

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E  
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

CAROLA GUTFREUND

EFETIVIDADE DA ESCADA PARA PEIXES DE UMA BARRAGEM NO RIO  
PARANÁ PARA DUAS ESPÉCIES MIGRADORAS NEOTROPICAIS

CASCAVEL-PR

ABRIL/2017

CAROLA GUTFREUND

EFETIVIDADE DA ESCADA PARA PEIXES DE UMA BARRAGEM NO RIO  
PARANÁ PARA DUAS ESPÉCIES MIGRADORAS NEOTROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Maristela Cavicchioli Makrakis

Co-orientador: Ph.D. Theodore Castro-Santos

CASCADEL-PR

ABRIL/2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G993e

Gutfreund, Carola

Efetividade da escada para peixes de uma barragem no Rio Paraná para duas espécies migradoras neotropicais. / Carola Gutfreund. Cascavel, 2017. 33 f.

Orientadora: Profª. Drª. Maristela Cavicchioli Makrakis  
Coorientador: Prof. Dr. Theodore Castro-Santos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2017.

Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais

1. Peixe. I. Makrakis, Maristela Cavicchioli Makrakis. II. Castro-Santos, Theodore. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 597  
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 9ª/965



## Dedicatória

Ao meu marido Rafael, meus pais Josef e Marlene e minhas irmãs Nicole e Manuela pela compreensão, apoio e companheirismo em todos os momentos.

“ O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes ”.

Cora Coralina

## AGRADECIMENTOS

*Nesta página muito especial, gostaria de expressar meus eternos agradecimentos a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente nessa jornada.*

*Primeiramente gostaria de agradecer à Deus e as forças superiores do universo pela nossa existência e capacidade intelectual.*

*À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis pela orientação neste trabalho. Pela imensa dedicação, paciência, apoio, confiança e ajuda em todas as horas.*

*À meu co-orientador Prof. Ph.D Theodore Castro-Santos pela dedicação, paciência e ajuda na elaboração dos gráficos e análise estatística.*

*Ao Prof. Dr. Sergio Makrakis, que me incentivou a continuar e não desistir mesmo sabendo que estaria longe.*

*À meu grande amigo biólogo Msc. Leandro Fernandes Celestino que foi fundamental para a realização deste trabalho.*

*À meus pais Marlene e Josef, minhas irmãs Nicole e Manuela, que acreditaram em mim, sempre me apoiando nos momentos difíceis e me incentivando continuar a lutar. A vocês todo meu amor e gratidão.*

*À meu marido Rafael, pelo grande amor, amizade e companheirismo em todas as horas. Sempre me incentivando a seguir em frente e me apoiando nos momentos difíceis.*

*À CESP - Companhia Energética de São Paulo, pela oportunidade oferecida para a realização da pesquisa;*

*Ao GETECH – Grupo de Pesquisa em Tecnologia em Ecohidráulica e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos, Unioeste – Toledo/PR, pela oportunidade de trabalho e apoio.*

*Aos colegas e amigos do GETECH que de uma ou outra forma contribuíram para a realização deste trabalho;*

*Ao programa de Pós-graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais/  
UNIOESTE.*

*Ao S.O. Conte Anadromous Fish Research Center – U.S. Geological Survey  
(USGS) por terem me recebido de braços abertos. Pela oportunidade de trabalho e  
apoio.*

*Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho  
e minha formação acadêmica. Sou muito grata a cada um de vocês.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1 <i>ÁREA DE ESTUDO</i> .....	4
2.2 <i>AMOSTRAGEM</i> .....	5
2.3 <i>ANÁLISE DE DADOS</i> .....	7
3. RESULTADOS.....	8
4. DISCUSSÃO .....	14
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

## RESUMO

As grandes hidrelétricas ao longo do Rio Paraná têm causado impactos severos nas comunidades de peixes, pois representam obstáculos para as espécies migradoras de longa distância, que precisam migrar para completar seu ciclo de vida. As barragens podem trazer inúmeros problemas por meio da intercepção das rotas migratórias e redução das áreas de desova. As medidas mais comuns utilizadas para mitigar o efeito desses obstáculos físicos é a implementação de escadas para peixes. Não é somente importante a implementação dessas estruturas, como também o monitoramento. Esse estudo realizado na escada para peixes da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta no alto Rio Paraná no período de dezembro/2012 a março/2016 teve como objetivo avaliar a efetividade dessa estrutura em relação a taxa de atratividade e eficiência de passagem para duas espécies de peixes migradores neotropicais. No total, foram marcados e liberados 563 peixes do gênero *Leporinus* (447 *Leporinus obtusidens* e 116 *Leoporinus piavussu*) com a implantação de transponders com códigos programáveis (PIT-tags) de 32 mm. Foi utilizado o sistema de rádio frequência (RFID *Radio Frequency Identification*) para o monitoramento do sistema. A atratividade da escada foi de 8,7%. O tempo mínimo para encontrar a escada correspondeu a 1,49 dias para os peixes liberados a montante e o tempo máximo foi de 449,86 dias para os indivíduos liberados a jusante. O local de liberação influenciou significativamente a taxa de entrada dos peixes liberados na margem oposta do rio, sendo que nenhuma detecção foi observada para peixes liberados na margem direita, tanto a jusante como a montante. Foram detectados apenas os peixes liberados na mesma margem onde a escada para peixes está localizada, sugerindo baixa atratividade da escada para as espécies analisadas. No decorrer deste estudo verificou-se que para as duas espécies estudadas seria extremamente importante aumentar a atratividade na entrada da escada, como também a construção de uma segunda escada para peixes no lado direito do rio.

**PALAVRAS-CHAVE:** ATRATIVIDADE, ESCADA PARA PEIXES, IMPACTOS, MIGRAÇÃO, PIT-TAGS.

## EFFECTIVENESS OF THE FISH LADDER AT A DAM IN THE PARANÁ RIVER FOR TWO NEOTROPICAL MIGRATORY SPECIES

### ABSTRACT

Large hydroelectric dams along the Paraná River have caused severe impacts on fish communities as they represent obstacles to long-range migratory species that need to migrate to complete their life cycle. Dams can bring numerous problems through the interception of migratory routes and reduction of spawning areas. The most common measures used to mitigate the effect of these physical obstacles is the implementation of fish ladders. It is not only important to implement these structures, but also to monitor them. This study was performed at the Engenheiro Sergio Motta Hydroelectric Power plant in the Upper Paraná River during December/2012 and March/2016. The aim of it was to evaluate the effectiveness of this structure in relation to the attractiveness rate and passage efficiency of two Neotropical fish species in the fish ladder. In total, 563 fish of genus *Leporinus* (447 *Leporinus obtusidens* and 116 *Leporinus piavussu*) were tagged and released with the implementation of 32-mm programmable transponders (PIT-tags). Radio Frequency Identification (RFID) was used to monitor the system. The attractiveness of the ladder was 8.7%. The minimum time to find it was 1.49 days for the fish released upstream and the maximum time was 449.86 days for the individuals released downstream. The release site had a significant influence on the entry rate of fish released on the other side of the river. No detection was observed for fish released downstream and upstream on the right bank of the river. Only the fish released on the same site where the fish ladder is located were detected, suggesting low attractiveness of the ladder in relation to the studied species. In the course of this study it was verified that for the two species studied it would be extremely important to increase the attractiveness at the entrance of the ladder, as well as to build a second ladder for fish on the right side of the river.

KEY WORDS: ATTRACTIVENESS, FISH LADDER, IMPACTS, MIGRATION, PIT-TAGS.

## 1. Introdução

A riqueza de peixes no Alto Rio Paraná é elevada, com uma estimativa de 310 espécies, distribuídas em 11 ordens e 38 famílias (Agostinho *et al.*, 2008; Langeani *et al.*, 2007). Dentre essas espécies, 15-20 são migratórias de longa distância (Agostinho *et al.*, 2003; Makrakis *et al.*, 2012; Suzuki *et al.*, 2004). A maioria dos peixes migratórios atingem um grande porte, são mais abundantes em rios não danificados e os mais importantes na pesca recreativa no Brasil (Godinho & Kynard, 2009). Porém, sua população tem sido reduzida ou dizimada pelo grande número de barragens construídas na segunda metade do século XX (Agostinho *et al.*, 2007).

As grandes hidrelétricas ao longo do Rio Paraná têm causado impactos severos nas comunidades de peixes (Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2007), especialmente em espécies migradoras de longa distância, por meio da intercepção das rotas migratórias dos peixes e redução das áreas de desova (Agostinho *et al.*, 2007). Isso impacta negativamente o recrutamento anual de populações (Antonio *et al.*, 2007). Além disso, as barragens também transformam ambientes lóticos a montante de barragens em lênticos (Agostinho *et al.*, 2008; Jackson, 2001; Lucas & Baras, 2001; Miranda, 2001) e muitas vezes limitam ou impedem a conectividade longitudinal (Lucas & Baras, 2001). Outros problemas causados por barragens são o aumento na predação, assim como atrasos na migração (Larinier, 2001). Mesmo assim, os rios neotropicais como o Rio Paraná, estão sendo cada vez mais regulados por barragens (Assumpção *et al.*, 2012) como consequência do desenvolvimento de energia hidrelétrica (Lucas & Baras, 2001; Santos *et al.*, 2007).

As ações de gestão tomadas para minimizar os impactos das barragens sobre as espécies migradoras em sistemas fluviais incluem a construção de passagens para peixes (Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2008; Clay, 1995; Larinier, 2001; Santos *et al.*, 2007). Escadas para peixes são as medidas mais comuns implementadas para mitigar o efeito de obstáculos físicos na passagem a montante (Lucas & Baras, 2001). Elas devem fornecer rotas de passagem que são seguras e eficazes (Castro-Santos & Haro, 2010), tendo como princípio a atração de peixes migradores para um ponto específico no rio abaixo ou acima de uma

obstrução, e induzindo ou mesmo forçando os peixes para passar a montante ou a jusante através da passagem artificial (Larinier, 2001; Larinier & Marmulla, 2003; Makrakis *et al.*, 2011).

No período reprodutivo, que ocorre nos meses de verão, quando os níveis de precipitação pluviométrica e do rio são mais altos, algumas espécies de peixes se locomovem a montante em busca de ambientes adequados para a desova (Antonio *et al.*, 2007), e no alto Rio Paraná os peixes necessitam passar por uma ou mais passagens para peixes durante a migração (Silva *et al.*, 2014). O movimento geralmente ocorre a montante (Lucas & Baras, 2001; Makrakis *et al.*, 2012), embora os adultos tendem a migrar de volta aos seus habitats a jusante (Agostinho *et al.*, 2003).

Um peixe migrador de longas distâncias, que realiza migrações ascendentes uma vez por ano para atingir os locais de desova (Oldani *et al.*, 1992) é a piapara (Makrakis *et al.*, 2012). É um peixe nativo (Radünz Neto *et al.*, 2006), de piracema (Andrade, 2009), e de grande importância econômica nas bacias hidrográficas do Sul do Brasil (Leal *et al.*, 2014; Radünz Neto *et al.*, 2006). Se reproduz de novembro a janeiro/fevereiro (Agostinho *et al.*, 2003; Andrade, 2009) durante o período de cheia, que ocorre durante novembro/ dezembro a abril / maio no Rio Paraná (Agostinho, 2004). Atinge a primeira maturação a 27 cm e chega a um comprimento máximo de 61 cm (Agostinho *et al.*, 2003). Essa espécie pode sofrer com os impactos negativos causados pelas barragens em seu habitat natural no sul e sudeste do Brasil (Gluszczak *et al.*, 2006) quando esses obstáculos impedem que a espécie chegue nos locais de desova, comprometendo assim sua reprodução.

A efetividade das passagens para peixes, quer na restauração da conectividade, encontrando habitat viável ou mantendo a diversidade genética, só pode ser entendida documentando a sua eficiência (Wagner *et al.*, 2012). Vazão, velocidade da água, declividade, temperatura, turbidez (Aarestrup, 2003), quantidade de detritos (Lucas & Baras, 2001), tamanho e espécies de peixes para os quais a passagem é projetada são parâmetros que afetam a eficiência da passagem para peixes (Aarestrup, 2003). Dois aspectos são considerados cruciais para determinar o sucesso de passagem através de um sistema particular de passagem para peixes: primeiro, se o peixe consegue encontrar o sistema e, segundo, se o peixe passará por todo o sistema (Aarestrup, 2003). Isso significa

que a eficiência também depende da atratividade da estrutura para os peixes (Lucas & Baras, 2001).

Somente algumas das várias passagens em rios da América do Sul foram monitoradas ou avaliadas (Wagner, *et al.*, 2012). Os poucos estudos que avaliaram passagens para peixes indicaram problemas relacionados ao seu funcionamento (Pompeu *et al.*, 2012). As escadas para peixes não constituem uma solução que pode ser aplicada a todos os problemas gerados pelos represamentos à população de peixes migradores neotropicais (Fernandez *et al.*, 2004).

No Brasil, as escadas para peixes construídas recentemente em grandes barragens ainda geram controvérsias (Agostinho *et al.*, 2002). Apesar dos conhecimentos ainda serem escassos e incompletos, os resultados indicam que as passagens Brasileiras, as quais são baseadas em modelos Norte-americanos para salmonídeos, não são apropriadas (Agostinho, *et al.*, 2008). O foco principal das escadas Brasileiras tem sido em fornecer acesso a montante aos peixes migradores adultos (Agostinho *et al.*, 2008; Pompeu *et al.*, 2009) e uma atenção muito pequena tem sido dada aos movimentos a jusante (Pompeu *et al.*, 2009). Não há nenhum estudo que avalia a influência dos peixes ascendentes nos estoques a montante e a jusante (Agostinho *et al.*, 2003).

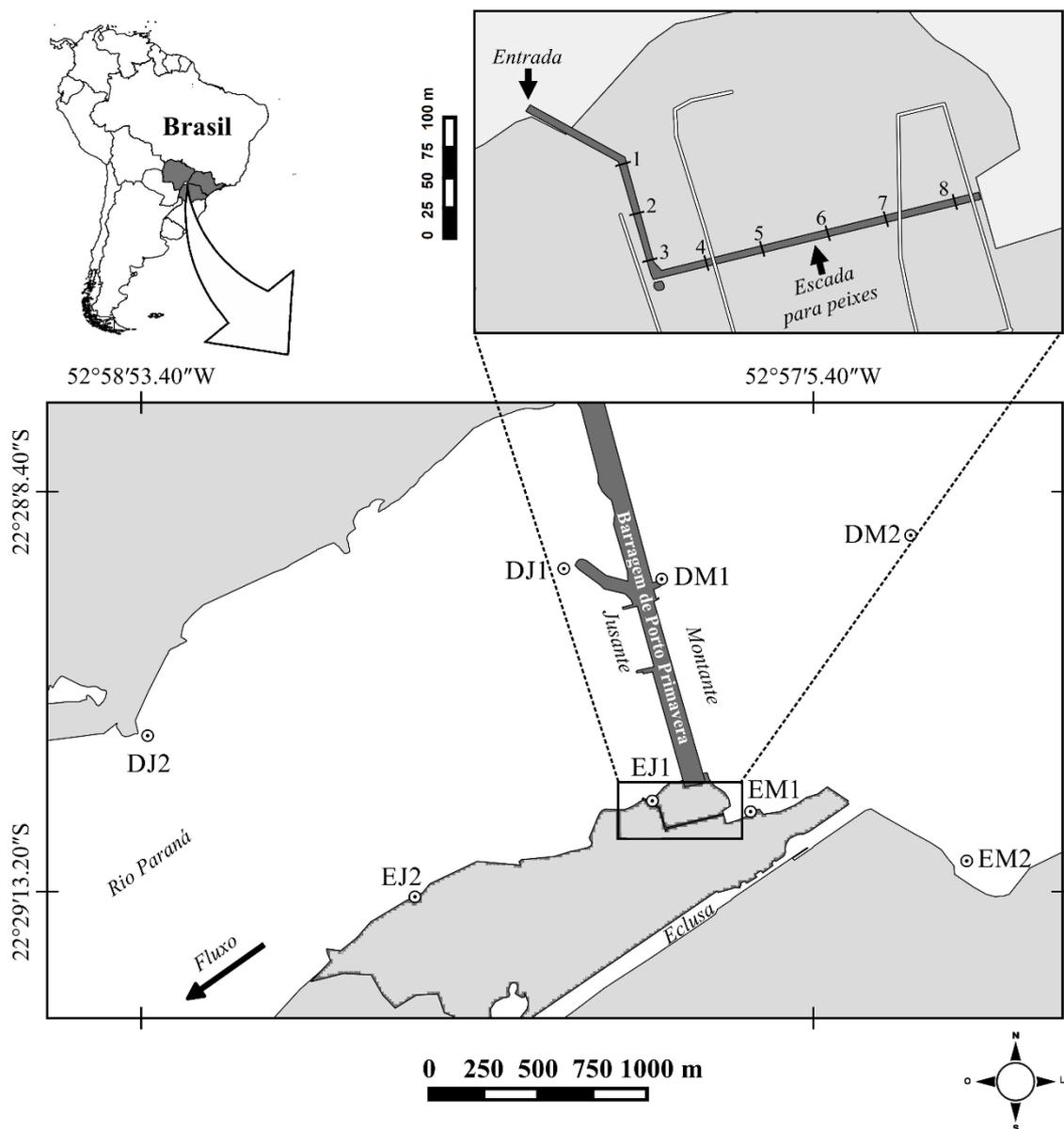
Considerando que a construção de barragens reduziu severamente o movimento de espécies de peixes migradores de longa distância no Rio Paraná (Fontes Júnior *et al.*, 2012; Wagner *et al.*, 2012), este estudo teve como objetivo principal avaliar a efetividade da escada para peixes da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sergio Motta, Alto Rio Paraná, em relação ao desempenho da passagem de duas espécies migradoras: *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1836), e *Leoporinus piavussu* (Britski, Birindelli & Garavello, 2012). Especificamente, pretende-se avaliar as seguintes questões: i) existem diferenças na atratividade da escada para as espécies estudadas em relação ao local de soltura (margem direita e esquerda do rio)? ii) os movimentos na escada para peixes são bidirecionais? iii) há diferenças no tamanho dos indivíduos que entraram na estrutura e obtiveram sucesso na passagem em relação àqueles que não tiveram êxito?

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

A bacia do rio Paraná possui uma área de drenagem de  $28 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, a segunda maior da América do Sul, drenando a região sul-central do continente desde os Andes até a Serra do Mar perto do Oceano Atlântico. Desde sua nascente na plataforma central até sua vertente no estuário La Plata, esse rio percorre 4.495 km (Agostinho *et al.*, 2000). Possui mais do que 130 barragens (>10m altura) (Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2007; Makrakis *et al.*, 2011), sendo o sistema mais regulado por barragens na América do Sul (Silva *et al.*, 2014). Itaipu, Porto Primavera, Jupia', Ilha Solteira e Yacyreta são grandes reservatórios (barragens>20m altura) localizados no canal principal do rio (Makrakis *et al.*, 2011).

Este estudo foi conduzido na escada para peixes (**Fig. 1**) da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, conhecida como Porto Primavera, pertencendo a Companhia Energética de São Paulo (CESP). O Reservatório Porto Primavera é o maior do Rio Paraná e drena uma bacia de 572.480 km<sup>2</sup>. A barragem tem 11,4 km de comprimento, 22 m de altura e possui 16 vertedouros de superfície, com capacidade de descarga de até  $53.600 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (Shibatta & Dias, 2006). Está localizada no canal principal do Rio Paraná, ao longo da fronteira entre São Paulo e Mato Grosso do Sul, Brasil. A escada para peixes do tipo degraus tanques com orifícios foi construída no lado esquerdo da barragem, permitindo com que os peixes cheguem ao reservatório (Makrakis *et al.*, 2007). Ela tem 520 m de comprimento e a sua extremidade superior fica ao lado do reservatório, a uma elevação de 255,5 m (entrada de água), enquanto a extremidade inferior está a uma elevação de 235,5 m, entrando no Rio Paraná em um ângulo de 45°. Cinquenta tanques de concreto com espaçamento de 8 m entre si formam a escada, e cada tanque tem 5 m de largura x 2 m de altura. A entrada de água na escada é regulada por uma abertura fixa, sendo que o fluxo varia de 3,0 a  $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e é determinado pelo nível da água (Wagner *et al.*, 2012).



**Fig. 1** Vista da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, Alto Rio Paraná, destacando as áreas de montante / jusante, locais de soltura dos peixes e a escada para peixes.

## 2.2 Amostragem

Durante o período de dezembro de 2012 a dezembro de 2013 e outubro de 2015 a março de 2016, um total de 563 peixes do gênero *Leporinus* (447 *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1836) e 116 *Leporinus piavussu* Britski, Birindelli & Garavello, 2012) foram marcados e liberados.

Os peixes foram capturados com tarrafas (malha de 13 cm entre nós

adjacentes) e varas de pesca, a montante e a jusante da barragem (**Fig. 2a**). Primeiramente os peixes foram pesados, medidos (comprimento padrão e comprimento total) e posteriormente marcados (**Fig. 2b**) com a implantação de transponders com códigos programáveis (PIT de 32 mm, (RI-TRP-WR2B 30) modelo TIRIS Series 2000, marca Texas Instruments, TX, EUA). Para inserir as marcas, realizou-se uma pequena incisão utilizando uma lâmina de bisturi cirúrgico nº. 15. A incisão foi latero-ventral (ligeiramente mais lateral do que a região ventral) e a marca, suavemente deslizada para o interior da cavidade abdominal.



**Fig. 2.** Foto **a**: peixes sendo capturados; **b**: procedimento de medição, pesagem e marcação;

Após 10 minutos de observação, os peixes marcados foram transportados em tanques aerados dentro do barco para serem soltos. O procedimento de transporte durou aproximadamente 5 minutos. Os indivíduos marcados foram soltos em oito locais, quatro a jusante e quatro a montante. As duas áreas de soltura a jusante se situam na margem esquerda - este é o mesmo lado no qual a escada está localizada (EJ1: perto da escada / EJ2: aproximadamente 1,3 Km da escada). As outras duas áreas a jusante se encontram na margem direita (DJ1: perto da barragem / DJ2: aproximadamente 2,1 Km da barragem). Nas quatro áreas de liberação a montante, duas se encontram na margem esquerda (EM1: perto da escada / EM2: aproximadamente 1,4 Km da escada) e duas na margem direita (DM1: perto da barragem e DM2: aproximadamente 1,4 km da barragem).

Oito antenas de 1,5 x 3,0 m foram instaladas na escada para peixes. A primeira antena (antena 1) está localizada a 100 m a montante da entrada da escada, logo acima do primeiro tanque de repouso. Essa antena está acima da entrada real da escada, pois o potencial para inundações na área de estudo impossibilitou de colocá-la mais perto. Para os propósitos deste estudo,

consideramos esta primeira antena para representar a entrada da escada. A última antena (antena 8) encontra-se localizada na extremidade a montante da escada, a 50 m a jusante da saída da escada e as outras estão distribuídas entre a primeira e a última antena.

Utilizou-se o sistema de leitura RFID (*Radio Frequency Identification*) (TIRIS Series 2000 - Texas Instruments, Austin, TX, EUA) para registrar e monitorar os peixes marcados na escada para peixes. Este sistema funcionou continuamente desde o início da marcação e liberação de peixes, durante o período de 18 de dezembro de 2012 até 9 de março de 2016.

### 2.3 Análise de dados

Utilizou-se a análise de sobrevivência (*time-to-event analysis*) para avaliar a eficiência da escada para peixes para *Leporinus obtusidens* e *Leporinus piavussu* se movimentando em direção a montante e a jusante.

Para avaliar a efetividade da escada para peixes, avaliamos a capacidade dos peixes para encontrar e entrar na escada, quantificando a proporção e o tempo dos indivíduos marcados liberados a montante e a jusante nos 8 locais de soltura que foram capazes de encontrar a entrada da escada (antenas 1 ou 8). O tempo decorrido entre o momento da soltura e a primeira detecção na antena 1 ou na antena 8 foi medido. A proporção e o tempo dos locais de soltura foram comparados utilizando regressão logística do método de Kaplan–Meier (Castro - Santos & Haro, 2003). A curva Kaplan-Meier foi feita agrupando dois pontos do mesmo lado. Para uma melhor visualização gráfica, foram removidos dois pontos (301,02 e 449,86 dias) de EJ1 e um ponto (384 dias) de EJ2.

Para cada local, foi calculada a percentagem de entrada.

$$\% E = \frac{100 \times \text{número de indivíduos que entraram}}{\text{número de indivíduos liberados}}$$

Para testar a diferença entre os grupos foi utilizado o teste de classificação estatística de Kruskal-Wallis e Wilcoxon para cada grupo de tratamento.

Dados médios de vazão turbinada e vazão vertida foram utilizados para a análise dos dados e confecção dos gráficos. Esses dados foram fornecidos gentilmente pela CESP - Companhia Energética de São Paulo.

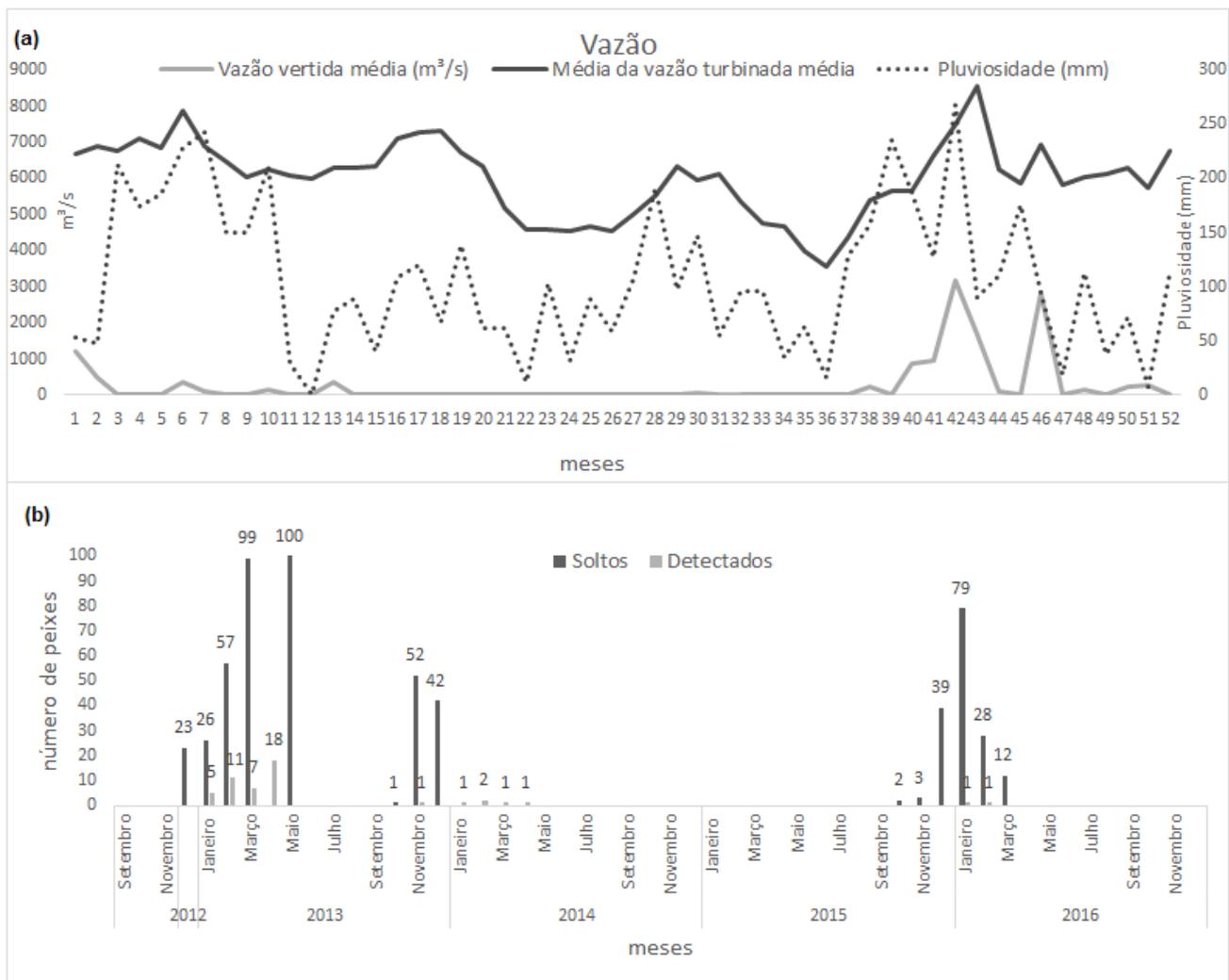
Para avaliar os movimentos ascendentes e descendentes foi calculado o tempo médio para passar toda a estrutura, como também, a diferença no tempo médio gasto para a passagem entre cada antena.

O teste ANOVA foi utilizado para testar a diferença no comprimento padrão entre os indivíduos de *Leporinus obtusidens*. Não foram utilizados os exemplares de *Leporinus piavussu* para essa análise devido ao pequeno número de amostras (N=3). O nível de significância foi de  $p < 0.05$ . Os testes estatísticos foram realizados usando R (R Studio, R versão 3.3.1 (2016-06-21) Copyright (C) 2016. Fundação R para Computação Estatística.

### 3. Resultados

Em 2013 foi observado um maior sucesso de entrada do que em 2016, mesmo que a vazão turbinada média tenha sido menor em 2013 (**Fig. 3a**).

Do total de 563 indivíduos capturados, o maior número de indivíduos liberados (N = 100) foi em maio de 2013, seguido de março de 2013 (N = 99) e janeiro de 2016 (N = 79). O maior número de peixes detectados (N = 18) ocorreu em abril de 2013, seguido por fevereiro de 2013 (N = 11), o que corresponde ao primeiro ano de estudo e período migratório (**Fig. 3b**).



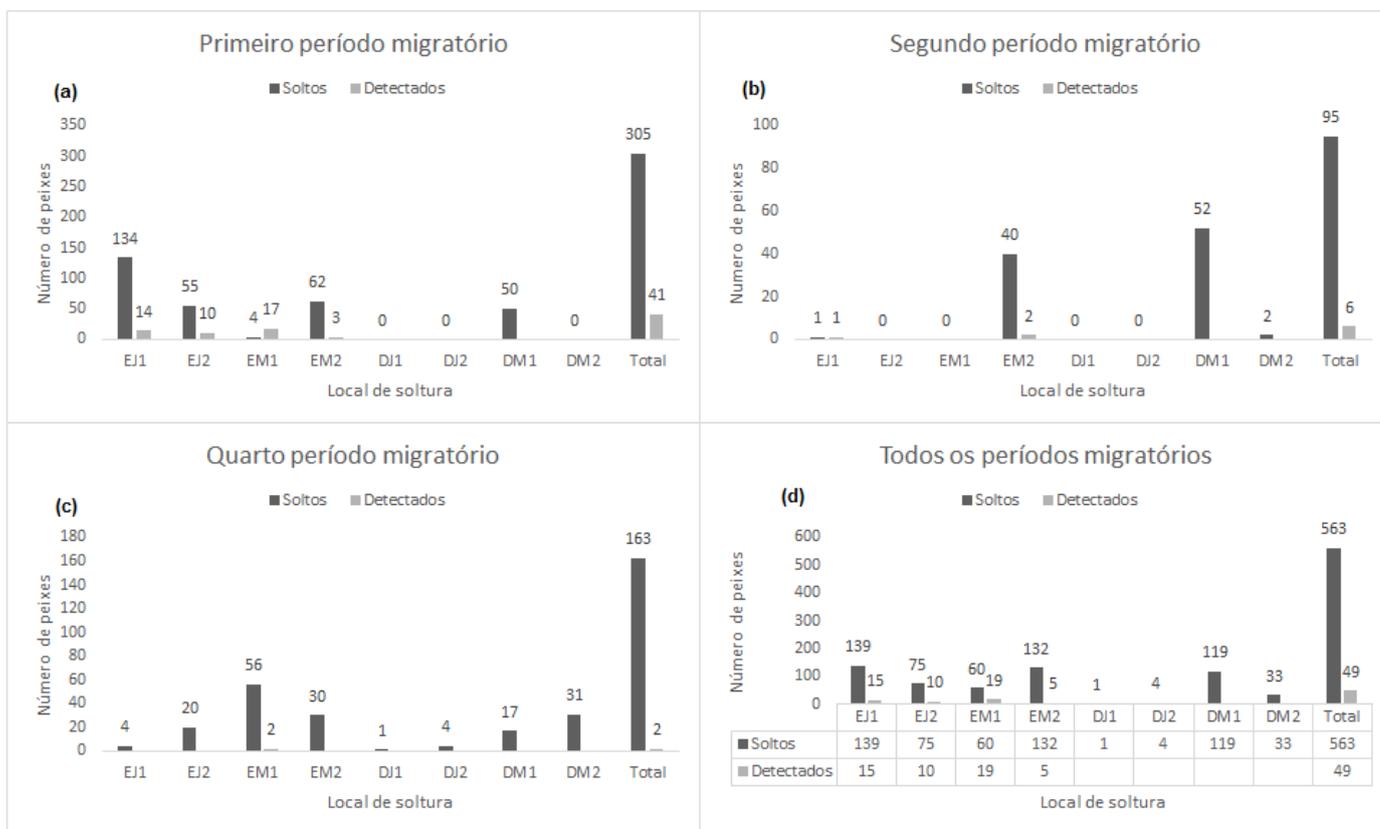
**Fig. 3 (a)** Valores médios de vazão vertida, vazão turbinada e pluviosidade durante o período de estudo. **(b)** Número de peixes soltos e detectados por mês durante o período de estudo.

Dos 563 peixes, a proporção total que entrou na escada para peixes foi de 49 indivíduos (8,7%), a qual variou entre as duas espécies. A maior taxa de entrada foi para *L. obtusidens*, com 93,87% (N = 46) e 6,12% (N = 3) para *L. piavussu*. A porcentagem de registro também variou entre os locais de soltura (Tabela 1), onde o maior registro foi para EJ1 (margem esquerda, jusante, próximo a escada) com 38,46% (N = 15), 13,33% (N = 10) para EJ2, 11,95% (N = 19) para EM1 (margem esquerda, montante, próximo a escada) e 3,79% (N = 5) para EM2 (margem esquerda, montante, distante) (**Fig. 4**). Não houve diferença significativa (teste de Wilcoxon, P = 0,98) ao comparar os peixes liberados nos locais próximos e distantes na mesma margem do rio em encontrar a passagem. Porém, o local de

liberação influenciou significativamente a taxa de entrada dos peixes liberados na outra margem do rio (teste z,  $P = <0,05$ ; SE 973,6226). Nenhuma detecção (0%) foi observada para peixes liberados na margem direita do rio, tanto a jusante como montante. Foram detectados apenas os peixes liberados na margem esquerda, ou seja, na mesma margem onde a escada para peixes está localizada.

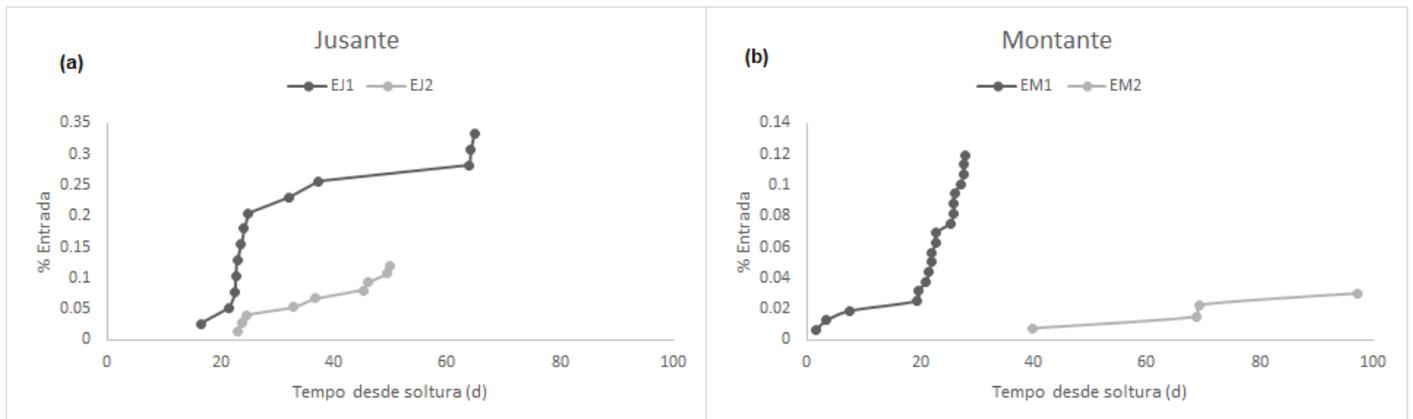
**Tabela 1.** Número de indivíduos marcados liberados nos 8 locais de soltura e detectados na escada. Local = local de soltura; Soltos = número de indivíduos soltos; Det = número de peixes detectados; % Det = percentagem de peixes detectados; Tempo em dias (média) = tempo médio em dias decorridos desde a soltura até o encontro da escada; Tempo em dias (mediana) = mediana do tempo em dias decorridos desde a soltura até o encontro da escada; Tempo min = tempo mínimo e tempo max = tempo máximo em dias decorridos desde a soltura até o encontro da escada.

Local	Soltos	Det	% Det	Tempo (média)	Tempo (mediana)	Tempo min	Tempo max	Q1	Q3
EJ1	39	15	38,46	79,49	24,86	16,48	449,86	22,81	64,05
EJ2	75	10	13,33	71,53	40,93	22,98	384	26,61	48,61
EM1	159	19	11,95	20,91	22,77	1,49	28,02	20,34	25,98
EM2	132	5	3,79	81,84	69,24	39,92	133,98	68,72	97,35
DJ1	119	0	0						
DJ2	33	0	0						
DM1	2	0	0						
DM2	4	0	0						
<b>Total</b>	<b>563</b>	<b>49</b>	-	-	-	-	-	-	-



**Fig. 4** Número de peixes liberados e detectados por período migratório e local de soltura. (a) Primeiro período migratório (Outubro 2012 – Maio 2013); (b) Segundo período migratório (Outubro 2013 – Maio 2014); Quarto período migratório (Outubro 2015 – Maio 2016). Nenhuma detecção ou soltura ocorreu no quarto período migratório.

Os peixes liberados a montante (EM1 / EM2) e a jusante (EJ1 / EJ2) na margem esquerda diferiram significativamente (teste Kruskal-Wallis,  $P = 0,0006092$ ) no tempo decorrido para encontrar a escada para peixes (**Fig.5**), com a melhor média de 20,91 dias (1,49 - 28,02) para EM1, 71,53 dias (22,98 - 384) para EJ2, 79,49 dias (16,48 - 449,86) para EJ1 e a média mais baixa de 81,84 dias (39,92-133,98) para EM2 (**Tabela 1**). Com esse resultado foi possível verificar que os peixes liberados a montante perto da escada foram aptos a encontrar esta primeiramente, ou seja, no menor período.

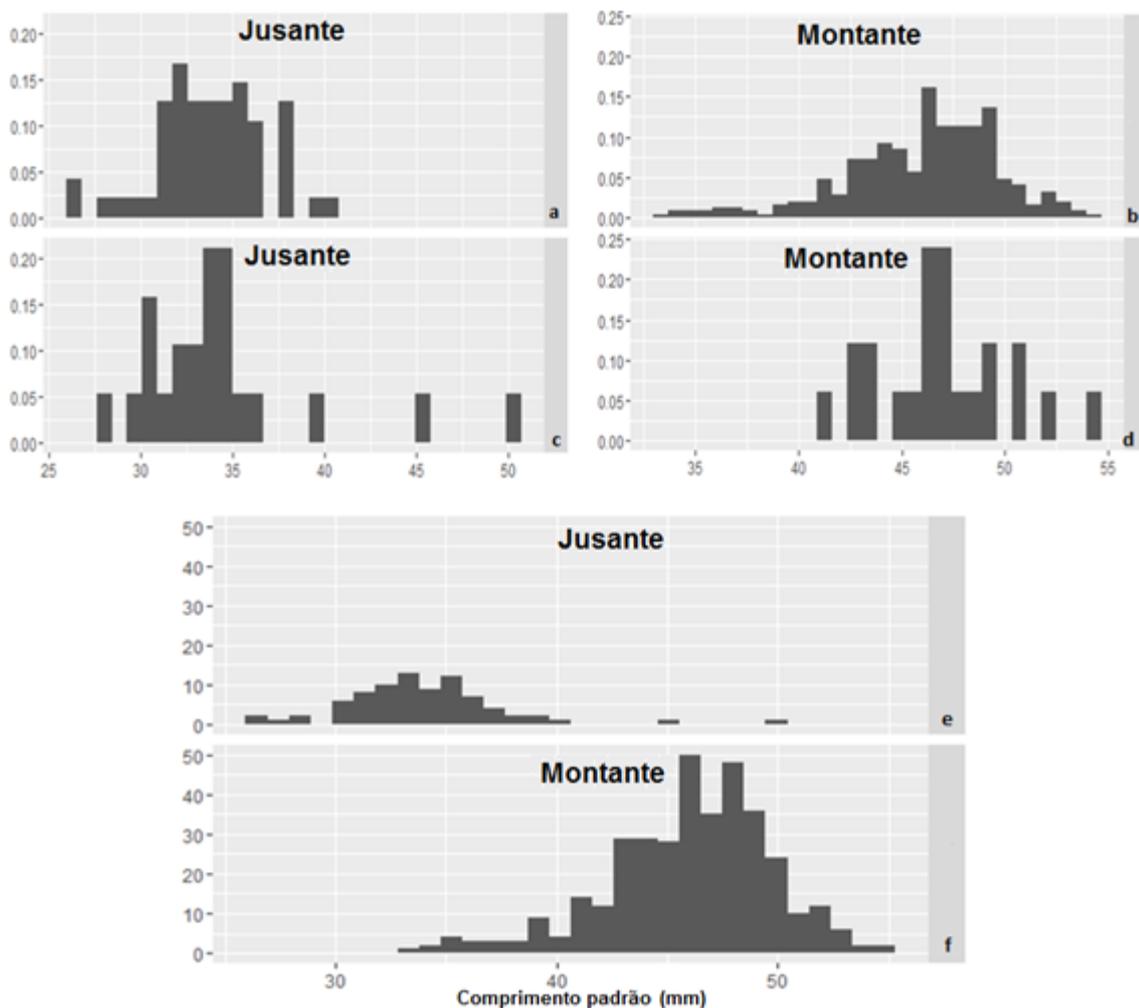


**Fig. 5.** Taxas de entrada e tempo decorrido para encontrar a entrada da escada para peixes. (a) Peixes liberados a jusante (EJ1 = margem esquerda, jusante, perto, EJ2 = margem esquerda, jusante, distante). (b) Peixes liberados a montante (EM1 = margem esquerda, montante, próxima; EM2 = margem esquerda, montante, longe). Para uma melhor visualização gráfica na figura 5 (a) foram retirados dois pontos (301,02 e 449,86 dias) de EJ1 e um ponto (384 dias) de EJ2. O mesmo procedimento foi realizado na figura 5 (b), onde foi retirado um ponto (133,98 dias) de EM2.

Não houve diferença significativa (ANOVA) no comprimento padrão de *Leporinus obtusidens* que entraram e deixaram de entrar na escada. Com uma média de comprimento padrão de 40,69 cm (28,3 – 52) para os peixes que entraram e 44,21 cm (26,1 - 39,5) para os peixes que não entraram. Porém, houve uma diferença significativa no comprimento padrão dos peixes que se movimentaram a jusante e a montante. Com um comprimento padrão médio de 46,99 cm (42,5 - 52) para os peixes que se deslocam a montante e 34,39 cm (28,3 - 50) para os peixes que se deslocam a jusante (**Tabela 2, Figura 6**). Há uma relação positiva entre as médias de comprimento padrão (cm) e peso (g).

**Tabela 2.** Comprimento padrão de *L. obtusidens* em cm; min = comprimento padrão mínimo; max = comprimento padrão máximo; Peso em gramas; média = peso médio; min = peso mínimo; max = peso máximo; N= número de indivíduos; E = peixes que entraram; EJ = peixes que entraram a jusante; EM = peixes que entraram a montante; N = peixes que não entraram.

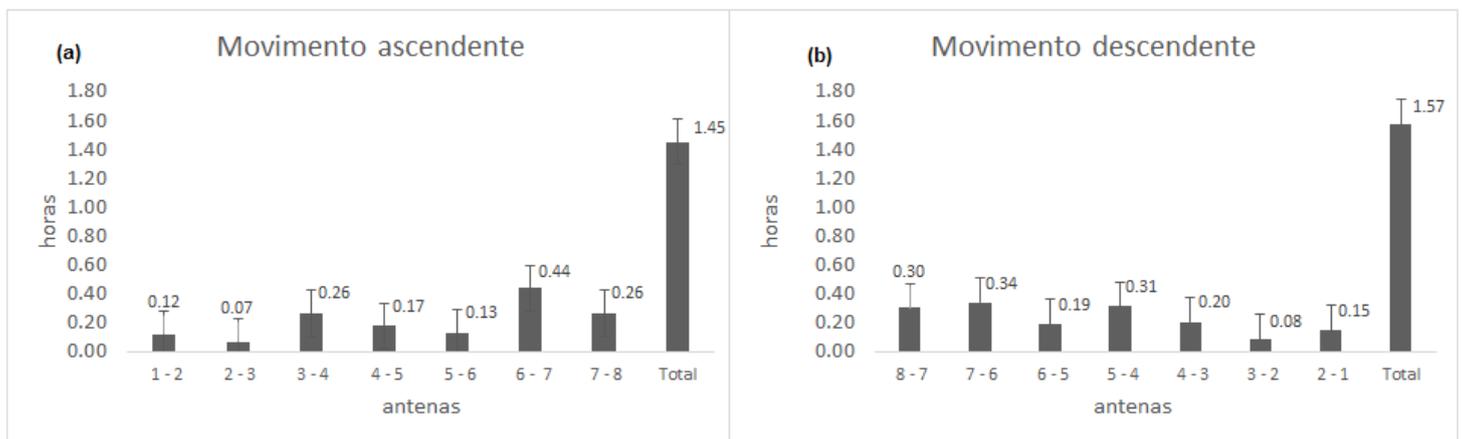
	Comprimento padrão (cm)			Peso (g)			
	média	min	max	média	min	max	N
E	40,69	28,3	52	2369	520	3790	49
EJ	34,39	28,3	50	2235	520	2710	25
EM	46,99	42,5	52	2642	2050	3790	24
N	44,21	26,1	42,1	2388	380	4750	514



**Fig.6.** Comprimento padrão dos indivíduos de *Leporinus obtusidens* (a) a jusante que não entraram (b) a montante que não entraram (c) a jusante que entraram (d) a montante que entraram e) marcados a jusante e se deslocaram a montante f) marcados a montante e se deslocaram a jusante.

Os movimentos ocorridos na escada foram bidirecionais, com um total de 16 peixes (32,65%) ascendentes, 21 (42,86%) descendentes e 6 (12,24%) se locomovendo em ambas as direções. No total, 6 peixes (12,24%) não obtiveram sucesso de passagem. Nos movimentos ascendentes, o tempo total de deslocamento entre as antenas foi de 1,45 horas (0,07 – 25,90) enquanto o tempo médio dos movimentos descendentes foi de 1,57 horas (0,26 – 8,32).

Nos movimentos ascendentes, o tempo médio de deslocamento entre a antena 1 – 2 foi de 0,12 horas, 2 – 3 (0,07 h), 3 – 4 (0,26 h), 4 – 5 (0,17 h), 5 – 6 (0,13 h), 6 – 7 (0,44 h) e 7 – 8 (0,26 h). Já nos movimentos descendentes, o tempo médio de deslocamento entre a antena 8 – 7 foi de 0,30 horas, 7 – 6 (0,34 h), 6 – 5 (0,19 h), 5 – 4 (0,31 h), 4 – 3 (0,20 h), 3 – 2 (0,08 h) e 2 – 1 (0,15 h) (**Fig.7**).



**Fig. 7** Tempo médio de deslocamento (horas) entre as antenas e o tempo total (soma) gasto para passar por todas as antenas da escada para peixes em (a) movimento ascendente e (b) movimento descendente.

#### 4. Discussão

As condições hidráulicas representam uma importância geral para o desempenho da passagem, onde o aumento da vazão ou da geração aumentam as taxas de passagem (Nyqvist, *et al.*, 2016). A vazão está mais relacionada com a atração dos peixes até a entrada da estrutura, sendo que a velocidade da água se relaciona mais com o sucesso ascendente (Fernandez *et al.*, 2007). Em nosso estudo foi observado um maior sucesso de entrada na estrutura em 2013, mesmo

que a vazão turbinada tenha sido menor do que em 2016. Uma possível explicação é o fato de que em 2016 a vazão turbinada tenha se encontrado mais baixa no início do período migratório e quando essa começou a aumentar ocorreu a abertura dos vertedouros. Esse fato gerou um tempo insuficiente para os peixes detectarem e entrarem na estrutura antes da ocorrência dos fluxos da vazão vertida. Ou seja, os peixes podem ter sido distraídos pelos fluxos, causando uma entrada reduzida no período migratório de 2016.

De acordo com Castro-Santos (2009), a entrada da passagem é um processo de duas etapas, onde os peixes são guiados até a entrada da passagem (zona de orientação) e onde o peixe é capaz de detectar a estrutura e deve entrar nela (zona de entrada). Em nosso estudo não foi possível monitorar a zona de orientação porque a primeira antena estava localizada a 100 m a montante na escada. Houve falta de uma outra antena na zona de orientação, tornando possível monitorar apenas a zona de entrada e detectar apenas os peixes que entraram na estrutura. Esta impossibilidade ocorreu devido as altas variações no nível da água, o que inviabilizou a instalação de uma antena nesta área. Estudos futuros devem evitar esse tipo de problemas.

Quando um rio possui inúmeras barragens, o maior objetivo é de minimizar o tempo decorrido para o peixe entrar na passagem e encontrar as áreas de desova em tempo hábil (Larinier, 1998; Larinier, 2001). A eficiência de uma passagem é expressa pela porcentagem da população apta a detectar a passagem e a vencer os atrasos do obstáculo (Larinier, 2001).

Em nosso estudo, as proporções de entrada na escada foram de 8,7%. Um resumo dos dados de metanálise de 17 estudos que examinaram o movimento de 26 espécies de peixes em barreiras com migração a montante mostrou que a atração média em uma estrutura do tipo degraus tanques com orifícios foi de 59%, variando entre as espécies (Bunt *et al.*, 2016). Wagner *et al.* (2012) verificaram uma proporção de entrada de 7,1 - 55,4% avaliando 4 espécies migradoras de longa distância (*Brycon orbignyanus*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* e *Rhinelepis aspera*) na mesma área de estudo. Sendo que *Prochilodus lineatus* apresentou uma proporção de entrada (7,1%) similar a *Leporinus sp* (8,7%).

O tempo mínimo para encontrar a escada foi de 1,49 dias para os peixes liberados a montante (EM1) e o tempo máximo foi de 449,86 dias para os indivíduos liberados a jusante (EJ1). Wagner *et al.* (2012) descrevem um tempo mínimo de 14,35 dias e tempo máximo de 87,12 dias para diversas espécies na mesma área de estudo.

Em nosso estudo, há uma diferença significativa no tamanho dos peixes movendo-se a montante e a jusante. Os peixes maiores movem-se a jusante, porém, apenas os peixes menores movem-se a montante, sugerindo seletividade relacionada ao tamanho dos peixes. O mesmo foi observado por Volpato *et al.* (2009) na mesma área de estudo, para outra espécie, onde os indivíduos na parte superior da escada foram significativamente maiores do que os encontrados na parte inferior.

Uma passagem para peixes ideal tem o objetivo de permitir acesso ilimitado para espécies nativas a alcances de fluxo livre acima e abaixo do obstáculo e deve ter as seguintes características: (1) qualquer indivíduo de qualquer espécie nativa deve ser capaz de entrar, mover a montante ou a jusante sem presenciar nenhum tipo de atraso; (2) a entrada é seguida de passagem bem sucedida; (3) sem custos temporais ou energéticos e (4) sem estresse, doença, lesão, predação ou outros custos relevantes para a aptidão física (Castro-Santos, *et al.*, 2009). Porém, sabe-se que escadas para peixes também resultam em insucesso pelo fato de elas apresentam elevada seletividade (Agostinho, 2005). Essa alta seletividade pode ser determinada por fatores como o design da estrutura (Agostinho *et al.*, 2002), a localização do acesso à escada, sua capacidade de atração e os padrões locais de circulação de água a jusante (Fernandez, 2004).

Os peixes da margem direita não foram registrados possivelmente devido à baixa atratividade na entrada da escada para peixes. Essa baixa atratividade pode gerar uma falta de orientação, impossibilitando a atração e a entrada dos peixes do outro lado do rio na estrutura. De acordo com Agostinho *et al.* (2002), as principais limitações nas passagens para peixes parecem ser os mecanismos de atração na entrada da escada. Se a entrada não for reconhecida, os peixes podem permanecer na sua redondeza por um tempo prolongado, atrasando a migração e comprometendo a desova, ou nunca poderão acessá-la. Makrakis *et al.* (2017) descrevem um menor número de peixes migratórios na mesma área em relação ao

número registrado para este trecho, correlacionando-o com questões de atratividade e / ou seletividade de espécies que podem se mover através dela. Wagner *et al.* (2012) mencionam que aparentemente os peixes apresentam dificuldades em localizar e entrar na escada para peixes da Usina Hidrelétrica Egenheiro Sérgio Motta.

Segundo Marmulla (2001), quando o rio é muito largo, não é necessário somente providenciar várias entradas, como também mais de uma passagem para peixes, pois uma única passagem pode deixar de atrair certas espécies da margem oposta. Em nossa área de estudo, o rio é muito largo (aproximadamente 3 km) e pode levar muito tempo para os peixes encontrarem a outra margem onde a escada está localizada. Nesse processo, os peixes podem perder a motivação migratória (Nyqvist, *et al.*, 2016) ou podem ser capturados. No Alto Rio Paraná, em alguns anos, quando há atraso nas inundações, é comum que a temporada de pesca é reaberta justo quando os peixes começam a migrar ou desovar (Agostinho *et al.*, 2008). Sendo assim, a pesca pode acabar reduzindo o sucesso de passagem. Quando os peixes presenciam qualquer tipo de atraso, tanto na parte interna quanto externa da escada, os números estão concentrados, deixando-os mais vulneráveis aos predadores (Larinier, 2002).

Os movimentos ocorridos na escada foram bidirecionais para ambas as espécies. Makrakis *et al.*, (2007) verificaram que doze espécies (52%) apresentaram movimentos ascendentes e descendentes na mesma área de estudo, sendo que *Leporinus obtusidens* apresentou movimentos bidirecionais, movimentos descendentes durante todos os meses de dezembro a março e foi a espécie ascendente mais abundante. Segundo dados obtidos pelo Departamento Ambiental de Itaipu Binacional, dados revelam *Leporinus obtusidens* como a espécie de maior frequência na escada experimental (Agostinho *et al.*, 2001).

Do total de 49 peixes que foram detectados na estrutura, 16 peixes (32,65%) apresentaram movimentos ascendentes. Fontes Júnior *et al.* (2012) descrevem um valor de passagem ascendente de 37,9% para *Leporinus elongatus* (atualmente *L. obtusidens*) e *Prochilodus lineatus* no Canal da Piracema. Nos movimentos ascendentes, a soma do tempo total gasto para passar por todas as antenas foi de 1,45 horas. Assumpção *et al.* (2012) descrevem uma média de 1,39 horas para os movimentos ascendentes de *Leporinus elongatus* (atualmente *L. obtusidens*) na

mesma área de estudo.

A capacidade natatória de muitos peixes no movimento ascendente pode ser limitada (Makrakis *et al.*, 2012). Porém, em um estudo realizado na mesma área, Makrakis *et al.* (2007) afirmam que *Leporinus obtusidens* se moveu na estrutura sem dificuldades, estando entre os melhores nadadores na bacia devido a sua morfologia e habilidade de saltar, a qual fornece benefícios a um movimento bem-sucedido na escada. Em um estudo sobre os aspectos morfológicos relacionados a eficiência natatória de espécies migratórias de longa distância, Assumpção *et al.* (2012) comparam o desempenho natatório de *Leporinus elongatus* e *Prochilodus lineatus* enfatizando as diferenças nas características morfológicas. *Leporinus elongatus* possui um pedúnculo caudal mais fino e um maior índice de aptidão física, apresentando uma boa forma corporal hidrodinâmica e um bom desempenho natatório. Santos *et al.* (2007) afirmam que a alta capacidade natatória desse gênero explica seu sucesso de ascensão nas escadas construídas no Brasil. Porém, Fernandez *et al.* (2004) amostraram dois pontos que apresentaram uma baixa seletividade para a maioria dos peixes na Usina Hidrelétrica de Itaipu. De um total de 27 espécies que entraram a escada, 23 foram registrados a 27 m de altura. Apenas 4 espécies, inclusive *Leporinus* sp. ficaram restritas ao trecho intermediário da escada, todas elas em baixa abundância.

De acordo com Bunt *et al.* (2012), várias tentativas para melhorar a atração de peixes e o desempenho de passagem alterando seções na passagem já foram empreendidas com algum sucesso. Porém, devido à custos mínimos, mais estudos sobre a eficácia da alteração de passagens em relação à forma da entrada e localização, vazão e aumento do fluxo de entrada devem ser considerados.

No decorrer deste estudo verificou-se que para as duas espécies estudadas seria extremamente importante aumentar a atratividade na entrada da escada. Não seria importante somente aumentar o grau de funcionalidade atrativa, como também a construção uma segunda escada para peixes no lado direito do rio. Mesmo sendo um procedimento de alto custo, forneceria aos peixes do outro lado da margem do rio a capacidade de migrar e assim completar seu ciclo reprodutivo.

## 5. Referências

AARESTRUP, K., M. C. LUCAS AND J. A. HANSEN. 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(3): 160-168.

AGOSTINHO, A. A., THOMAZ, S. M., MINTE-VERA, C.V. & WINEMILLER, K.O. 2000. Biodiversity in the high Paraná River Floodplain. *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, volume I edited by B. Gopal, W.J. Junk and J.A Davis, pp. 89-118. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands, 2000.

AGOSTINHO A. A, GOMES L. C, FERNANDEZ D. R, SUZUKI H. I. 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 299–306. DOI: 10.1002/rra.674

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., SUZUKI, H. I. & JÚLIO, H. F. JR. 2003. Migratory fishes of the upper Paraná River basin Brazil. In *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status* (Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A., eds), pp. 19–89. Victoria, BC: World Fisheries Trust.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., VERÍSSIMO, S. & OKADA, E.K. 2004. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (2004) 14: 11-19.

AGOSTINHO, A. A. THOMAZ, S. M., GOMES, L.C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, Volume 1 (Nº 1), 2005.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., PELICICE, F. M. *Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. EDUEM: Maringá, 2007.

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. Braz. J. Biol. Vol.68 n°.4 suppl.0 São Carlos Nov. 2008.

ANDRADE, E. de S; Aspectos da biologia reprodutiva de piapara (*Leporinus obtusidens*) capturados a jusante da usina hidrelétrica do Funil, Perdões/ Mimas Gerais. Universidade Federal de Lavras, 2009.

ANTONIO, R. R., AGOSTINHO, A. A., PELICICE, F. M., BAILLY D., OKADA, E. K., DIAS, J. H. P. 2007. Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? Neotropical Ichthyology, Sociedade Brasileira de Ictiologia, 5(2):177-184, 2007.

ASSUMPÇÃO, L., MAKRAKIS, M. C., MAKRAKIS, S., WAGNER, R. L., SILVA, P. S., LIMA, A. F. & KASHIWAQUI, E. A. L. The use of morphometric analysis to predict the swimming efficiency of two Neotropical long-distance migratory species in fish passage. Neotropical Ichthyology, Sociedade Brasileira de Ictiologia, 10(4):797-804, 2012.

BUNT, C. M; CASTRO-SANTOS, T; & HARO, A. 2012. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. River Research and Applications.28: 457–478 (2012) Wiley Online Library.

BUNT, C. M; CASTRO-SANTOS, T; & HARO, A. 2016. Arena paper reinforcement and validation of the analyses and conclusions related to fishway evaluation data from bunt et al.: 'performance of fish passage structures at upstream barriers to migration'. River Research and Applications.28: 457–478 (2012) Wiley Online Library.

CASTRO-SANTOS, T., A. COTEL & P. W. WEBB. 2009. Fishway evaluations for better bioengineering - an integrative approach. Pp. 557-575. In: Haro, A. J., K. L. Smith, R. A. Rulifson, C. M. Moffit, R. J. Klauda, M. J. Dadswell, R. A. Cunjak, J. E. Cooper, K. L. Beal & T. S. Avery (Eds.). Challenges for diadromous fishes in a dynamic global environment. American Fisheries Society, Symposium 69, Bethesda, MD.

CASTRO-SANTOS, T. & HARO, A. 2003. Quantifying migratory delay: a new application of survival analysis methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 60: 986–996 (2003).

CASTRO-SANTOS, T. & HARO, A. 2010. Fish guidance and passage at barriers. Pp. 62-89. In: *Fish locomotion: an eco-ethological perspective*. Domenici, O. & B.G. Kapoor (Eds.). Science Publisher, Enfield, New Hampshire, 534p, 2010.

CLAY, C. H. 1995. *Design of fishways and other fish facilities*. 2nd ed, Lewis Publishers: Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo; 248p.

FERNANDEZ, D. R. AGOSTINHO, A.A. BINI, L.M. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of the Itaipu Binacional, Paraná River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and technology. An International Journal*. Vol 47, n.4: pp. 579-586. August 2004.

FERNANDEZ, D.R. AGOSTINHO, A.A. BINI, L.M. GOMES, L.C. 2007. Environmental factors related to entry into and ascent of fish in the experimental ladder located close to Itaipu Dam. *Neotropical Ichthyology*, 5(2): 153 – 160, 2007. Sociedade Brasileira de Ictiologia.

GLUSCZAK, L., S. D. MIRON, M. CRESTANI, B. M. FONSECA, A. F. PEDRON, F. M. DUARTE & P. L. V. VIEIRA. 2006. Effect of glyphosate herbicide on acetylcholinesterase activity, metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65(2): 237-241.

GODINHO, A. L. & KYNARD, B. 2009. Migratory fishes of Brazil: life history and fish passage needs. *River Research and Applications* 25, 702–712.

JACKSON, D. C. & MARMULLA, G. 2001. The influence of dams on river fisheries. In: MARMULLA, G. (Ed). *Dams, fish and fisheries: Opportunities, challenges and conflict resolution*. FAO Fisheries Technical Paper. No 419. Rome, FAO, 2001. 166p.

JÚNIOR, H. M. F; CASTRO-SANTOS, T; MAKRAKIS, S; GOMES L. C; LATINI J. D; A barrier to upstream migration in the fish passage of Itaipu Dam (Canal da Piracema), Paraná River basin. 2012. *Neotropical Ichthyology*, 10(4):697-704, 2012. Sociedade Brasileira de Ictiologia.

LANGANI F., CASTRO R. M. C., OYAKAWA O. T., SHIBATTA O. A., PAVANELLI C. S., CASATTI L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica* 7:1–17. 2007.

LARINIER, M. 1998. Chapter 10. Upstream and Downstream Fish Passage Experience in France. In JUNGWIRTH, M; SCHMUTZ, S; Weiss, S. (Ed). *Fish Migration and Fish passes*. Department of Hydrobiology, Fisheries and Aquaculture, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria. 1998. p127.

LARINIER, M. 2001. Environmental issues, dams and fish migration. In: MARMULLA, G. (Ed.). *Dams, fish and fisheries: Opportunities, challenges and conflict resolution*. FAO Fisheries Technical Paper. No 419. Rome, FAO, 2001. 166p.

LARINIER, M. & TRAVADE, F. 2002. Chapter 13. Downstream migration: problems and facilities. *Bull. Pêche Piscic.* (2002) 364 suppl.: 181 -207.

LARINIER, M. & MARMULLA, G. 2003. Fish passes: types, principles and geographical distribution – an overview. p. 183-205. In: WELCOMME, R.L & PETR, T. (Ed) 2003. *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries*. Volume 2. Phnom Penh, Kingdom of Cambodia *Sustaining Livelihoods and Biodiversity in the New Millennium*.

LEAL, C.G.; JUNQUEIRA, N.T.; CASTRO, M.A.; CARVALHO, D.R.; FAGUNDES, D.C.; SOUZA, M.A.; HUGHES, R. M.; ALVES, C.B.M. & POMPEU, P.S. Ichthyofaunal structure of Cerrado streams in Minas Gerais. In: CALLISTO, M.; HUGHES, R. M.; LOPES, J.M. & CASTRO, M.A. (eds.), *Ecological conditions in hydropower basins*. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, p. 101-126, 2014. (Série Peixe Vivo, 3).

LUCAS, M. C. & BARRAS, E. Migration of Freshwater Fishes. Oxford: Blackwell Science Ltd. 2001.

MAKRAKIS, S., MAKRAKIS, M. C., WAGNER, R. L., DIAS, J. H. P. & GOMES, L. C. Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating potamodromous species. *Neotropical Ichthyology*, Sociedade Brasileira de Ictiologia. 5(2):197-204, 2007.

MAKRAKIS, S., MIRANDA, L. E., GOMES, L. C., MAKRAKIS, M. C. & JUNIOR, H. M. F. Ascent of neotropical migratory fish in the Itaipu Reservoir fish pass. Wiley Online Library. *River Res. Applic.* 27: 511–519, 2011.

MAKRAKIS, M. C., MIRANDA, L. E, MAKRAKIS S., FONTES-JÚNIOR, H. M., MORLIS, W. G., DIAS, J. H. P., GARCIA, O. J. 2012. Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly regulated river basin. *Journal of Fish Biology* 81: 866–881. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2012.03346.

MIRANDA, L. E. 2001. A review of guidance and criteria for managing reservoirs and associated riverine environments to benefit fish and fisheries. In Marmulla G (Ed.). *Dams, Fish and Fisheries: Opportunities, Challenges and Conflict Resolution*, FAO Fisheries Technical Paper. FAO: Rome; 419; 91–138.

NYQVIST, D; GREENBERG, L. A; GOERIG, E; CALLES, O; BERGMAN, E; ARDREN, W. R; CASTRO-SANTOS, T. 2016. Migratory delay leads to reduced passage success of Atlantic salmon smolts at a hydroelectric dam. *Wiley Ecology of Freshwater Fish*, 2016.

OLDANI, N. O., J. IWASZKIW, O. PADÍN & A. OTAEGUI. 1992. Fluctuaciones de la abundancia de peces en el Alto Paraná (Corrientes, Argentina). *Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay, Série Técnico-Científica*, 1(1): 43-55.

POMPEU, P dos S. HORTA, L.F.M. MARTINEZ, C.B. 2009. Evaluation of the effects of pressure gradients on four Brazilian freshwater fish species. *Brazilian Archives of Biology and Technology. An nternational Journal*. Vol. 52, n.1:pp 111-118, January-February, 2009.

POMPEU, P., A. A. AGOSTINHO & F. M. PELICICE. 2012. Existing and future challenges: the concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications*, 28: 504-512.

RADÜNZ NETO, J., LAZZARI, R., PEDRON, F. de A., VEIVERBERG, C.A., BERGAMIN, G.T., CORRÊIA, V., FILIPETTO, J.E. da S. (2006). Alimentação da piava (*Leporinus obtusidens*) com diferentes fontes protéicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.5, p. 1611-1616, set-out, 2006.

SANTOS, H. A., POMPEU, P. S. & MARINEZ, C. B. 2007 Swimming performance of the migratory neotropical fish *Leporinus reinhardti* (Characiformes: Anostomidae). *Neotropical Ichthyology*, Sociedade Brasileira de Ictiologia 5(2):139-146, 2007.

SILVA, P. S., MAKRAKIS, M. C., IRANDA, S., MAKRAKIS, S., ASSUMPÇÃO, L., PAULA, S., DIAS, J. H. P. & MARQUES, H. Importance of reservoir tributaries of spawning of migratory fish in the upper Paraná river. *River* Published online in Wiley Online Library. John Wiley & Sons, Ltd. Res. Applic. 2014.

SHIBATTA, A. O., DIAS, J. H. P. 2006. Companhia Energética de São Paulo. 40 peixes do Brasil: CESP 40 anos. Rio de Janeiro: Dois, 2016. 208 p, il. 37 fotos. COMPANHIA Energética de São Paulo. 40 peixes do Brasil: CESP 40 anos.

SUZUKI, H. I., VAZZOLER, A. E. A. M., MARQUES, E. E., LIZAMA, M. A. P. and INADA, P., 2004. Reproductive ecology of the fish assemblages. In THOMAZ, SM., AGOSTINHO, A. A. and HAHN, N. S. (Eds.). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers. p. 271-291.

VOLPATO, G. R., R. E. Barreto, A. L. Marcondes, P. S. A. Moreira & M. F. de B. Ferreira. 2009. Fish ladder selects biological traits in upstream migrating curimbata, *Prochilodus lineatus*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 42: 307-313.

WAGNER R. L, MAKRAKIS S, CASTRO-SANTOS T, MAKRAKIS M. C, DIAS J. H. P, BELMONT R. F. 2012. Passage performance of long-distance upstream migrants at a large dam on the Paraná River and the compounding effects of entry and ascent. *Neotropical Ichthyology*, Sociedade Brasileira de Ictiologia. 10(4):785-795, 2012

## **6. Anexo**

### *6.1 Normas da Revista Neotropical Ichthyology para publicação científica*

FILE AND PAGE SETUP	<p>Manuscript files must be in the DOC, DOCX or RTF formats. Do not lock or protect the file. Formats such as XLS, XLSX or PDF will not be accepted.</p> <p>The document file <u>cannot</u> include headers, footers, or footnotes (except page number). If your manuscript, figures or tables contain footnotes, move the information into the main text, captions or the reference list, depending on the content. Do not format text in multiple columns. Although no page limit is imposed, manuscripts should always be as concise as possible.</p> <p>Text should be aligned to the left (except if otherwise mentioned), not fully justified, not indented by tab or space and not underlined. Do not hyphenate words at line breaks (though hyphens can be used in compound constructions, such as dorsal-fin rays, as appropriate).</p> <p>All text must be Times New Roman font size 12, with 1.5 line spacing. Do <u>not</u> number lines. The font "symbol" can be used to represent the following characters: χ μ θ ω ε ρ τ ψ υ ι ο π α σ δ φ γ η φ κ λ ε ω β ν = Θ Ω Σ Δ Φ. Spell out numbers from one to nine, except those that refer to numerical values, scale counts, and when referencing figures and tables. Also, spell out numbers that begin a sentence.</p> <p>Abbreviations used in the text must be listed under Material and Methods; except for those in common use (e.g., min, km, mm, kg, m, sec, h, ml, L, g). For measurements, use the metric system. Never use n- or m-dashes anywhere in the manuscript; always use hyphens instead.</p>
LANGUAGE	<p>Text must be submitted in English. If none of the authors are native English speakers, we recommend that you contract with a professional language-editing and copyediting services or have the manuscript read by a native English speaking colleague prior to submission. Authors are free to choose any certified service, but Neotropical Ichthyology authors receive a discount from these two companies. The first, AJE, with 10% discount and the second, Enago, with 20% discount - CODE PESQUISA:</p> <p><a href="http://www.aje.com/c/SBI10">http://www.aje.com/c/SBI10</a></p> <p><a href="http://www.enago.com.br/forjournal/">http://www.enago.com.br/forjournal/</a></p> <p>Avoid clichés, slang, and colloquial words or expressions such as "In the present study". Use the word "very" sparingly.</p>
TITLE	<p>New taxa names should <u>not</u> appear in the title or abstract. <i>E.g.</i>, this title meets the guidelines: A new species of loriciariid catfish from the rio Ribeira de Iguape basin, Brazil (Ostariophysi: Siluriformes).</p> <p>Center the title and present it in boldface, without quotation marks, with sentence-style capitalization, and with subordinate taxa separated by ":" <i>e.g.</i>, <b>...(Siluriformes: Loriciariidae)</b>. Titles must reflect the contents of the paper and use scientific names rather than vernacular names. Do not provide taxonomic authorship in the title, but do provide it in the first appearance of the name in the text. See Nomenclature Section below for further instructions.</p>
AUTHORS	<p>As the submitting author will be responsible for completing information at submission, it is mandatory that all authors have reviewed, discussed, and agreed with the contents of the manuscript and the order of authorship prior to submission. All co-authors must have contributed substantially to all article steps. Collectors and contributors of resources and equipment without substantial intellectual involvement in the project should be mentioned in the Acknowledgments, but not included as authors.</p> <p>Capitalize only the initial letters of authors' names. Do not abbreviate first name of authors and separate the names of the last two authors by "and". We encourage presenting the full middle names of the authors, except when the number of authors is more than four. In case of authors from different institutions, use superscript numerals to identify each one in regular font (not italics). Superscript numerals can also be used to identify multiple addresses for each individual author. For Hispanic surnames, insert a hyphen between the paternal and the maternal surname if the author wishes to be cited with both (<i>e.g.</i>, Javier Maldonado-Ocampo).</p>
AUTHORS ADDRESSES	<p>Full mailing addresses and email of <u>all authors</u> must be provided, including institution name, ZIP codes, cities (no comma between ZIP and city), states and countries. For Brazilian and American states, use standard abbreviations preceded by comma, and <u>always present the country name</u> in English. Footnotes should not be used. List emails as part of the institutional address. When there is more than one author at a given institution, insert initials of each author name before their respective email address. Indicate the corresponding author by adding (corresponding author) after the appropriate email address. Do not use period.</p> <p><i>E.g.</i>, Heraldo A. Britski<sup>1</sup>, Naércio A. de Menezes<sup>1</sup>, Javier Maldonado-Ocampo<sup>2</sup> and John Lundberg<sup>3</sup></p> <p><sup>1</sup>Seção de Peixes, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Av. Nazaré, 481, Ipiranga, 04263-000 São Paulo, SP, Brazil. (HAB) heraldo@usp.br (corresponding author), (NAM) naercio@usp.br</p> <p><sup>2</sup>Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Edif. 53, Laboratorio de Ictiología 108B, Carrera 7 No. 43-82, Bogotá, DC, Colombia. gymnopez@gmail.com</p> <p><sup>3</sup>Department of Ichthyology, The Academy of Natural Sciences of Drexel University, 1900 Benjamin Franklin Parkway, 19103-1195 Philadelphia, PA, USA. lundberg@ansp.org</p>
RUNNING HEAD	<p>Provide a suggested running head of up to 50 characters. It must concisely reflect the content of the article. Do not include vernacular names or species authorship here.</p>
ABSTRACT	<p>Abstracts must appear as a single paragraph with fewer than 200 words in English. Do not include new taxa names, authorship or references. Do not indent. Remember that this is the first piece of your article that will be viewed by each potential reader. Include information showing the importance and relevance of your article to encourage the reader to read your entire paper.</p>
RESUMO or RESUMEN	<p>Provide a concise (maximum 200 words) and accurate Portuguese or Spanish translation of the English abstract.</p>
KEYWORDS	<p>Provide up to five capitalized keywords in English, in alphabetic order and separated by commas. Do not use words already contained in the title, nor Neotropical (which appears in the name of the journal). If the article provides an identification key, include that as keyword in the English and translated lists. The order of the Palavras-chave or the Palabras Clave also is arranged alphabetically, but the sequence of the words might differ from those in English.</p>
TEXT	<p>The body of text may employ named heading and subheadings, which cannot be lettered or numbered. All sections are left justified, except the primary headings, which should appear <u>centered</u> in small caps and bold font. Employ the following heading, in the cited order: <b>Title</b> (do not include the word Title before the title proper); <b>Abstract</b> (in English); <b>Resumo</b> or <b>Resumen</b> (choose only one, in Portuguese or Spanish); <b>Keywords</b> (in English and in the same language of the Resumo or Resumen you provided, literally translated from the English); <b>Running Head</b>; <b>Introduction</b>; <b>Material and Methods</b>; <b>Results</b>; <b>Discussion</b>; <b>Acknowledgments</b> (optional); and <b>References</b>. Do not unite Results and Discussion as a unique section or provide a separate Conclusion section. However, we encourage highlighting conclusions as the last paragraph(s) of the Discussion. If two heading levels are used, follow this format:</p> <p><b>Material and Methods</b></p> <p><b>Sampling sites.</b> Collections were carried out in...</p> <p><b>Statistical analyses.</b> Data were analyzed...</p> <p>In case of listing Examined Material, provide a list of institutional acronyms in Material and Methods section OR a reference to a <u>published</u> paper with a list of acronyms in Material and Methods. Also, reference(s) for species identification and classification used must be provided.</p>
VOUCHER SPECIMENS	<p>All specimens examined must be deposited in a recognized scientific research collection, even in studies focusing on a single well-known species. A list of catalog numbers of voucher specimen(s) <u>must</u> be furnished in all manuscripts.</p>
NOMENCLATURE	<p><u>Species, genera, and Latin terms (et al., in vitro, in vivo, vs., i.e., e.g.) must be in italics. Cite scientific names according to the ICZN (<a href="http://iczn.org/iczn/index.jsp">http://iczn.org/iczn/index.jsp</a>).</u></p> <p><u>Authorship should be given at the first reference to a species or genus. Spelling, valid names and authorship of species must be checked in the Catalog of Fishes at <a href="http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp">http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp</a>. Latin terms presented between the generic and specific names (cf., aff., etc.) are not in italics (e.g., <i>Hoplias cf. malabaricus</i>).</u></p> <p>The genus name must always be fully spelled at its first appearance, at the beginning of a sentence and at least once in each figure and table caption(s). After first mention, the first letter of the genus name followed by the full species name may be used (<i>e.g.</i>, <i>H. malabaricus</i>) as long as the abbreviation leaves no possibility of confusion with another generic name mentioned in the manuscript. In the case of possible confusion, the abbreviation can include more than the first letter to allow the differentiation of genera beginning with the same letter.</p>
ACKNOWLEDGMENTS	<p>Acknowledgments are optional but encouraged. If included, they must be concise and include both first and last names of persons. Abbreviate institutions, where the full name has been provided in the Material and Methods. Names of sponsor institutions should be listed in their original spelling and not translated to English. Collections permit numbers and approvals of ethics committees can be listed here OR in the Material and Methods section.</p>