2015), *USDM* (NAIMI *et al.*, 2014) e *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2017) no Software R (R-TEAM, 2016).

13 RESULTADOS

Dois períodos sazonais foram identificados em cada ciclo anual, sendo delimitados pelos picos de pluviosidade (Tabela I – Apêndice). As chuvas no primeiro ciclo anual foram concentradas entre novembro de 2015 a março de 2016, enquanto que no segundo foi de novembro de 2016 à maio de 2017. A variação na cota e vazão acompanhou a pluviosidade, entretanto foi observado à jusante um atraso de um mês provocado pela retenção da água no reservatório de Boa Esperança. A pluviosidade acumulada no primeiro ciclo anual foi a metade (403,0 mm e 629,9 mm) do registrado no segundo (988,3 mm e 1081,4 mm) nos sítios à montante e jusante, respectivamente. Os dados de condutividade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura encontram-se sumarizados nas tabelas II, III, IV e V do Apêndice. Com exceção da condutividade, os demais parâmetros físicos e químicos se mostraram constantes ao longo do período de estudo. Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 49,09% da variabilidade, sendo 29,28% explicado pelo primeiro eixo e 19,81% pelo segundo eixo. A análise determinou um agrupamento dos sítios em função do primeiro ciclo anual pela vazão, temperatura e pH e no segundo período chuvoso pela cota, condutividade e pluviosidade (Figura 10).

Figura 10 – Análise de componentes principais (PCA) dos dados abióticos coletados no médio rio Parnaíba, Brazil. Quadrante superior direito agrupando o primeiro ano de coleta (montante seca 2015/2016 [◇], montante cheia 2015/2016 [■], jusante seca 2015/2016 [●] e jusante cheia 2015 [○]); quadrante inferior direito agrupando o segundo período de cheia (montante cheia 2016/2017 [+] e jusante cheia 2016/2017 [⊗]).

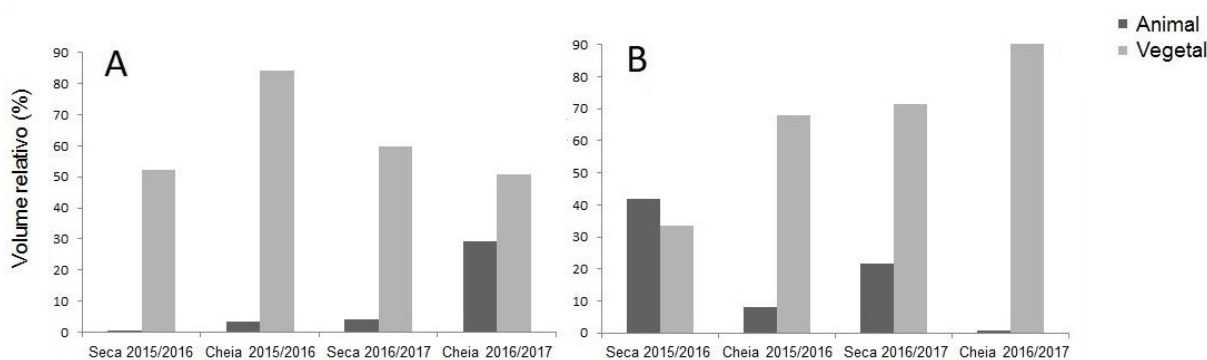


Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

Um total de 801 exemplares de *L. piau* foram coletados, sendo 391 à montante e 410 à jusante. O aparelho mais eficiente foi a armadilha de garrafa pet, com CPUE = 6.83/h. A tarrafa foi o segundo mais eficiente, com CPUE = 0.6/h no sítio à montante e 0.31/h à jusante. As redes tiveram a menor CPUE, com 0.007/h à montante e 0.005/h à jusante. À montante foram coletados 180 indivíduos nas estações secas e 211 nas chuvosas, enquanto que à jusante foram coletados 201 e 209 nas estações secas e chuvosas, respectivamente. 232 exemplares foram capturados com a tarrafa à montante e 122 à jusante, seguido de 159 com redes à montante e 124 à jusante, e 164 exemplares com armadilhas (Tabela VI – Apêndice).

A dieta da espécie foi caracterizada pela análise de 530 estômagos oriundos de 260 indivíduos da população à montante e 270 à jusante. Dentre os estômagos analisados, 41 tiveram graus de repleção zero a montante e 57 a jusante. A dieta foi composta por 29 itens alimentares de origem animal e vegetal nas duas localidades, totalizando 20 itens à montante (13 origem animal e 7 origem vegetal) e 27 à jusante (20 origem animal e 7 origem vegetal) (Tabelas XIV e XV – Apêndice). Os itens predominantes na dieta nos sítios montante e jusante foram de origem vegetal (Figura 11).

Figura 11 – Volume relativo dos itens alimentares de origem animal e vegetal encontrados nos estômagos dos exemplares de *Leporinus piau* nos sítios à montante (A) e à jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil.



Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

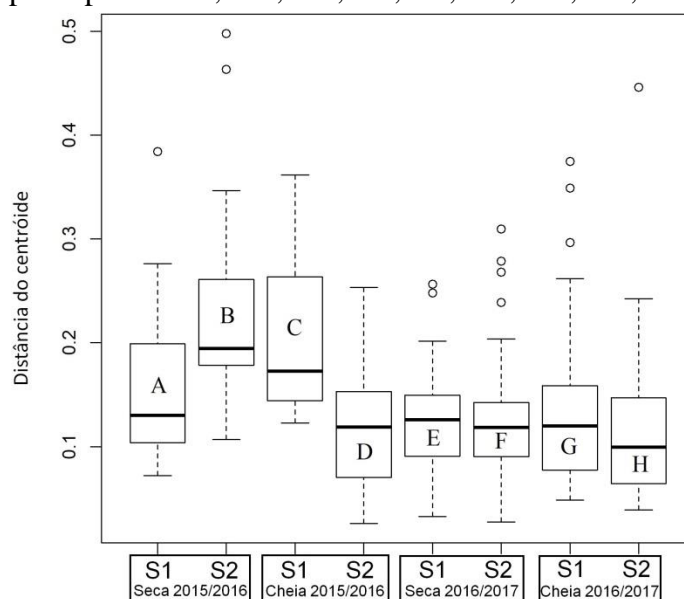
Os resultados da PERMANOVA mostraram diferenças significativas entre os sítios ($pseudoF = 4.22$, $P = 0.01$), demonstrando que a dieta de *L. piau* à montante é significativamente diferente de à jusante. A análise SIMPER demonstrou que a diferença entre os sítios foram determinadas pelos itens ‘Decapoda’, ‘Alga verde’, ‘Fragmento vegetal’ e ‘Músculo’ de acordo com o período de coleta (Tabela 2). As maiores larguras de nicho foram registradas no primeiro período de seca (jusante) e no primeiro período de cheia

(montante) diferindo significativamente dos demais períodos. A primeira cheia em ambos sítios registrou amplitudes de nicho com valores elevados em relação aos demais (Figura 12).

Tabela 2. Resultados da análise SIMPER para os itens alimentares que apresentaram dissimilaridade na dieta de *Leporinus piau* entre os sítios à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba.

	Dissimilaridade média	Desvio padrão	Relação	Contribuição cumulativa	P
<i>Estação seca 2015/2016</i>					
Matéria Orgânica não identificada	0.28	0.28	1.01	0.33	0.02
Decapoda	0.05	0.18	0.26	0.91	0.01
Isopoda	0.01	0.06	0.20	0.96	0.05
<i>Estação chuvosa 2015/2016</i>					
Alga verde	0.22	0.28	0.79	0.64	0.01
<i>Estação seca 2016/2017</i>					
Fragmento vegetal	0.15	0.20	0.77	0.76	0.01
Ephemeroptera	0.07	0.18	0.39	0.84	0.01
Lepidoptera	0.01	0.08	0.16	0.92	0.03
<i>Estação chuvosa 2016/2017</i>					
Músculo	0.16	0.23	0.68	0.74	0.01
Hymenoptera	0.02	0.11	0.16	0.86	0.01
Folhas	0.01	0.09	0.13	0.91	0.01
Characiformes	0.01	0.05	0.15	0.94	0.01
Coleoptera	0.00	0.03	0.18	0.98	0.03
Arachnida	0.00	0.01	0.10	1.00	0.01

Figura 12 – Variação na amplitude de nicho alimentar de *Leporinus piau* nos sítios à montante (S1) e jusante (S2), médio rio Parnaíba, Brazil, nos quatro períodos sazonais estudados (2015 a 2017). Diferenças significativas constatadas entre os pares (teste *t post hoc*) são determinadas pelos pares: AB, AH, BD, BE, BF, BG, BH, CD, CE, CF, CG e CH.

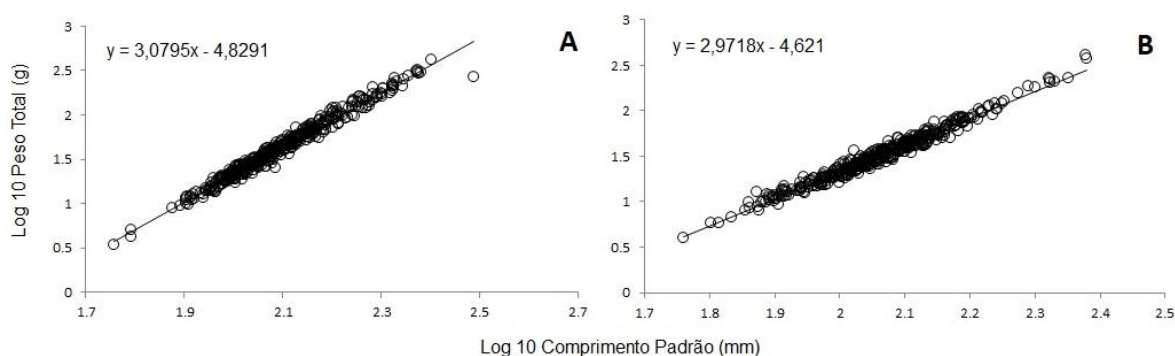


Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

A proporção entre fêmeas e machos não diferiu significativamente da esperada 1:1 durante o período desse estudo ($P > 0.05$; Tabela XVI - Apêndice). Dos 381 indivíduos capturados no primeiro ciclo anual (2015/2016), 80 foram juvenis e 301 foram adultos, dos quais 137 foram fêmeas (77 à montante e 60 à jusante) e 164 foram machos (84 à montante e 80 à jusante). No segundo ciclo anual (2016/2017) foram capturados 420 indivíduos, com 163 jovens e 257 adultos, divididos em 119 fêmeas (60 à montante e 59 à jusante) e 138 machos (71 à montante e 67 à jusante).

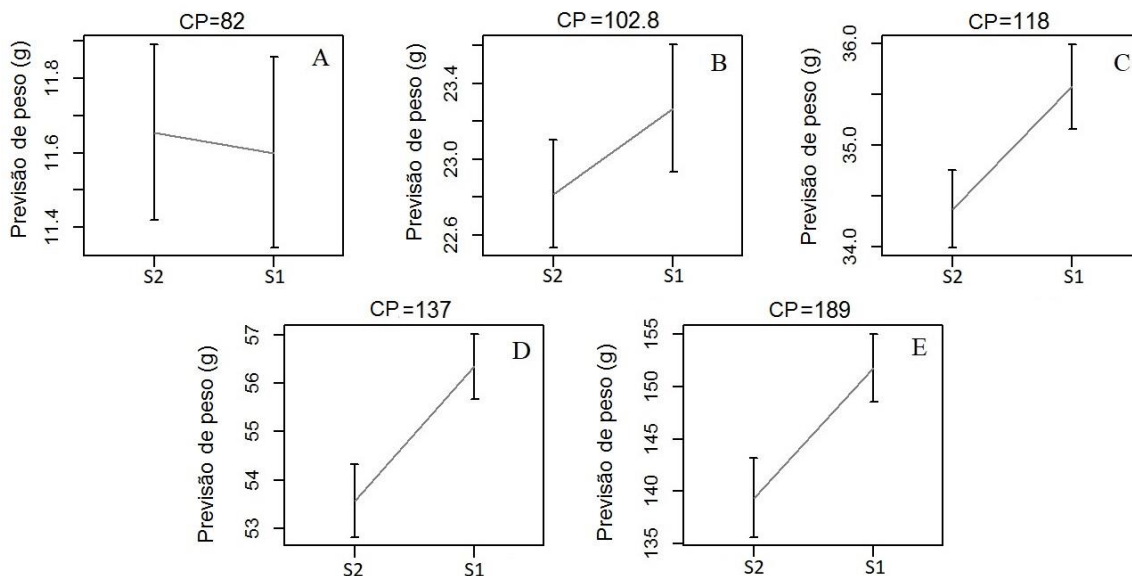
As relações peso-comprimento foram descritas pelas equações $\log_{10} Wt = - 4.8291 + 3.0795 \text{ Log}_{10} Ls$ ($r^2 = 0.9778$) para o sítio à montante e $\log_{10} Wt = - 4.621 + 2.9718 \text{ Log}_{10} Ls$ ($r^2 = 0.9731$) para à jusante (Figura 13). O b -valor na regressão para a população à montante foi significativamente diferente de 3 ($t = 3.37$, $P = 0.0008$) indicando um crescimento alométrico positivo (Figura 13-A), enquanto que para a população à jusante não foi diferente ($t = -1.15$, $P = 0.249$), indicando crescimento isométrico (Figura 13-B). As retas em cada população diferiram significativamente ($F = 9.96$, $P = 0.001$), indicando que o crescimento entre as populações é diferente, onde principalmente os adultos da população à montante apresentaram maior peso (g) por unidade de crescimento que na população à jusante (Figura 14).

Figura 13 – Relações peso-comprimento, das populações de *Leporinus piau* à montante (A) e à jusante (B) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil.



Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

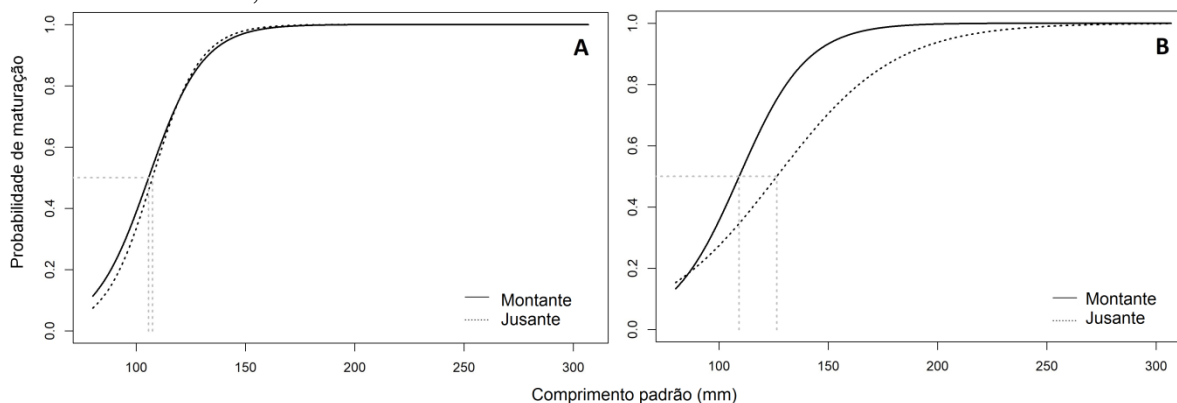
Figura 14 – Previsão do peso (g) em relação ao comprimento padrão (CP, mm) nas populações de *Leporinus piau* à montante (S1) e jusante (S2) da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil. A-D são categorias de tamanho/peso.



Fonte: Novaes, J.L. (2018).

O comprimento estimado de primeira maturação para as fêmeas foi de $L_{50m} = 107.47$ e $L_{50j} = 105.70$ (Figura 15-A); para os machos foi de $L_{50m} = 126.43$ e $L_{50j} = 109.24$ (Figura 15-B). Houve diferença significativa no L_{50} entre os sítios ($z = -2.73$, $P < 0.05$), entre fêmeas e machos de ambos os sítios ($z = -3.85$, $P < 0.05$), fêmeas entre os sítios ($z = 6.39$, $P < 0.05$) e machos entre os sítios ($z = 5.94$, $P < 0.05$). O tamanho dos machos na localidade à jusante não foi estatisticamente diferente das fêmeas ($z = -1.19$, $P = 0.23$), ao contrário da localidade à montante, onde os machos foram significativamente maiores ($z = -4.11$, $P < 0.05$).

Figura 15 – Proporção de fêmeas (A) e machos (B) sexualmente maduros de *Leporinus piau* durante todo período de estudo, à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio Rio Parnaíba, Brasil.



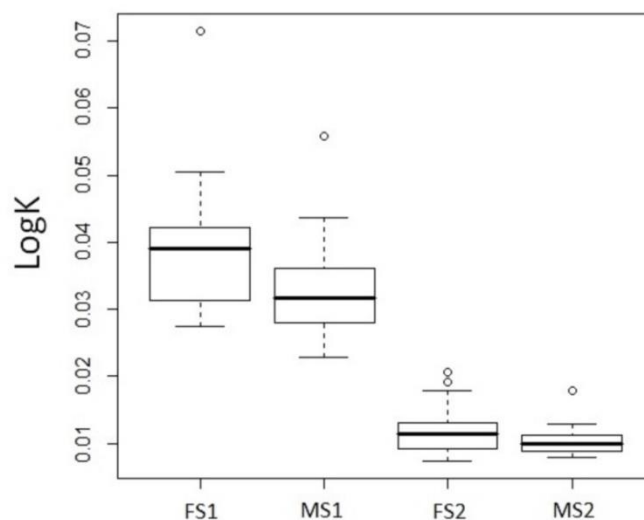
Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

Os resultados do LMM para o Fator de Condição demonstraram que o modelo mais ajustado (AIC = -598.43, $W_{im} = 0.43$) (Tabela 3) teve apenas a variável sexo como a mais explicativa ($\chi^2 = 6.47$, d.f. = 1, $P = 0.01$). Nos dois sítios, as fêmeas ($S1 = 0.012$, $S2 = 0.038$) tiveram maior média do que machos ($S1 = 0.010$, $S2 = 0.032$) (Figura 16).

Tabela 3. Resultados da análise LMM para as variáveis resposta Fator de Condição e Índice Gonadossomático (I_G) e variáveis preditoras período, sexo e vazão coletados nos sítios à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba (AIC = Akaike's Information Criterion; W_{im} = Akaike's weight).

Modelo (LMM)	AIC	Δ AIC	W_{im}
<i>Fator de Condição (K)</i>			
~ Sexo+(1 Sítio)	-598,43	0	0,43
~ Período+Sexo+(1 Sítio)	-597,16	1,27	0,23
~ Sexo+Vazão+(1 Sítio)	-596,62	1,81	0,17
~ Período+ Sexo+Vazão+(1 Sítio)	-595,39	3,04	0,09
~ Período+(1 Sítio)	-592,88	5,55	0,02
~ Vazão+(1 Sítio)	-592,33	6,10	0,02
~ Período+vVazão(1 Sítio)	-591,06	7,37	0,01
<i>Índice Gonadossomático (I_G)</i>			
~ Período+Sexo(1 Sítio)	-262,49	0	0,49
~ Período+Sexo+Vazão+(1 Sítio)	-262,14	0,35	0,41
~ Sexo+Vazão+(1 Sítio)	-258,86	3,63	0,08
~ Sexo+(1 Sítio)	-248,09	14,40	0,0003
~ Período+(1 Sítio)	-238,35	24,14	2,97E-06
~ Período+Vazão+(1 Sítio)	-237,44	25,05	1,88E-06
~ Vazão(1 Sítio)	-236,30	26,19	1,07E-06

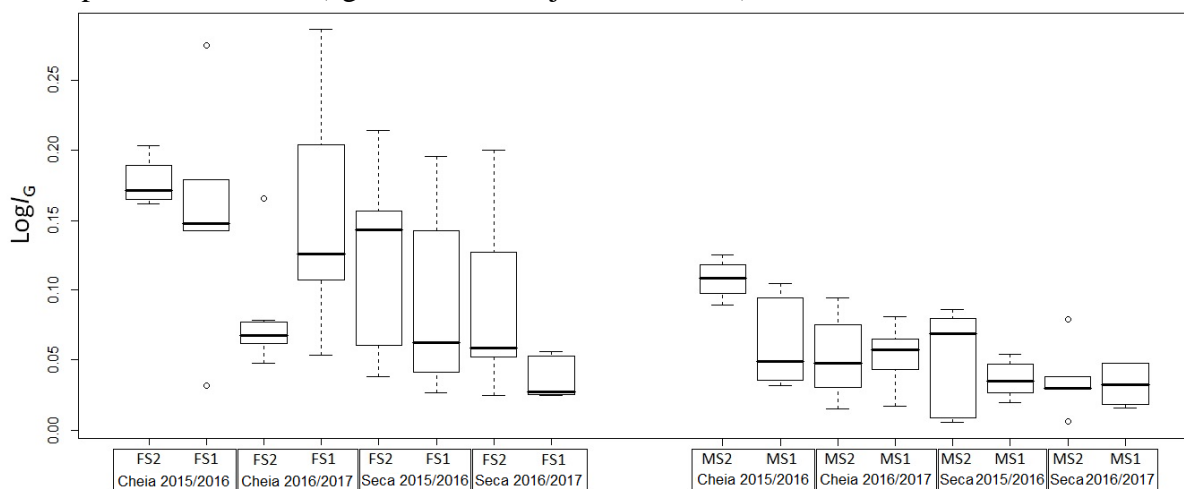
Figura 16 – Fator de Condição (K) entre os sexos (FS1 = fêmea/sítio 1 e FS2 = fêmea/sítio 2; MS1 = macho/sítio 1 e MS2 = macho/sítio 2) de *Leporinus piau* durante período de estudo (agosto de 2015 a julho de 2017), médio Rio Parnaíba, Brasil.



Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

Para o I_G , o LMM demonstrou que o modelo mais ajustado teve as variáveis período ($\chi^2 = 23.02$, d.f. = 1, $P < 0.05$) e sexo ($\chi^2 = 30.55$, d.f. = 1, $P < 0.05$) como mais explicativas. Os períodos de cheia apresentaram maiores valores médios ($\mu = 0.09$) em relação aos de seca ($\mu = 0.06$) e as fêmeas apresentaram maiores valores médios ($\mu = 0.11$) que os machos ($\mu = 0.05$) (Figura 17).

Figura 17 – Índice gonadossomático (I_G) entre os sexos (FS1 = fêmea/sítio 1 e FS2 = fêmea/sítio 2; MS1 = macho/sítio 1 e MS2 = macho/sítio 2) de *Leporinus piau* durante período de estudo (agosto de 2015 a julho de 2017) médio Rio Parnaíba, Brasil.



Fonte: Feitosa, F.S. (2018).

14 DISCUSSÃO

A composição da dieta e amplitude de nicho relacionadas com o tamanho de primeira maturidade de *L. piau* são reportados pela primeira vez em um ambiente lótico de sua área de distribuição natural. Os resultados para a dieta da espécie corroboraram a previsão, indicando uma diferenciação na utilização dos recursos entre os sítios. Os parâmetros morfológicos usados para estimar o crescimento corporal e o tamanho de primeira maturação indicaram que a espécie utiliza os recursos de forma diferente para a atividade reprodutiva em cada sítio.

A análise de componentes principais (PCA) agrupou o primeiro ano de coleta em função das variáveis vazão, temperatura e pH. Esse agrupamento foi correspondente a um ano fora da média histórica, sendo, portanto considerado atípico devido à baixa pluviosidade registrada. O segundo agrupamento correspondeu ao período de cheia de 2016/2017 em função das variáveis nível do rio, condutividade e pluviosidade. A PCA não indicou agrupamentos correspondentes ao segundo ano de coleta e/ou período seco do segundo ano de coleta. Willis, Winemiller e Lopez-Fernandez, (2005) afirmam que a vazão é um fator estruturante de assembléias de peixes devido ao potencial de alagamento das áreas marginais, assim como ao carreamento de materiais que tornam o ambiente mais heterogêneo. Estudando ciclídeos na Venezuela, Jepsen, Winemiller e Taphorn, (1997) demonstraram que os recursos são particionados entre as espécies do gênero *Cichla* Bloch & Schneider, 1801 em função da flutuação hidrológica, influenciando o uso do hábitat para alimentação e reprodução. Para o gênero *Leporinus* o uso do hábitat é bastante variado (ARAYA; AGOSTINHO; BECHARA, 2005) com espécies utilizando desde a calha principal de grandes rios a lagoas e pequenos riachos, em locais onde há pouca variação nos parâmetros físicos e químicos, principalmente de oxigênio dissolvido (WEBER *et al.*, 2013). Este foi o caso de *L. piau* que foi coletado na calha principal do rio Parnaíba onde houve pouca variação nos fatores abióticos.

Leporinus piau apresentou dieta predominantemente onívora com predomínio de vegetais nos dois sítios, porém com diferenças significativas entre eles determinadas pela variação da abundância de alguns itens alimentares. O predomínio de itens vegetais em espécies do gênero foi observado no rio Tocantins antes da construção de uma barragem (*e.g.* ALBRECHT; PELLEGRINI-CARAMASCHI, 2003a,b), indicando uma tendência à herbívoros na fase rio. No rio Parnaíba, observamos que os itens vegetais têm elevada contribuição na dieta de *L. piau* em ambos os sítios, porém o consumo desse item variou e foi reduzido na estação seca.

No período com menor precipitação pluviométrica (primeiro ano de coleta) a espécie apresentou maior largura de nicho e diferiu significativamente dos demais períodos de coleta. A teoria clássica da competição prediz que em períodos de escassez de recursos, as espécies tendem a variar a utilização dos recursos para reduzir a sobreposição de nicho (e.g. PIANKA 1974, 1976). A menor largura de nicho de *L. piau* no período com maior precipitação, associado ao maior consumo de itens de origem vegetal nesses períodos, corrobora a hipótese de partilha de recursos baseada na teoria da competição (e.g. PIANKA 1974, 1976). Em espécies do gênero *Leporinus* observou-se que em rios impactados com barragens houve mudanças na dieta com maior tendência à carnivoría (ALBRECHT; PELLEGRINI-CARAMASCHI, 2003a,b; MENDONÇA; HANN; LOUREIRO-CRIPPA, 2004). A utilização de uma gama maior de recursos associado ao aumento da largura de nicho é uma das predições da teoria do forrageamento ótimo, visto que as espécies forrageiam os recursos preferenciais quando esses são abundantes (STEPHENS; KREBS, 1986). No rio Parnaíba, os recursos de origem vegetal e a redução da largura de nicho foram observados nos períodos de maior volume no fluxo hídrico e a jusante. Outra característica do sítio a jusante que corrobora as predições da teoria do forrageamento ótimo é que nesse local a espécie consumiu maior número de itens com elevada ocorrência de itens de origem animal. O alargamento do nicho e a maior riqueza de itens no sítio localizado após a barragem indicam que a dieta da espécie foi afetada pelas mudanças ambientais no rio Parnaíba.

A proporção sexual calculada para *L. piau* foi estatisticamente igual à esperada (1:1), diferenciando de estudos com outras espécies da família Anostomidae (e.g. LOPES; BENEDITO-CECÍLIO; AGOSTINHO, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2016). A teoria de proporção sexual de Fisher prediz que esse valor é o esperado para populações em equilíbrio e em ambientes estáveis (FISHER, 1930). Em espécies do gênero *Leporinus*, geralmente um dos sexos é numericamente maior na população (e.g. LOPES; BENEDITO-CECÍLIO; AGOSTINHO, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2016), indicando competição por parceiros e pressões seletivas (STEARNS, 2000). Essas relações não foram observadas para *L. piau* no rio Parnaíba.

Leporinus piau apresentou tipos de crescimento diferentes em cada sítio estudado, sendo alométrico positivo à montante e isométrico à jusante, com aumento do tamanho de primeira maturação à montante. A teoria de história de vida prediz que o tamanho dos indivíduos é mais vantajoso para a espécie devido à uma produção maior de descendentes (STEARNS, 1992, 2000). Observamos que no sítio à montante o investimento em crescimento somático foi maior e a primeira maturação foi tardia em relação ao sítio a jusante. Em populações de

uma mesma espécie os atributos de história de vida podem variar devido a variações nas densidades de coespecíficos ou variações ambientais (STEARNS, 1992, 2000; REZNICK; BRYANT; BASHEY, 2002). No sítio à jusante, a antecipação da maturação pode ser ocasionada pela alta densidade, predação ou redução de recursos e como consequência irá ocasionar a redução do tamanho máximo teórico (REZNICK; BRYANT; BASHEY, 2002). A antecipação da maturação e a redução do tamanho máximo teórico à jusante podem ser consequência da qualidade do recurso consumido, visto que nesse sítio o item alga teve elevada contribuição na dieta. As algas são fontes de recurso com baixa qualidade energética e o consumo desse item pode reduzir o crescimento na população (BOWEN; LUTZ; AHLGREEN, 1995), conforme foi observado em *L. piau* no rio Parnaíba.

Os resultados dos LMM revelaram que o modelo mais ajustado para o Fator de Condição apresentou ‘sexo’ como parâmetro fixo e ‘sítio’ como aleatório. No sítio à jusante, ambos os sexos apresentaram valores significativamente maiores para o Fator de Condição, o que pode estar relacionado com o consumo de itens alimentares de baixa qualidade nutricional como as algas (BOWEN; LUTZ; AHLGREEN, 1995). Entre os sexos, as fêmeas apresentaram maiores valores médios, indicando que este sexo teve maior reserva energética. Essa característica é comum em fêmeas de peixes neotropicais (*e.g.* MAZZONI; MENDONÇA; CARAMASCHI, 2005; SILVA; STEWART, 2017), tendo em vista que a demanda energética que é disponibilizada para a maturação das gônadas e consequente formação dos ovócitos (NIKOLSKY, 1963; WOOTON, 1995). Altos valores de fator de condição podem estar relacionados com disponibilidade e aproveitamento do alimento pelos indivíduos (FULTON, 1902) e no caso de *L. piau* essa diferença pode estar relacionadas com as condições de nutrição (BOWEN; LUTZ; AHLGREEN, 1995), visto que, à jusante os itens de origem animal (invertebrados) foram mais abundantes na dieta da espécie.

No modelo mais ajustado para o I_G os parâmetros fixos do LMM foram ‘período’ e ‘sexo’, nos quais os valores mais elevados correspondiam às fêmeas nas estações de cheia, quando o fluxo hídrico (vazão) era maior. Esse resultado corrobora com a literatura, visto que fêmeas maduras apresentam maior peso total (WOOTON, 1990). A literatura também indica que fêmeas maduras de Characiformes geralmente apresentam comportamento mais letárgico (*e.g.* SILVA; STEWART, 2017) e por isso são consideradas mais vulneráveis à predação, seja por causas naturais ou por pesca predatória.

A dieta, tamanho de primeira maturidade, Fator de Condição e I_G da espécie demonstram que as populações à montante e jusante da barragem tem variações na ecologia trófica e nos atributos de história de vida. No entanto, concluímos que essas variações não são limitantes

para a persistência da espécie, visto que a usina hidrelétrica de Boa Esperança foi construída há cerca de 50 anos e mesmo com as variações populacionais a espécie persiste nos dois sítios. Esses resultados corroboram outros estudos que relatam a persistência de espécies do gênero em reservatórios e trechos associados (*e.g.* ALBRECHT; PELLEGRINI-CARAMASCHI 2003a; ARAYA; AGOSTINHO; BECHARA, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2013; ARAÚJO *et al.*, 2016).

15 REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E.; BINI, L. M.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; SUZUKI, H. I. Patterns of colonization in Neotropical reservoirs, and prognoses on aging. *In*: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M., (Org.) **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: International Institute of Ecology (IIE), Leiden, Netherlands: Backhuys, 1999. p. 227-265.
- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inlands Waters. **Conservation Biology**, v. 19, p. 646-652, 2005.
- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1119-1132, 2008.
- ALBRECHT, M. P.; CARAMASCHI, E. P. Feeding ecology of *Leporinus friderici* (Teleostei; Anostomidae) in the upper Tocantins river, Central Brazil, before and after installation of a hydroelectric plant. **Studies of Neotropical Fauna Environment**, v. 38, p. 33-40, 2003(a).
- ALBRECHT, M. P.; CARAMASCHI, E. P. Feeding ecology of *Leporinus taeniofasciatus* (Characiformes; Anostomidae) before and after installation of a hydroelectric plant in the upper rio Tocantins, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 1, p. 53-60, 2003(b).
- AMUNDSEN, P. A.; GABLER, H. M.; STALDVIK, F. J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data – modification of the Costello (1990) method. **Journal of Fish Biology**, v. 48, p. 607-614, 1996.
- ANDERSON, M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. **Biometrics**, v. 62, p. 245-253, 2006.
- ANDERSON, M. J. Permutational multivariate analysis of variance. **Department of Statistics, University of Auckland**, v. 26, p. 32-46, 2015.
- ARANTES, F. P.; SILVA, F. A.; SANTOS, J. E.; RIZZO, E.; SATO, Y.; BAZZOLI, N. Comparative morphology of gonads from six species of fish belonging to the family Anostomidae (Characiformes: Anostomidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 65, p. 713-723, 2017.
- ARAÚJO, D. D. A.; OLIVEIRA, J. F.; COSTA, R. S.; NOVAES, J. L. C. Population structure and reproduction of a migratory fish *Leporinus piau* (Characiformes: Anostomidae) in a semiarid tropical reservoir, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 64, p. 1369-1381, 2016.
- ARAYA, P. R.; AGOSTINHO, A. A.; BECHARA, J. A. The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yacyretá Reservoir (Argentina). **Fisheries Research**, v. 74, p. 198-209, 2005.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, p. 1-48, 2015.

BATY, F.; RITZ, C.; CHARLES, S.; BRUTSCHE, M.; FLANDROIS, J. P.; DELIGNETTE-MULLER, M. L. A Toolbox for Nonlinear Regression in R: The Package nlstools. **Journal of Statistical Software**, v. 66, p. 1-21, 2015.

BOLNICK, D. I.; YANG, L. H.; FORDYCE, J. A.; DAVIS, J. M.; SVANBÄCK, R. Measuring individual-level resource specialization. **Ecology**, v. 83, p. 2936-2941, 2002.

BOUCHARD-JR, R.W. **Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest**. Identification manual for students, citizen monitors and aquatic resource professionals. Saint Paul: University Minnesota, 2004.

BOWEN, S. H.; LUTZ, E. V.; AHLGREEN, M. O. Dietary protein and energy as determinants of food quality: trophic strategies compared. **Ecology**, v. 76, p. 899-907, 1995.

BRASIL, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco e Parnaíba. **Gestão de recursos hídricos** – dados de Cota Média, Vazão e Chuva na bacia do rio Parnaíba. Recife, PE, 2017. Disponível em: <http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/GestaoRecursosHidricos/GestaoRecursosHidricos.aspx> >. Acesso em: 17 agosto 2017.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2014. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção** – Peixes e Invertebrados Aquáticos. Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/especies-ameacadas-destaque>>. Acesso em: 09 maio 2018.

CASATTI, L.; MENDES, H. F.; FERREIRA, K. M. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 213-222, 2003.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2. ed. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2001.

CORREA, S. B.; WINEMILLER, K. O. Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. **Ecology**, v. 95, p. 210-224, 2014.

DE MÉRONA, B.; MOL, J.; VIGOUROUX, R.; CHAVES, P. T. Phenotypic plasticity in fish life-history traits in two neotropical reservoirs: Petit-Saut Reservoir in French Guiana and Brokopondo Reservoir in Suriname. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, p. 683-692, 2009.

DRAY, S.; DUFOUR, A. B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. **Journal of Statistical Software**, v. 22, p. 1-20, 2007.

DUGAN, P. J.; BARLOW, C.; AGOSTINHO, A. A.; BARAN, E.; CADA, G. F.; CHEN, D.; COWX, I. G.; FERGUSON, J. W.; JUTAGATE, T.; MALLIN-COOPER, M.; MARMULLA, G.; NESTLER, J.; PETRERE, M.; WELCOMME, R. L.; WINEMILLER, K. O. Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong basin. **Ambio**, v. 39, p. 344-348, 2010.

- FARREL, D. H. **Guide to shallow-water mysids from Florida**. Technical Series. 1. ed. Tampa: Department of Environmental Regulation, 1979.
- FERREIRA, R. M. A.; GODINHO, H. P. Reproductive biology of the white-piau, *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from reservoir in southeast Brazil. **Europe Archives of Biology**, v. 101, p. 331-344, 1990.
- FISHER, R. A. **The genetical theory of natural selection**. London: Oxford Clarendon Press, 1930.
- FOX, J.; WEISBERG, S. 2011. **An {R} Companion to Applied Regression: package car**. 2. ed. Thousand Oaks CA: Sage. 2011.
- FULTON, T. W. The rate of growth of fishes. **20th Annual Report of the Fishery Board of Scotland**, v. 3, p. 326-446, 1902.
- GANDINI, C. V.; SAMPAIO, F. A. C.; POMPEU, P. S. Hydropeaking effects of on the diet of a Neotropical fish community. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, p. 795-802, 2014.
- GARAVELLO, J. C.; REIS, S. F.; STRAUSS, R. E. Geographic variation in *Leporinus friderici* (Bloch) (Pisces: Ostariophysi: Anostomidae) from the Paraná-Paraguay and Amazon river basins. **Zoologica Scripta**, v. 2, p. 197-200, 1992.
- JEPSEN, D. B.; WINEMILLER, K. O.; TAPHORN, D. C. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. **Journal of Fish Biology**, v. 51, 1085-1108, 1997.
- JOHNSON, J. B.; OMLAND, K. S. Model selection in ecology and evolution. **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 19, p. 101-108, 2004.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE, D. P. (Org.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Canada: Canadian Journal of Fishers and Aquatic Sciences. 1989. p. 110-127.
- KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper & Row Publishers, 1989.
- LOPES, C. A.; BENEDITO-CECÍLIO, E.; AGOSTINHO, A. A. The reproductive strategy of *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae) in the Paraná river basin: the effect of reservoirs. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 255-266, 2000.
- MAZZONI, R.; MENDONÇA, R. S.; CARAMASCHI, E. P. Reproductive biology of *Astyanax janeiroensis* (Osteichthyes, Characidae) from de Ubatuba river, Maricá, RJ, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, 643-649, 2005.
- MENDONÇA, F. P.; HAHN, N. S.; LOUREIRO-CRIPPA, V. E. Feeding aspects of *Leporinus amblyrhynchus* (Characiformes: Anostomidae) in the first stages of formation of a Neotropical reservoir, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 2, p. 145-150, 2004.
- MIMS, M. C.; OLDEN, J. D. Fish assemblages respond to altered flow regimes via ecological filtering of the life history strategies. **Freshwater Biology**, v. 58, p. 50-62, 2013.

MORITA, K.; SUZUKI, T. Shifts os food habit and jaw position of white-spotted charr after damming. **Journal of Fish Biology**, v. 55, p. 1156-1162, 1999.

NAIMI, B.; HAMM, N. A. S.; GROEN, T. A.; SKIDMORE, A. K.; TOXOPEUS, A. G. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? **Ecography**, v. 37, p. 191-203, 2014.

NASCIMENTO, W. S.; ARAÚJO, A. S.; CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S. Reproductive strategy of *Leporinus piau* (Fowler, 1941), a Neotropical freshwater fish from the semi-arid region of Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, p. 877-880, 2013.

NIKOLSKY, G. V. **The ecology of fishes**. London: Academic Press, 1963.

OGLE, D. H. **FSA: Fisheries Stock Analysis**. R package version 0.8.17, 2017.

PEREIRA, L. S.; AGOSTINHO, A. A.; DELARIVA, R. L. Effects of river damming in Neotropical piscivorous and omnivorous fish: feeding, body condition and abundances. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, e150044, 2016.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECs, E.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-3, 2017. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 15 julho 2017.

PIANKA, E. R. **Evolutionary Ecology**. New York: Harper and Row Publishers, 1974.

PIANKA, E. R. Competition and niche theory. In: May, R. M. (Org.). **Theoretical Ecology: Principles and Applications**. Philadelphia: Blackwell Scientific, 1976. p. 114-141.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical comuting**. Viena. Retrieved from <<http://www.R-project.org>>. Acesso em 20 maio 2016.

RAMIREZ, J. L.; BIRINDELLI, J. L. O.; GALLETI-JR., P. M. A new genus of Anostomidae (Ostariophysi: Characiformes): Diversity, phylogeny and biogeography base don citogenetic, molecular and morphological data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 107, p. 308-323, 2017.

RAMOS, T. P. A.; RAMOS, R. T. C.; RAMOS, S. A. Q. A. Ichthyofauna of the Parnaíba river Basin, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, p. 1-8, 2014.

REZENDE, C. F.; LOBÓN-CERVIÁ, J.; CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. Trophic ecology of two benthivorous fishes in relation to drift and benthos composition in a pristine Serra do Mar stream (Rio de Janeiro, Brazil). **Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie**, v. 183, p. 163-175, 2013.

REZNICK, D.; BRYANT, M. J.; BASHEY, F. r and K selection revisited: the role of population regulation in life history evolution. **Ecology**, v. 83, p. 1509-1520, 2002.

RITCHER, B. D.; BAUMGARTNER, J. V.; POWELL, J.; BRAUN, D. P. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. **Conservation Biology**, v. 10, p. 1163-1174, 1996.

ROACH, K. A.; WINEMILLER, K. O.; DAVIS, S. E. Autochthonous production in shallow littoral zones of five floodplain rivers: Effects of flow, turbidity and nutrients. **Freshwater Biology**, v. 59, p. 1278-1293, 2014.

SCHAFFER, W. M. Selection for optimal life histories: the effects of age structure. **Ecology**, v. 55, 291-303, 1974.

SILVA, E. A.; STEWART, D. J. Reproduction, feeding and migration patterns of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, e160171, 2017.

STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of the ideas. **The Quarterly Review of Biology**, v. 51, p. 3-47, 1976.

STEARNS, S. C. **The Evolution of Life Histories**. London: Oxford University Press, 1992.

STEARNS, S. C. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. **Naturwissenschaften**, v. 87, p. 476-486, 2000.

STEARNS, S. C.; KOELLA, J. C. The evolution of Phenotypic Plasticity in Life-History: Predictions of Reaction Norms for Age and Size at Maturity. **Evolution**, v. 40, p. 893-913, 1986.

STEPHENS, D. W.; KREBS, J. R. **Foraging Theory**. Princeton: Princeton University Press, 1986.

TEDESCO, P. A.; HUGUENY, B.; OBERDORFF, T.; DÜRR, H. H.; MÉRIGOUX, S.; DE MÉRONA, B. River hydrological seasonality influences life history strategies of tropical riverine fishes. **Oecologia**, v. 156, p. 691-702, 2008.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. *In*: FONTAINE, T. D.; BARTHELL, S. M. (Org.). **Dynamics of lotic ecosystems**. Ann Arbor: Ann Arbor Scientific Publications, 1983. p. 347-356.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 10, p.159-168, 1995.

WEBER, A. A.; NUNES, D. M. F.; GOMES, R. Z.; RIZZO, E.; SANTIAGO, K. B.; BAZZOLI, N. Downstream impacts of a dam and influence of a tributary on the reproductive success of *Leporinus reinhardtii* in São Francisco River. **Aquatic Biology**, v. 19, p. 195-200, 2013.

WILLIS, S. C.; WINEMILLER, K. O.; LOPEZ-FERNANDEZ, H. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. **Oecologia**, v. 142, 284-295, 2005.

WINEMILLER, K. O.; ROSE, K. A. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 49, p. 2196-2218, 1992.

WOOTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. London: Chapman & Hall Pub, 1990.

ZHENG, Y.; NIU, J.; ZHOU, Q.; XIE, C.; KE, Z.; LI, D.; GAO, Y. Effects of resource availability and hydrological regime on autochthonous and allochthonous carbon in the food web of a large cross-border river (China). **Science of the Total Environment**, p. 501-512, 2018.

16 CONCLUSÕES

A primeira conclusão é que o ambiente à montante foi mais estável que à jusante, contrariando expectativas à priori. Uma das explicações para esse fato é que o efeito estabilizante provém do próprio lago da barragem, que deve atuar como um amortecedor do fluxo hídrico. Em outras palavras, o lago desacelera a vazão nesse trecho, tornando-o mais estável que na localidade à jusante. Outro motivo, apesar de não ter sido investigado nesse estudo, é a contribuição de um tributário à cerca de 25 km à jusante de Boa Esperança (rio Gurguéia) que no período chuvoso pode se configurar como importante contribuinte no que diz respeito à vazão, tornando-o menos estável quanto à cota e vazão.

Quanto à biologia trófica de *Leporinus piau*, conclui-se que o barramento secciona os itens alimentares e por algum motivo torna itens de origem animal mais disponíveis para a espécie. Isso se refletiu na composição da dieta registrada nas populações, onde à jusante foi mais rica taxonomicamente. Conclui-se também que a espécie apresenta tendência de especialização contrariando nossas expectativas quanto à estratégia adotada para essa finalidade. Como uma espécie pertencente à um grupo de peixes considerados onívoros, esperava-se que seu comportamento fosse mais generalista quanto à estratégia alimentar.

A biologia reprodutiva da espécie demonstrou os vários efeitos ocasionados pelo barramento: à montante, *L. piau* investe mais em crescimento corporal e retarda o tamanho de primeira maturação. Isso indica que a espécie reverte melhor a energia obtida na alimentação, atrasando a época reprodutiva em termos de tamanho alcançado. Já na população à jusante a espécie matura num menor tamanho corporal e não houve nenhum indicativo de sinalização ambiental para a reprodução, visto que o índice gonadossomático (I_G) apresentou vários picos ao longo do ciclo anual.

O efeito mais preocupante é a diminuição do tamanho corporal para um primeiro evento de maturação. Isso pode indicar que a espécie está sobexplorada, com seus estoques populacionais reduzidos. Essa fato se torna ainda mais preocupante quando as medidas protetivas adotadas podem ser ineficientes, tendo em vista que o período de defeso cobre uma pequena parte do ciclo anual.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO-JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. **Revista Unimar**, v. 14(Suplemento), p. 89-107, 1992.
- AGOSTINHO, A. A.; MENDES, V. P.; SUZUKI, H. I.; CANZI, C. Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 15(Suplemento), p.175-189, 1993.
- ARAÚJO, D. D. A.; OLIVEIRA, J. F.; COSTA, R. S.; NOVAES, J. L. C. Population structure and reproduction of a migratory fish *Leporinus piau* (Characiformes: Anostomidae) in a semiarid tropical reservoir, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 64, p. 1369-1381, 2016.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente e Recursos Naturais – Ibama. **Instrução normativa nº 40, de 18 de outubro de 2005**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/servicos-recursos-pesqueiros/defeso-aguas-continentais>>. Acesso em: 06 maio 2014.
- BRASIL. Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco e Parnaíba. **Descrição do Aproveitamento de Boa Esperança**. Recife, PE, 2017. Disponível em: <<http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/BoaEsperanca.aspx>> Acesso em 24 novembro 2017.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.
- FEITOSA, F. S.; LIMA, R. N.; PARANHOS, J. D. N. Levantamento da diversidade ictiológica do rio Parnaíba a partir dos conhecimentos de uma população ribeirinha em Floriano-PI. *In*: Lima, R. N.; Soares, R. R.; Paranhos, J. D. N. **Aspectos de pesquisas ictiológicas piauienses**. Teresina: Edufpi, 2012. p. 35-53.
- JUNK, W. J.; SOARES, M. G. M; CARVALHO, F. M. Distribution of fish species in a lake of the Amazon river floodplain near Manaus (Lago Camaleão) with special reference to extreme oxygen conditions. **Amazoniana**, v. 7, n. 4, p. 397-431, 1983.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *In*: DODGE, D. P. (Org.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 1989.
- JUNK, W. J. Wetlands of Tropical South America. *In*: WHIGHAM, D.; HEJNY, S.; DYKYJOVA, D. (Org.). **Wetlands of the world**. Boston: Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, 1993. p. 679-739.
- MONTENEGRO, A. K. A.; TORELLI, J. E. R.; MARINHO, R. S. A.; CRISPIM, M. C.; HERNANDEZ, M. I. M. Aspects of the feeding and population structure of *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Actinopterygii, Characiformes, Anostomidae) of Taperoá II Dam, semi arid region of Paraíba, Brazil. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p.101-110, 2010.

- RAMOS, T. P. A. **Ictiofauna de água doce da bacia do rio Parnaíba**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- RAMOS, T. P. A.; RAMOS, R. T. C.; RAMOS, S. A. Q. A. Ichthyofauna of the Parnaíba river basin, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2014.
- ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. *In*: LEAL, I. L.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: UFPE, 2003. p. 135-180.
- SAMPAIO, E. V.; SATO, Y. Aspectos reprodutivos de *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Osteichthyes, Anostomidae) da bacia do rio São Francisco, submetido à desova induzida. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 157-165, 2009.
- SILVA-FILHO, J. J.; NASCIMENTO, W. S.; ARAÚJO, A. S.; BARROS, N. H. C.; CHELLAPPA, S. Reprodução do peixe piau preto *Leporinus piau* (Fowler, 1941) e as variáveis ambientais do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte. **Biota Amazônia**, v. 2, n. 1, p. 10-21, 2012.
- STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of the ideas. **The Quarterly Review of Biology**, v. 51, n. 1, p. 3-47, 1976.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.
- WINEMILLER, K. O. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. **Oikos**, v. 63, n. 2, p. 318-327, 1992.

APÊNDICE

Tabela I. Cota e vazão média e pluviosidade acumulada registradas à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, durante dois ciclos hidrológicos anuais, de agosto de 2015 a julho de 2017. Dados obtidos da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf).

	Cota (m)		Vazão (m ³ /s)		Pluviosidade (mm)	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Ago	1.65	2.50	190.00	200.00	0	0
Set	1.61	2.65	170.00	226.43	0	0
Out	1.60	2.72	150.81	239.77	12	1
Nov	1.61	2.79	181.17	244.63	80	16
Dec	1.60	2.39	200.81	178.06	5	22
Jan	2.96	2.91	548.16	267.84	118	333
Fev	2.52	3.29	465.48	365.28	27	52
Mar	1.76	2.61	323.06	218.42	47	92
Abr	1.75	2.41	247.30	181.17	76	51
Mai	1.37	2.45	219.00	190.77	31	58
Jun	1.17	2.34	192.67	169.87	7	1
Jul	0.74	2.34	172.33	167.87	0	0
Ago	0.34	2.33	158.48	165.03	0	0
Set	0.24	2.35	153.00	169.20	60	41.1
Out	0.35	2.36	175.16	171.94	40	0
Nov	0.81	2.39	267.67	177.73	44	64.6
Dec	1.07	2.37	289.68	174.84	102	93
Jan	1.67	2.40	241.81	180.00	285.8	251.7
Fev	3.60	3.18	307.54	307.29	186.1	342
Mar	2.95	3.10	251.16	315.45	87.2	131.5
Abr	3.44	2.76	295.67	252.37	86	74.1
Mai	2.86	2.70	180.58	237.32	87.3	48
Jun	2.76	2.36	166.07	170.83	9.9	35.4
Jul	2.69	2.35	157.16	170.23	0	0
Max	3.60	3.29	548.16	365.28	285.80	342.00
Min	0.24	2.33	150.81	165.03	0.00	0.00
Média	1.80	2.58	237.70	214.26	57.97	71.18

Tabela II. Condutividades e suas respectivas médias registradas à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, durante dois ciclos hidrológicos anuais, de agosto de 2015 a julho de 2017.

	Montante				Jusante				
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média	
2015	Ago	16.30	18.20	17.35	17.28	21.16	20.15	18.98	20.10
	Set	15.90	17.60	18.40	17.30	21.15	20.17	19.04	20.12
	Out	19.00	17.20	16.00	17.40	21.12	21.01	18.21	20.11
	Nov	18.40	16.80	18.20	17.80	20.05	19.43	19.92	19.80
	Dez	18.20	17.00	18.20	17.80	20.00	19.55	19.91	19.82
2016	Jan	20.20	17.40	19.40	19.00	35.21	33.21	33.60	34.01
	Fev	20.20	17.80	22.10	20.03	35.75	35.14	37.20	36.03
	Mar	19.42	14.00	20.60	18.01	45.20	44.87	44.86	44.98
	Abr	18.20	14.60	18.40	17.07	23.89	28.34	25.82	26.02
	Mai	21.70	16.20	19.13	19.01	19.00	17.87	20.09	18.99
	Jun	17.20	17.30	19.55	18.02	38.62	37.00	41.45	39.02
	Jul	10.50	10.34	12.20	11.01	25.32	25.38	27.30	26.00
	Ago	10.25	9.50	10.30	10.02	25.43	22.33	24.30	24.02
	Set	10.32	9.64	10.14	10.03	24.67	25.08	25.43	25.06
	Out	20.40	21.70	23.90	22.00	28.01	28.32	27.72	28.02
	Nov	15.20	17.25	15.85	16.10	21.96	22.83	21.20	22.00
	Dez	19.06	17.31	17.68	18.02	21.87	22.77	21.23	21.96
2017	Jan	21.67	22.71	21.64	22.01	22.03	22.53	21.89	22.15
	Fev	27.85	27.47	28.78	28.03	23.87	25.32	23.04	24.08
	Mar	15.67	17.32	15.06	16.02	31.80	33.42	31.16	32.13
	Abr	17.83	18.47	17.69	18.00	36.72	35.03	36.32	36.02
	Mai	16.32	15.63	16.07	16.01	36.32	35.23	36.45	36.00
	Jun	14.14	13.98	13.89	14.00	34.87	33.96	33.14	33.99
	Jul	11.90	12.67	11.70	12.09	31.46	32.58	31.88	31.97

Tabela III. Oxigênio dissolvido e suas respectivas médias registradas à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, durante dois ciclos hidrológicos anuais, de agosto de 2015 a julho de 2017.

	Montante				Jusante				
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média	
2015	Ago	6.21	6.78	7.12	6.70	6.71	6.62	7.38	6.90
	Set	6.35	7.03	6.12	6.50	5.89	6.82	6.80	6.50
	Out	6.27	6.92	6.32	6.50	7.12	6.78	6.51	6.80
	Nov	6.34	6.82	6.67	6.61	6.86	6.97	6.88	6.90
	Dez	6.23	6.75	6.80	6.59	6.81	6.70	6.88	6.80
2016	Jan	7.12	7.34	7.54	7.33	6.87	7.96	8.28	7.70
	Fev	7.54	8.22	9.21	8.32	8.68	9.12	8.59	8.80
	Mar	9.61	9.72	10.54	9.96	4.23	6.06	5.01	5.10
	Abr	6.68	5.85	6.22	6.25	5.87	7.89	5.27	6.34
	Mai	6.82	6.82	6.77	6.80	7.25	5.23	6.56	6.35
	Jun	7.02	7.82	8.25	7.70	7.93	10.14	8.62	8.90
	Jul	4.89	5.95	6.95	5.93	6.34	5.50	5.27	5.70
	Ago	5.34	5.67	5.55	5.52	7.02	5.98	5.40	6.13
	Set	4.65	5.02	4.02	4.56	5.24	5.05	5.03	5.11
	Out	5.34	5.57	6.65	5.85	5.85	5.91	5.95	5.90
	Nov	5.12	5.31	5.18	5.20	4.98	4.73	4.70	4.80
	Dez	5.45	5.94	5.57	5.65	4.80	4.75	4.85	4.80
2017	Jan	5.45	5.26	5.39	5.37	4.34	4.76	4.39	4.50
	Fev	4.67	4.23	4.01	4.30	4.56	4.78	4.69	4.68
	Mar	4.86	5.50	4.82	5.06	4.31	4.11	4.18	4.20
	Abr	4.21	4.67	4.70	4.53	4.05	2.95	5.31	4.10
	Mai	4.98	4.12	4.34	4.48	3.21	3.85	3.15	3.40
	Jun	5.58	3.87	6.96	5.47	5.23	5.56	5.55	5.45
	Jul	5.72	5.98	5.88	5.86	5.87	5.80	5.54	5.74

Tabela IV. pH e suas respectivas médias registradas à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, durante dois ciclos hidrológicos anuais, de agosto de 2015 a julho de 2017.

	Montante				Jusante				
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média	
2015	Ago	6.78	5.74	6.68	6.40	6.34	6.36	6.35	6.35
	Set	6.34	6.98	6.19	6.50	6.32	6.32	6.55	6.40
	Out	6.32	6.87	6.66	6.62	6.77	6.79	6.85	6.80
	Nov	6.71	6.79	6.75	6.75	6.78	6.77	6.88	6.81
	Dez	6.62	6.67	7.12	6.80	6.55	6.58	6.67	6.60
2016	Jan	6.85	7.12	7.34	7.10	7.25	7.01	7.05	7.10
	Fev	6.43	6.57	6.50	6.50	5.80	7.24	7.67	6.90
	Mar	6.32	6.43	5.65	6.13	6.45	7.23	6.04	6.57
	Abr	6.75	6.76	6.89	6.80	5.78	7.35	6.87	6.67
	Mai	7.15	7.87	7.78	7.60	6.45	6.60	6.89	6.65
	Jun	6.34	6.78	5.47	6.20	6.23	5.78	5.99	6.00
	Jul	5.67	6.05	5.97	5.90	6.78	8.02	7.69	7.50
	Ago	7.71	6.34	5.78	6.61	7.21	6.95	7.00	7.05
	Set	6.43	6.34	6.42	6.40	6.11	6.25	6.24	6.20
	Out	6.77	6.98	6.60	6.78	6.53	6.93	6.98	6.81
	Nov	5.97	6.87	6.84	6.56	6.35	6.77	6.38	6.50
	Dez	6.23	5.93	5.99	6.05	6.03	6.34	6.22	6.20
2017	Jan	5.97	6.62	6.30	6.30	6.43	6.12	6.34	6.30
	Fev	6.54	6.44	6.52	6.50	6.26	6.73	6.34	6.44
	Mar	6.83	6.88	6.85	6.85	6.22	6.75	6.08	6.35
	Abr	6.58	6.34	6.52	6.48	5.85	6.34	6.29	6.16
	Mai	5.12	5.96	6.34	5.81	5.81	6.64	5.98	6.14
	Jun	6.81	6.77	6.89	6.82	7.04	7.06	7.45	7.18
	Jul	7.21	7.35	7.31	7.29	7.40	7.37	7.43	7.40

Tabela V. Temperatura e suas respectivas médias registradas à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, durante dois ciclos hidrológicos anuais, de agosto de 2015 a juho de 2017.

	Montante				Jusante				
	P1	P2	P3	Média	P1	P2	P3	Média	
2015	Ago	26.10	26.20	26.60	26.30	27.30	27.30	27.30	27.30
	Set	26.20	26.10	26.90	26.40	27.40	27.40	27.10	27.30
	Out	28.90	28.90	28.90	28.90	27.10	27.40	27.40	27.30
	Nov	30.10	30.10	30.10	30.10	30.20	30.20	30.20	30.20
	Dez	30.10	30.30	30.50	30.30	29.70	29.60	29.80	29.70
2016	Jan	30.20	30.30	30.10	30.20	30.20	30.20	30.20	30.20
	Fev	30.10	30.10	30.10	30.10	29.05	29.05	29.05	29.05
	Mar	32.00	32.00	32.00	32.00	32.80	32.80	32.80	32.80
	Abr	32.30	32.40	32.50	32.40	33.10	32.90	33.00	33.00
	Mai	28.34	28.45	28.58	28.46	29.72	29.98	29.73	29.81
	Jun	27.52	27.50	27.78	27.60	28.21	28.43	28.26	28.30
	Jul	25.75	26.04	25.94	25.91	27.25	27.31	27.26	27.27
	Ago	27.67	28.16	27.91	27.91	27.45	27.44	27.63	27.51
	Set	29.23	29.21	29.68	29.37	28.30	28.35	28.31	28.32
	Out	30.07	30.21	30.16	30.15	29.49	29.45	29.65	29.53
	Nov	28.26	28.11	28.05	28.14	29.88	30.28	29.75	29.97
	Dez	28.50	28.49	28.68	28.56	29.40	29.48	29.59	29.49
2017	Jan	28.21	28.15	28.33	28.23	28.44	28.75	28.25	28.48
	Fev	27.52	27.54	27.53	27.53	29.36	29.13	29.23	29.24
	Mar	29.14	29.15	29.13	29.14	29.08	29.30	29.19	29.19
	Abr	29.31	29.32	29.33	29.32	27.15	27.88	27.64	27.56
	Mai	28.52	28.58	28.57	28.56	29.22	29.54	29.18	29.31
	Jun	27.90	27.90	27.99	27.93	27.48	28.01	28.12	27.87
	Jul	26.97	27.12	27.21	27.10	28.48	28.32	28.11	28.30

Tabela VII. Quantidade de exemplares de *Leporinus piau* coletados à montante da Barragem de Boa Esperança, município de Uruçuí-PI, de agosto de 2015 a julho de 2017, com redes de espera; 1CH (1º ciclo hidrológico anual), 2CH (2º ciclo hidrológico anual).

	Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3			TOTAL	Seca	Cheia
	tam4	tam5	tam7	tam4	tam5	tam7	tam4	tam5	tam7			
ago	1	0	2	3	1	1	1	0	0	9		
set	2	0	0	1	1	2	0	0	1	7		
out	1	0	1	0	2	1	0	0	1	6		
nov	0	0	2	1	4	3	0	0	1	11		
dez	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3		
jan	0	1	0	2	2	2	0	0	0	7		
fev	0	0	1	2	1	0	1	0	0	5		
mar	1	0	0	3	0	1	2	0	0	7		
abr	2	0	2	2	1	1	0	0	0	8		
mai	0	1	2	1	0	0	0	1	0	5		
jun	0	0	3	1	1	2	0	0	1	8		
jul	2	0	0	1	2	2	0	0	1	8		
1CH	10	2	13	18	15	15	4	1	6	84	51	33
ago	0	2	0	2	1	0	0	1	1	7		
set	0	1	1	3	1	1	0	0	0	7		
out	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3		
nov	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3		
dez	1	0	1	3	1	0	0	0	0	6		
jan	0	1	0	2	1	2	1	1	2	10		
fev	1	0	1	4	2	0	0	0	0	8		
mar	0	3	2	3	3	0	0	1	0	12		
abr	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3		
mai	1	0	1	1	2	1	1	1	0	8		
jun	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2		
jul	0	1	1	0	0	1	1	0	2	6		
2CH	4	10	7	24	12	6	3	4	5	75	25	50
TOTAL	14	12	20	42	27	21	7	5	11	159	-	-

Tabela VIII. Quantidade de exemplares de *Leporinus piau* coletados à jusante da barragem de Boa Esperança, município de Floriano-PI, de agosto de 2015 a julho de 2017, com redes de espera; 1CH (1º ciclo hidrológico anual), 2CH (2º ciclo hidrológico anual).

	Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3			TOTAL	Seca	Cheia
	tam4	tam5	tam7	tam4	tam5	tam7	tam4	tam5	tam7			
ago	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4		
set	0	0	0	3	1	1	0	0	0	5		
out	2	0	1	5	1	0	0	1	0	10		
nov	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
dez	0	1	2	0	0	2	1	0	1	7		
jan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
fev	0	1	0	0	0	2	1	0	3	7		
mar	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2		
abr	1	0	0	0	0	1	0	0	2	4		
mai	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
jun	1	1	0	3	5	1	0	0	0	11		
jul	1	0	1	5	2	0	0	0	0	9		
1CH	7	3	4	19	9	10	2	2	6	62	44	18
ago	0	0	1	1	4	0	0	0	0	6		
set	2	2	0	2	6	0	2	1	0	15		
out	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3		
nov	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2		
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
jan	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2		
fev	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
mar	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2		
abr	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3		
mai	0	3	0	3	1	0	3	2	0	12		
jun	0	1	0	0	5	1	0	1	0	8		
jul	1	3	0	1	2	1	0	0	0	8		
2CH	3	9	1	12	24	3	5	5	0	62	40	22
TOTAL	10	12	5	31	33	13	7	7	6	124	-	-

Tabela IX. Quantidade de exemplares de *Leporinus piau* coletados à montante da barragem de Boa Esperança, município de Uruçuí-PI de agosto de 2015 a julho de 2017 com tarrafa; 1CH (1º ciclo hidrológico anual), 2CH (2º ciclo hidrológico anual).

	Ponto 1					Ponto 2					Ponto 3					TOTAL	Seca	Cheia
	t1	t2	t3	t4	t5	t1	t2	t3	t4	t5	t1	t2	t3	t4	t5			
ago	2	1	0	0	1	2	3	1	2	1	1	0	1	0	1	16		
set	1	0	1	2	0	3	6	3	0	2	0	1	0	1	0	20		
out	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	5		
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
abr	0	1	0	0	0	0	0	4	3	2	1	0	0	0	0	11		
mai	1	1	1	1	2	4	3	1	1	3	0	1	0	0	1	20		
jun	0	1	1	1	2	1	3	2	0	1	1	0	0	1	1	15		
jul	1	0	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	0	9		
1CH	6	4	3	4	5	11	17	12	9	11	4	2	2	3	3	96	96	0
ago	1	0	1	1	1	4	3	4	4	1	1	2	1	1	1	26		
set	0	1	1	2	0	2	2	3	3	2	1	1	1	2	0	21		
out	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5		
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3		
abr	0	1	0	0	0	3	2	0	3	0	0	1	0	0	0	10		
mai	1	0	1	1	2	4	1	3	2	2	1	1	1	1	2	23		
jun	1	1	1	2	1	3	2	3	2	3	1	1	2	0	2	25		
jul	1	1	1	0	1	4	2	2	4	2	1	1	1	1	1	23		
2CH	5	4	5	6	5	23	12	15	21	10	5	7	6	5	7	136	133	3
TOTAL	11	8	8	10	10	34	29	27	30	21	9	9	8	8	10	232	-	-

Tabela X. Quantidade de exemplares de *Leporinus piau* coletados à jusante da barragem de Boa Esperança, município de Floriano-PI, de agosto de 2015 a julho de 2017 com tarrafa; 1CH (1º ciclo hidrológico anual), 2CH (2º ciclo hidrológico anual).

	Ponto 1					Ponto 2					Ponto 3					TOTAL	Seca	Cheia
	t1	t2	t3	t4	t5	t1	t2	t3	t4	t5	t1	t2	t3	t4	t5			
ago	0	1	0	1	0	1	2	0	2	0	0	1	1	1	1	11		
set	1	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	9		
out	1	0	0	0	0	3	2	0	1	2	0	0	1	1	0	11		
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
abr	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	4		
mai	1	0	0	2	0	1	2	3	1	0	0	0	0	1	0	11		
jun	0	1	1	2	0	3	2	1	1	1	0	0	1	1	0	14		
jul	0	0	2	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0	1	0	10		
1CH	3	2	4	6	0	12	11	7	8	5	0	2	4	5	2	71	70	1
ago	0	0	0	1	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	7		
set	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	4		
out	1	0	0	0	1	1	2	0	0	2	0	0	0	0	1	8		
nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
mai	1	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	6		
jun	0	1	1	1	0	2	2	1	1	1	0	0	0	2	1	13		
jul	0	0	2	1	0	1	2	2	1	2	0	0	0	1	1	13		
2CH	2	1	3	4	1	6	7	6	5	7	0	0	1	5	3	51	45	6
TOTAL	5	3	7	10	1	18	18	13	13	12	0	2	5	10	5	122	-	-

Tabela XI. Quantidade de exemplares de *Leporinus piau* coletados à jusante da barragem de Boa Esperança, município de Floriano-PI, de novembro de 2015 a julho de 2017 com armadilha de garrafa pet; 1CH (1º ciclo hidrológico anual), 2CH (2º ciclo hidrológico anual).

	P1	P2	P3	TOTAL	Seca	Cheia
ago	0	0	0	0		
set	0	0	0	0		
out	0	0	0	0		
nov	7	9	4	20		
dez	4	7	5	16		
jan	4	7	2	13		
fev	0	8	3	11		
mar	2	5	1	8		
abr	0	0	0	0		
mai	0	0	0	0		
jun	0	0	0	0		
jul	0	0	0	0		
1CH	17	36	15	68	0	68
ago	0	0	0	0		
set	0	0	0	0		
out	4	9	2	15		
nov	5	11	6	22		
dez	3	8	4	15		
jan	4	10	6	20		
fev	6	8	2	16		
mar	5	3	0	8		
abr	0	0	0	0		
mai	0	0	0	0		
jun	0	0	0	0		
jul	0	0	0	0		
2CH	27	49	20	96	15	81
TOTAL	44	85	35	164	-	-

Tabela XII. Quantidade total de fêmeas, machos e juvenis de *Leporinus piau* coletados à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, de agosto de 2015 a julho de 2017.

	Montante				Jusante				
	fêmea	macho	juvenil	Total	fêmea	macho	juvenil	Total	
Seca 1	ago	0	0	0	0	0	0	0	
	Set	12	9	0	21	10	6	3	19
	out	3	2	0	5	4	7	10	21
	Abr	11	13	0	24	2	5	16	23
	mai	4	5	10	19	9	8	3	20
	jun	10	8	1	19	0	0	20	20
	jul	10	10	3	23	7	6	7	20
	50	47	14	111	32	32	59	123	
Cheia 1	nov	4	2	0	6	11	11	0	22
	dez	5	7	1	13	1	15	1	17
	jan	4	8	2	14	5	14	1	20
	fev	8	9	0	17	11	8	0	19
	mar	6	11	2	19	0	0	0	0
	27	37	5	69	28	48	2	78	
Seca 2	ago	8	7	6	21	2	2	16	20
	set	5	6	9	20	2	3	9	14
	out	5	4	9	18	3	6	11	20
	jun	6	6	8	20	10	9	0	19
	jul	5	7	5	17	2	5	13	20
	29	30	37	96	19	25	49	93	
Cheia 2	nov	0	7	13	20	2	5	6	13
	dez	2	3	7	12	7	7	7	21
	jan	6	7	3	16	10	8	2	20
	fev	5	6	4	15	6	10	1	17
	mar	7	6	1	14	3	3	14	20
	abr	7	6	5	18	5	2	0	7
mai	4	6	10	20	7	7	4	18	
	31	41	43	115	40	42	34	116	

Tabela XIII. Quantidade de indivíduos de *Leporinus piau* com estômagos analisados para verificação da dieta da espécie à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, de setembro de 2015 a julho de 2017; (0-100% = repleção dos estômagos).

	Montante						Jusante					
	0%	25%	50%	75%	100%	Total	0%	25%	50%	75%	100%	Total
ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set	3	6	0	1	1	11	4	4	2	1	0	11
out	1	1	0	0	0	2	5	3	2	3	0	13
abr	3	3	2	0	2	10	2	0	0	0	2	4
mai	4	2	0	0	0	6	5	1	0	0	0	6
jun	2	4	1	0	0	7	1	3	1	0	0	5
jul	1	2	4	4	0	11	5	0	1	1	1	8
1ª seca	14	18	7	5	3	47	22	11	6	5	3	47
nov	1	1	0	0	0	2	1	2	5	3	1	12
dez	0	0	2	1	0	3	1	1	1	0	2	5
jan	1	1	1	0	0	3	1	3	3	2	0	9
fev	0	0	1	0	4	5	0	0	0	3	0	3
mar	4	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0
1ª cheia	6	2	4	2	4	18	3	6	9	8	3	29
ago	0	2	2	1	0	5	1	0	1	0	3	5
set	0	0	7	11	2	20	2	6	3	3	0	14
out	11	3	2	0	2	18	1	1	8	4	6	20
jun	6	9	4	1	0	20	16	2	1	0	0	19
jul	13	2	2	0	0	17	5	11	2	2	0	20
2ª seca	30	16	17	13	4	80	25	20	15	9	9	78
nov	0	2	4	12	2	20	2	1	1	6	3	13
dez	3	1	2	3	3	12	10	8	2	1	0	21
jan	3	2	5	5	1	16	10	3	3	4	0	20
fev	6	3	2	4	0	15	3	6	6	2	0	17
mar	10	2	2	0	0	14	4	8	7	1	0	20
abr	7	5	1	4	1	18	2	5	0	0	0	7
mai	11	8	1	0	0	20	8	4	4	2	0	18
2ª cheia	40	23	17	28	7	115	39	35	23	16	3	116
Total	260						270					
Total Geral	530											

Tabela XIV. Frequência relativa (%Fi) e Volume relativo (%V) dos itens alimentares de *Leporinus piau* registrados à montante da barragem de Boa Esperança, município de Uruçuí-PI.

	Seca 15/16		Cheia 15/16		Seca 16/17		Cheia 16/17	
	%Fi	%V	%Fi	%V	%Fi	%V	%Fi	%V
<i>Clorophyta</i>								
Alga verde	2.17	0.54	8.00	4.57	4.94	3.39	6.35	2.32
<i>Lignophyta</i>								
Semente Poacea	34.78	33.32	32.00	78.78	17.28	27.96	24.60	36.54
Restos Fruta	4.35	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	1.88
Fragmentos Vegetais	8.70	15.66	12.00	0.76	27.16	28.57	8.73	7.53
Folhas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.46
<i>Nemaelminthes</i>								
Nematodea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.20
<i>Arthropoda</i>								
Arachnida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.06
Insecta								
Fragmento insetos	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	0.34	0.00	0.00
Larvas insetos	0.00	0.00	4.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.12	1.59	0.06
Trichoptera	0.00	0.00	4.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	7.85
Isopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.03
Crustacea	0.00	0.00	4.00	0.05	0.00	0.00	0.79	0.29
<i>Chordata</i>								
<i>Actinopterygii</i>								
Escamas	6.52	0.17	12.00	0.62	3.70	0.19	7.14	0.55
Ossos Peixes	0.00	0.00	8.00	0.81	0.00	0.00	2.38	0.49
Characiformes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.61
Músculo	2.17	0.54	4.00	1.06	7.41	3.39	16.67	17.10
<i>Outros</i>								
Matéria orgânica não identificada	39.13	45.50	12.00	12.31	34.57	35.93	22.22	19.88
Sedimento	2.17	1.61	0.00	0.00	1.23	0.10	0.79	0.14
Total de itens	8		10		9		17	

Tabela XV. Frequência relativa (%Fi) e Volume relativo (%V) dos itens alimentares de *Leporinus piau* registrados à jusante da barragem de Boa Esperança, município de Florianópolis.

	Seca 15/16		Cheia 15/16		Seca 16/17		Cheia 16/17	
	%Fi	%V	%Fi	%V	%Fi	%V	%Fi	%V
<i>Chlorophyta</i>								
Alga verde	7.89	5.48	25.93	59.17	2.41	0.82	6.11	0.07
<i>Lignophyta</i>								
Semente Poacea	23.68	20.55	16.67	6.88	30.12	58.94	29.01	98.54
Restos Fruta	2.63	1.26	1.85	0.81	0.00	0.00	0.76	0.01
Fragmentos Vegetais	7.89	6.11	5.56	1.15	15.66	9.02	5.34	0.14
Folhas	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.16	1.53	0.00
Hydrocharytaceae	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	2.62	0.00	0.00
<i>Nemathelminthes</i>								
Nematodea	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61	1.48	0.76	0.04
<i>Arthropoda</i>								
Insecta								
Fragmento insetos	2.63	0.01	7.41	1.18	1.20	0.33	3.05	0.02
Larvas insetos	0.00	0.00	1.85	0.00	1.20	0.16	1.53	0.02
Diptera (Stratiomyidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.03
Diptera (Simulidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.01
Ephemeroptera 1	0.00	0.00	0.00	0.00	10.84	7.05	0.76	0.01
Ephemeroptera (Baetidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	1.48	0.00	0.00
Coleoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	0.03
Trichoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.33	3.05	0.05
Hymenoptera	0.00	0.00	1.85	0.05	0.00	0.00	2.29	0.02
Plecoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.01
Lepdoptera	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	1.97	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.98	0.00	0.00
Isopoda	2.63	0.84	1.85	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Crustacea	2.63	0.21	1.85	0.08	2.41	0.39	1.53	0.07
Decapoda	7.89	18.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.02
<i>Chordata</i>								
<i>Actinopterygii</i>								
Escamas	2.63	0.42	7.41	0.64	2.41	0.52	5.34	0.07
Ossos Peixes	2.63	4.21	0.00	0.00	2.41	2.95	0.00	0.00
Músculo	7.89	17.28	11.11	6.02	8.43	3.90	13.74	0.44
<i>Outros</i>								
Matéria orgânica não identificada	28.95	24.65	16.67	23.91	8.43	6.72	16.03	0.38
Sedimento	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.16	3.05	0.03
Total de itens	12		12		19		21	

Tabela XVI. Proporção sexual de *Leporinus piau* registrados à montante e jusante da barragem de Boa Esperança, no médio rio Parnaíba, entre agosto de 2015 e julho de 2017.

Período	Montante			Jusante		
	χ^2	GL	<i>P</i> valor	χ^2	GL	<i>P</i> valor
Seca 1	35	30	0.2426	28	20	0.1094
Cheia 1	15	12	0.2414	15	12	0.2414
Seca 2	3.33	4	0.50	10	8	0.265
Cheia 2	14	10	0.173	35	25	0.0882