

**MONITORAMENTO DE PEIXES MIGRADORES COM TELEMETRIA NO
SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DA ILHA DO PRESÍDIO E NO RIO
MADEIRA A JUSANTE DA UHE SANTO ANTÔNIO**

RELATÓRIO CONSOLIDADO III

EXECUÇÃO: Neotropical Consultoria Ambiental

RESPONSÁVEL: Lisiane Hahn

PERÍODO: Janeiro de 2013 a Dezembro de 2014

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1. Área de estudo	4
2.2. Captura e marcação de peixes	7
2.3. Equipamento de telemetria e rastreamento de peixes marcados	9
2.4. Análise de dados	13
3. RESULTADOS	16
3.1. Marcação de peixes.....	16
3.2. Rastreamento dos peixes marcados	18
3.3. Devolução de transmissores.....	27
4. DISCUSSÃO.....	28
5. ENCAMINHAMENTOS.....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7. EQUIPE TÉCNICA.....	34

1. INTRODUÇÃO

Na América do Sul, praticamente todas as bacias hidrográficas estão sob influência de usinas hidrelétricas (PELICICE & AGOSTINHO, 2008), cuja construção e operação pode interferir diretamente na ictiofauna, em especial a de peixes migradores, através da interrupção da conectividade longitudinal (JUNGWIRTH *et al.*, 1998; COOKE *et al.*, 2012).

A construção de sistemas de transposição de peixes (STPs) é uma das medidas de manejo mais amplamente utilizadas em usinas hidrelétricas em todo o mundo e, mais recentemente, naquelas localizadas na região amazônica. Apesar da aplicação em grande escala, a eficiência dos STPs ainda é desconhecida em muitos empreendimentos, devido principalmente à ausência ou inadequação técnica dos monitoramentos (POMPEU *et al.*, 2012).

Monitoramentos de longo prazo e a utilização de tecnologias de ponta, como a biotelemetria, por exemplo, são consideradas ferramentas imprescindíveis na avaliação da eficiência de atração e de passagem de STPs (COOKE & HINCH, 2013). Entretanto, sua aplicação no Brasil é bastante recente (HAHN, 2012), em contraste com a grande importância biológica e cultural das espécies de peixes migradores (CAROSFELD & HARVEY, 2003).

Na bacia amazônica, o comportamento migratório de grandes bagres como a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e o babão (*Brachyplatystoma platynemum*), ainda é pouco conhecido. Dados sobre a estrutura genética e história de vida dessas espécies são escassos e geograficamente restritos (VÁSQUEZ *et al.*, 2009). Informações obtidas através de dados da pesca sugerem que as áreas de crescimento e desova dessas espécies podem estar separadas por milhares de quilômetros (BARTHEM *et al.*, 1991; BARTHEM & GOULDING, 1997; VÁSQUEZ *et al.*, 2009), entre o estuário do rio Amazonas e as nascentes de tributários como o rio Madeira.

A complexidade do comportamento dos grandes bagres, aliada ao processo de construção de hidrelétricas no rio Madeira, torna urgente a necessidade de obtenção de dados robustos sobre o funcionamento de sistemas de transposição na bacia.

O Sistema de Transposição da Ilha do Presídio da usina hidrelétrica de Santo Antônio, localizada no rio Madeira, foi concebido com o objetivo principal de permitir a passagem de grandes bagres do gênero *Brachyplatystoma* para os trechos a montante da barragem.

O monitoramento da eficiência de atração e passagem desse sistema está sendo realizado principalmente através da aplicação de técnicas de radiotelemetria. Neste relatório são apresentados os resultados dos movimentos de peixes marcados com radiotransmissores, detectados por estações fixas e monitoramentos móveis no STP da Ilha do Presídio, em estruturas da barragem, no reservatório (até a antiga Cachoeira do Teotônio) e no rio Madeira a jusante da usina, como parte do Programa de Conservação da Ictiofauna (PCI) da UHE Santo Antônio.

Esse documento apresenta os resultados do monitoramento dos movimentos de peixes migradores do rio Madeira entre **janeiro de 2013 e dezembro de 2014** e também recomendações para as futuras etapas do projeto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Os dados foram coletados na UHE Santo Antônio e no rio Madeira, até 10 km a jusante da usina e no reservatório até 15 km a montante (Figura 1).

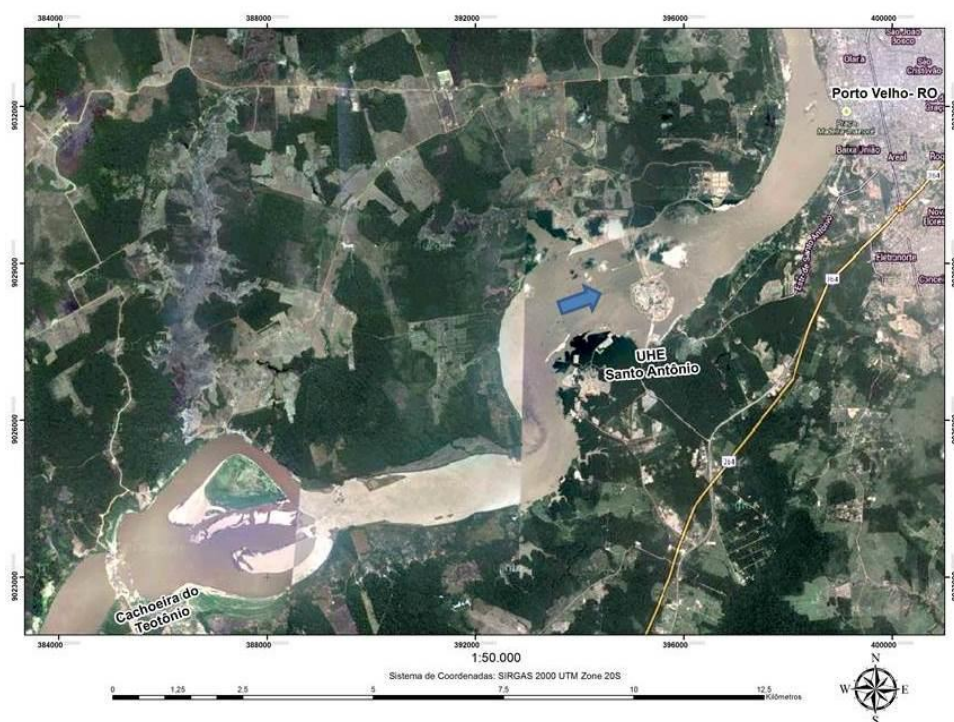


Figura 1: Área de estudo do projeto de monitoramento radiotelemétrico de peixes na UHE Santo Antônio. A seta azul indica a direção do fluxo de água.

A UHE Santo Antônio está localizada no rio Madeira no município de Porto Velho, RO ($8^{\circ}48'18.13''S$ $63^{\circ}56'57.80''O$). Seu reservatório possui área de 354 km^2 , extensão de 100 km, tempo de residência médio de 1,34 dias e profundidades média e máxima de 11 e 24 m, respectivamente. O enchimento do reservatório foi concluído em janeiro de 2012.

A construção da usina teve início em setembro de 2008 e sua conclusão está prevista para 2016. Quando for concluída (Figura 2), será composta por quatro grupos geradores: GG1 (com oito turbinas), localizado na margem direita do rio Madeira; GG2 e GG3 (com 12 turbinas cada), localizados na margem esquerda e GG4 (com 12 turbinas), localizado na porção central da usina. Além dos grupos geradores, a usina possui dois vertedouros: VTP (ou principal), localizado entre o GG4 e o GG2, com 15 vãos com comportas segmento que permitem a passagem de um volume de até $84 \text{ mil m}^3/\text{s}$ de água e VTC (ou complementar), situado na margem direita do rio Madeira e composto por três vãos, com o objetivo de auxiliar o vertedouro principal a escoar a água excedente do reservatório.

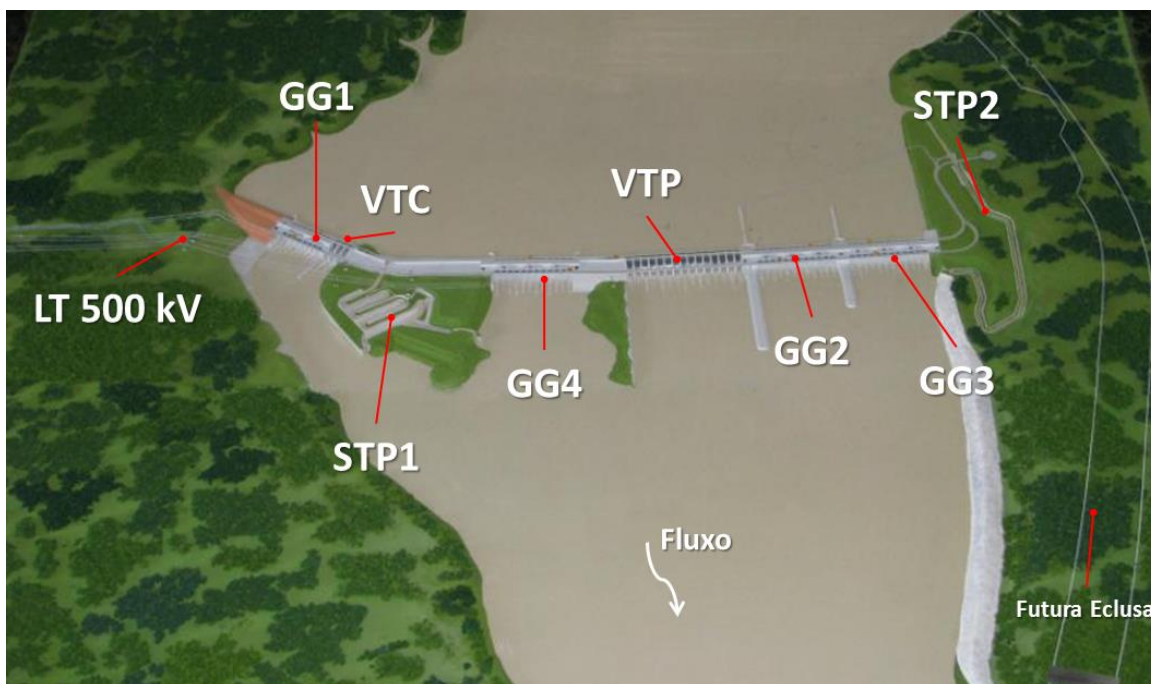


Figura 2: Estruturas da barragem da UHE Santo Antônio

O Sistema de Transposição de Peixes (STP1) está localizado na antiga Ilha do Presídio entre o VTC e o GG4. É um canal de 900 m de extensão, largura média de 10 m, com dissipadores tipo dique transversal de gabião com ranhura vertical (Figura 3) e vazão entre 10 e 14 m³/s. Possui duas entradas: a primeira, atualmente em operação, localizada próxima ao VTC e GG1 e a segunda, ainda em construção, voltada para o canal de fuga do GG4. A saída está a aproximadamente 200 m da primeira turbina do GG4.

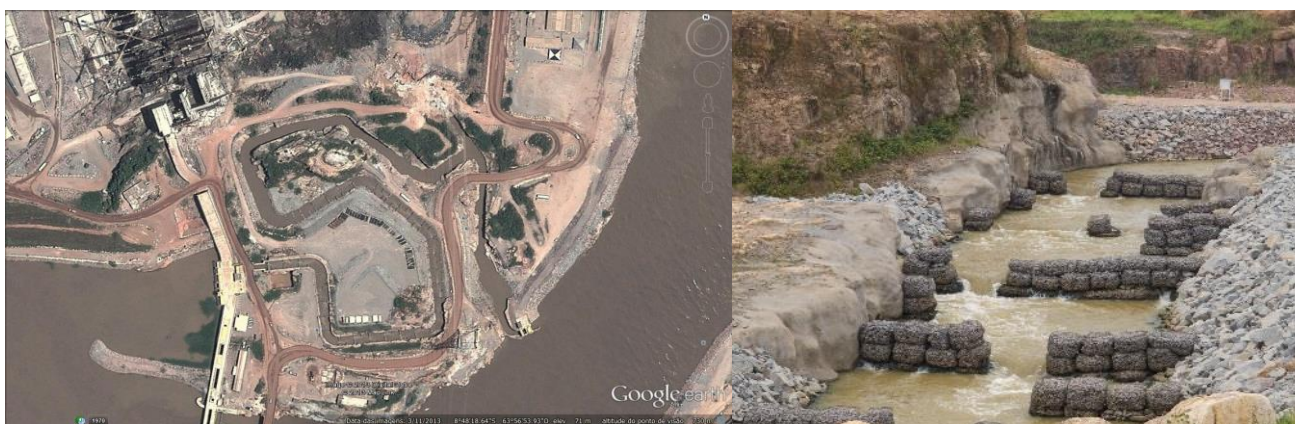


Figura 3: Sistema de transposição de peixes da UHE Santo Antônio.

2.2. Captura e marcação de peixes

As capturas dos peixes para marcação eletrônica foram realizadas a jusante da UHE Santo Antônio, próximo a localidade de São Sebastião e ao porto Cai N'água. Foram utilizadas redes de arrasto (“descaída”), linha de mão, espinhel e groseira. A rede de arrasto possui 200 m de comprimento, 2,5 m de altura, malha de 20 cm e linha de 48 mm. Para a pesca com esse petrecho 40 pescadores estiveram envolvidos, trabalhando em duplas com cerca de oito lances por dia (Figura 4). Para pesca de groseira, realizada por 10 pescadores, foram utilizados dois anzóis com linha de 200 m e iscas locais, como candiru, piauí, curimatã, branquinha e pacu e espinhel com diversos tamanhos de anzóis.



Figura 4: Pesca de dourada com rede de arrasto no projeto de monitoramento radiotelemétrico de peixes da UHE Santo Antônio.

Após a captura, os peixes foram imediatamente transferidos para a base de marcação localizada num flutuante na margem esquerda do rio Madeira (Figura 5), onde foram mantidos em tanques com renovação constante de água até o momento da marcação.



Figura 5: Base para marcação de peixes em flutuante a jusante da UHE Santo Antônio.

Os peixes foram então individualmente anestesiados em um banho indutor de óleo de cravo (eugenol) diluído em água do rio (10 ml eugenol em 400 litros de água) por um período de 3 a 10 minutos. Antes da marcação, os peixes foram medidos (comprimento total e padrão em centímetros) e pesados (em gramas). Após sedação profunda (identificada pela interrupção dos movimentos operculares e natatórios) os peixes foram transferidos para uma cama cirúrgica e posicionados com o ventre para cima. Durante a cirurgia para implante do transmissor, as brânquias dos peixes foram constantemente irrigadas com solução anestésica por meio de um tubo inserido via oral (Figura 6). O equipamento cirúrgico foi desinfetado com solução germicida (quaternário de amônia) imediatamente antes de cada procedimento.

Através de uma incisão realizada na cavidade abdominal, o transmissor era inserido no corpo do peixe e a antena direcionada externamente através da lateral da incisão com auxílio de catéter. A incisão era então fechada através de suturas com fios absorvíveis (Vicryl, J&J Ethicon). Os procedimentos acima seguiram os protocolos descritos em HAHN et al. (2011).



Figura 6: Implante de radiotransmissor em *Brachyplatystoma platynemum* (babão).

Após a cirurgia, os peixes foram mantidos em tanques aerados por um período de 30 min a 2 horas. Todos os peixes marcados (n=152) apresentaram movimentos natatórios e operculares considerados normais em até 10 min após o término da cirurgia. Os peixes foram soltos na porção central do rio Madeira 1.800 m a jusante da usina (08°47'16.64"S; 63°55'38.70"W).

Foram também considerados como parte da amostra desse monitoramento 114 peixes marcados entre abril de 2011 e janeiro de 2012 no âmbito de três projetos anteriores, totalizando 266 indivíduos.

2.3. Equipamento de telemetria e rastreamento de peixes marcados

Os peixes foram marcados com três modelos de radiotransmissores: MCFT-3A, MCFT2-3L e MCFT-7A, com taxa de envio de sinais entre 2 e 5 segundos e vida útil estimada entre 271 e 1095 dias. Os radiotransmissores operaram em frequências entre 148.730 e 151.780 MHz, separadas por, no mínimo, 80 MHz.

A detecção dos sinais de peixes marcados foi realizada através de (i) bases fixas e (ii) monitoramentos móveis. As bases fixas (i) foram instaladas ao longo das estruturas da usina e também no STP. Cada estação fixa de telemetria foi equipada com um receptor marca

Lotek modelo SRX600 ou SRX-DL conectados via cabo coaxial a antenas modelo Yagi de 3 a 6 elementos. A alimentação dos receptores se deu via painel solar conectado a baterias automotivas de 12 V (Figura 7).



Figura 7: Base fixa de radiotelemetria instalada na UHE Santo Antônio.

As bases fixas instaladas no STP entraram em operação entre maio e junho de 2012 e as localizadas nas demais estruturas da usina em janeiro de 2013, a partir da entrega dos equipamentos importados, totalizando até setembro de 2013, 14 bases em operação (Figura 8).

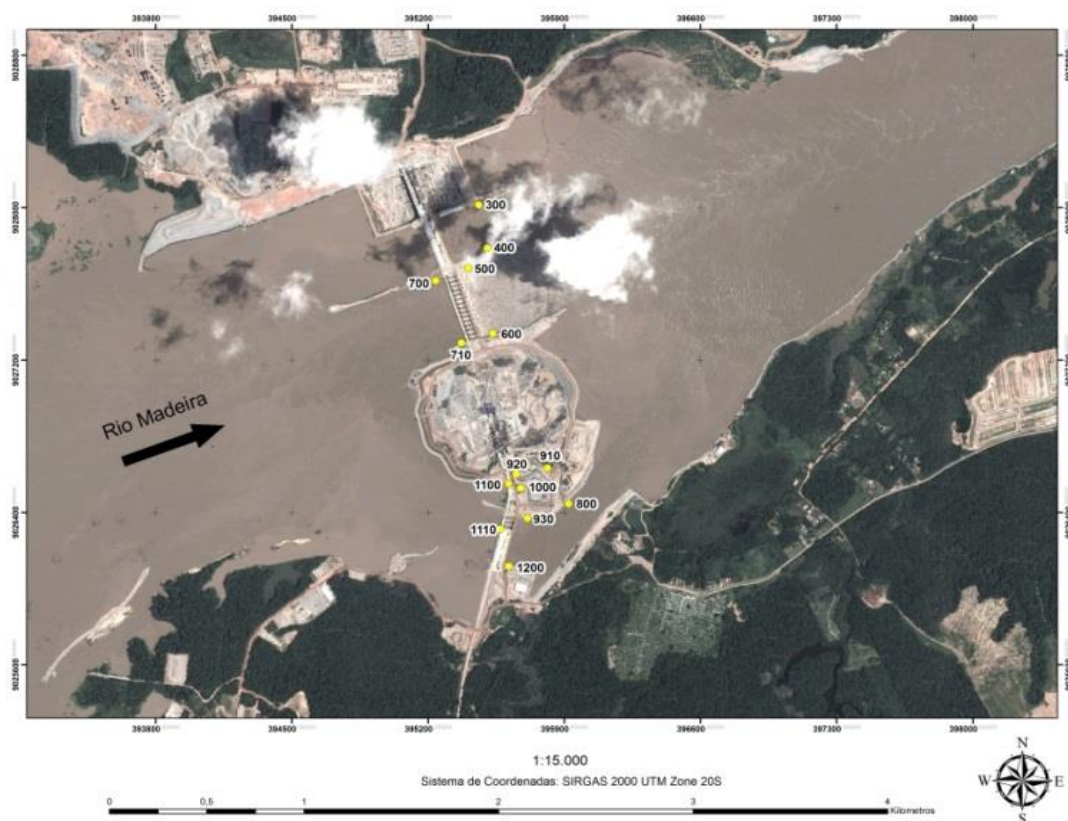


Figura 8: Localização das bases fixas de radiotelemetria instaladas na UHE Santo Antônio.

Mensalmente é realizada verificação do funcionamento das bases fixas através da detecção de sinais da marca-teste, checagem da carga das baterias, conexão dos cabos, funcionamento do painel solar, entre outros.

Em adição aos dados obtidos pelas estações fixas, foram realizados rastreamentos móveis a pé e de barco na área de estudo, com a utilização de um receptor (modelo SRX 600) com GPS integrado conectado via cabo coaxial a antenas Yagi de 3 elementos, anexadas a um barco de alumínio (Figura 9).



Figura 9: Monitoramento móvel de peixes marcados com radiotransmissores a jusante da UHE Santo Antônio.

Monitoramentos por barcos foram realizados mensalmente entre maio de 2012 e junho de 2014, num trecho de 10 km compreendido entre a UHE Santo Antônio e a ponte da BR 349. Entre maio e setembro de 2012, o rastreamento era realizado em dois eventos: subida pela margem direita e descida pela margem esquerda do rio Madeira. Entretanto, com o objetivo de detectar possíveis diferenças nos registros de peixes localizados a jusante da usina, a partir de outubro de 2012 os rastreamentos passaram a ser realizados através de linhas paralelas com distâncias aproximadas de 200 m de modo a cobrir toda a largura do rio (Figura 10).



Figura 10: Transectos de rastreamento móvel à jusante da UHE Santo Antônio.

Os rastreamentos móveis, inicialmente executados uma vez ao mês em dois horários foram ampliados para dois dias ao mês em quatro horários: entre 5h-08h; entre 11h-14h, entre 17h-20h e entre 23h-02h. Os rastreamentos móveis por barco foram também realizados mensalmente a montante, entre a UHE Santo Antônio e a antiga cachoeira do Teotônio. A partir de junho de 2014, rastreamentos móveis foram suspensos, uma vez que os resultados das análises demonstraram que esse método não foi eficaz no registros de novas detecções, uma vez que as análises indicaram que apenas uma pequena porcentagem do registro referia-se a peixes “vivos”. Os demais registros provavelmente estão relacionados a peixes pescados cujos transmissores foram devolvidos à água por pescadores.

2.4. Análise de dados

Processamento dos dados

Os dados coletados de janeiro de 2013 a dezembro de 2014 nas bases fixas da barragem do SAE foram inicialmente processados para identificação de registros válidos seguindo o protocolo de Beeman & Perry (2012). O processamento consistiu na remoção de

registros com códigos de erro (999 e códigos que não correspondiam a nenhuma das marcas implantadas nos peixes), registros com potência < 40, e registros denominados falso-positivo (i.e. registros de códigos válidos gerados por erro do sistema de telemetria). O processamento de registros falso-positivo consistiu de (i) identificar detecções que fizessem parte de uma sequência de no mínimo três registros em 5 minutos (nesse caso os registros foram considerados válidos); e (ii) identificar detecções simultâneas que foram registradas em duas bases diferentes; ou duas antenas diferentes da mesma base (nesses dois casos foi considerado válido o registro com maior potência). Somente registros considerados válidos nos testes (i) e (ii) foram mantidos.

Os dados coletados por rastreamento móvel entre outubro de 2012 e junho de 2014 foram processados de forma semelhante aos dados das bases fixas. Após a identificação de registros válidos, o registro com maior valor de potência em uma dada hora foi identificado e a coordenada GPS associada ao registro foi usada como uma estimativa da posição do indivíduo detectado. Nos poucos casos em que mais de um registro com o maior valor de potência foi identificado para um dado indivíduo em uma dada hora, a mediana das coordenadas GPS associadas a esses registros foi usada como uma estimativa da posição do indivíduo detectado.

Análise dos dados

Os dados do monitoramento fixo foram utilizados para calcular o tempo de residência dos indivíduos próximo a uma estrutura da barragem. As estruturas e localidades (i.e. jusante, montante e os diferentes trechos do STP) monitoradas foram denominadas de “zonas” e definidas como: GG1-jus, GG2-jus, GG3-jus, STP-ent, STP-tinf, STP-tmed, STP-tsup, STP-sai, VTC-jus, VTC-mon, VTP-jus, VTP-mon (jus: jusante, mon: montante, ent: entrada, tinf: trecho inferior, tmed: trecho médio, tsup: trecho superior, sai: saída). Um evento de residência para um dado indivíduo foi iniciado quando o número de detecções numa dada zona foi ≥ 3 e finalizado quando o intervalo de tempo entre detecções sucessivas foi > 30 minutos ou quando o indivíduo foi detectado em uma zona diferente.

Variações diárias no tempo de residência foram analisados como função das estações hidrológicas (Enchente: janeiro a março; Cheia: abril a junho; Vazante: julho a setembro;

Seca: outubro a dezembro) e da vazão de água nas casas de força, vertedouros e STP usando modelos lineares mistos, onde os indivíduos foram considerados efeitos aleatórios (Zuur *et al.* 2009). As análises foram feitas para dados de residência diários registrados nos GG1, GG2 e GG3; no VTP e VTC (dados foram combinados, visto que os dados de vazão não estão separados por essas estruturas); e na entrada e trecho inferior do STP (onde supostamente a vazão do STP tem mais influência na residência dos indivíduos). Além disso, é importante mencionar que as análises consideraram a influência da estação e vazão de água *apenas* na residência de indivíduos que foram detectados nas proximidades da barragem. Indivíduos marcados que nunca foram detectados e portanto têm residência igual a zero próximo à barragem foram excluídos das análises devido ao excesso de zeros que seria inserido na tabela de dados.

Foram ajustados um total de cinco modelos para cada estrutura da barragem, que representam diferentes combinações das variáveis estação e vazão. Quando necessário, a variabilidade dos resíduos foram modelados com uma estrutura de variância para remover a heterocedasticidade (Zuur *et al.* 2009). Esses modelos foram comparados utilizando o Critério de Informação de Akaike com ajuste para pequenos tamanhos amostrais (AICc). De acordo com esse critério, modelos com menores valor de AICc são mais parcimoniosos para descrever a variação nos dados. Diferenças em AICc (denominada $\Delta AICc$) menores que 2 indicam modelos que são igualmente corroborados pelos dados e diferenças maiores que 4 indicam modelos que tem pouco ou nenhum suporte dos dados (Burnham & Anderson 2002). As análises foram feitas usando a extensão “nlme” (Pinheiro *et al.* 2013) no R 3.0 (R Core Team 2013).

Os dados do rastreamento móvel foram utilizados para calcular as distâncias (i) entre as posições de cada indivíduo e a mediana das coordenadas de suas posições; (ii) entre as posições de cada indivíduo e um ponto central na barragem próximo ao lado direito do VTP (8° 47' 58.4" Sul, 63° 57' 4.4" Oeste); e (iii) entre as posições de cada indivíduo e a entrada do STP (8° 48' 23.0" Sul, 63° 56' 48.46" Oeste). As distâncias calculadas em (i) representam uma medida da mobilidade dos indivíduos a partir de uma posição central as localidades de suas detecções e valores pequenos (e.g. < 500 m) podem sugerir mortalidade ou marca perdida.

3. RESULTADOS

3.1. Marcação de peixes

Na etapa anterior do monitoramento (abril de 2012 a janeiro de 2013), foram marcados com radiotransmissores e soltos a jusante da UHE Santo Antônio 152 peixes: 70 entre abril e junho, 80 entre novembro e dezembro de 2012 e 2 peixes em fevereiro de 2013 (*Brachyplatystoma filamentosum*, piraíba=9; *B. platynemum*, babão=40; *B. rousseauxii*, dourada= 101 e *B. vaillantii*, piramutaba=2; Anexo 1).

O comprimento total (CT) dos indivíduos marcados com radiotransmissores variou de 57 a 150 cm, e o peso total (PT) entre 1.200 a 42.300 g (Figura 11). As relações peso-comprimento para douradas e babões são apresentadas nas Figuras 12 e 13. Não foi possível correlacionar os dados de comprimento e peso para piramutabas e piraíbas devido ao baixo número de indivíduos capturados.

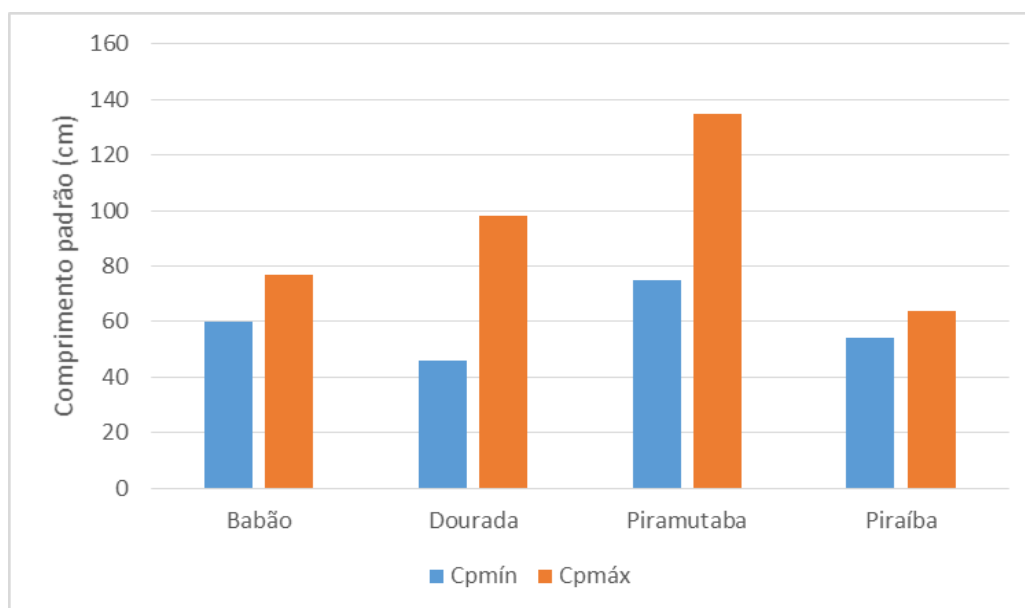


Figura 11: Distribuição de frequência de comprimento padrão para as espécies capturadas a jusante da UHE Santo Antônio e marcadas com radiotransmissores.

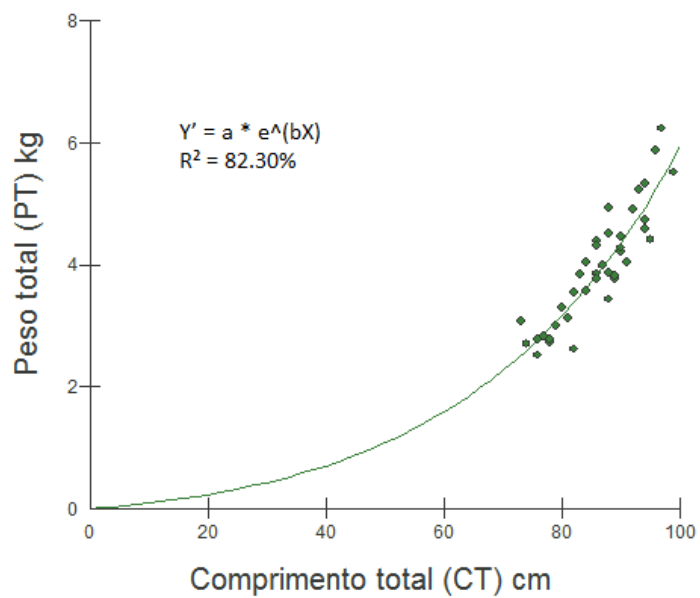


Figura 12: Relação peso-comprimento das douradas marcadas e soltas a jusante da UHE Santo Antônio.

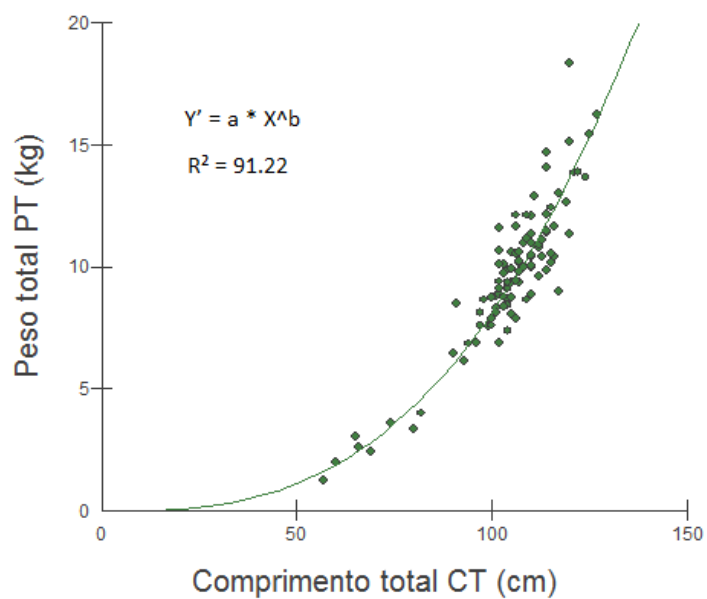


Figura 13: Relação peso-comprimento dos babões marcados e soltos a jusante da UHE Santo Antônio.

A maior parte das douradas foi coletada pelo método de descaída, enquanto que os babões foram coletados em maior número por linha de mão. Uma vez que as coletas ocorreram em dois períodos distintos, a primeira etapa entre maio e junho (período de vazante/seca) e a segunda entre novembro e dezembro (período de enchente/cheia), pode-se observar uma diferença na quantidade de indivíduos capturados em cada período. No período de vazante foi coletado um número maior de babões e no período de cheia mais douradas.

3.2. Rastreamento dos peixes marcados

Bases fixas

Um total de 212.815 detecções válidas de 28 indivíduos (9,3% do total marcado desde 2011, n = 310) foram registradas nas bases fixas ao longo da barragem do SAE. Oito desses indivíduos (dourada, IDs 1015, 1016, 1017, 3074, 3078, 20197 e 30177; filhote, ID 30181) foram marcados na última campanha de marcação (9,6% do total marcado após novembro de 2012, n = 83). Os 28 indivíduos detectados consistiram de babão (n = 5), dourada (n = 12), filhote (n = 4), jaú (n = 2) e surubim (n = 4). Do total de detecções válidas, a grande maioria (94,2%) consistiu de registros de apenas quatro indivíduos (dourada, IDs 2046, 3074 e 20197; babão, ID 304).

Todas as detecções válidas registradas até o momento ocorreram a jusante da barragem ou na entrada ou trecho inferior do STP. Com relação às detecções no STP, quatro indivíduos (douradas, IDs 2046, 3074 e 20197; filhote, ID 30181) foram detectados nas proximidades de sua entrada (tempo de residência: 1-185 minutos) e três indivíduos (dourada, ID 3074 e 20197; filhote, ID 30181) foram detectados no trecho inferior (tempo de residência: 10-147 minutos; Figura 14).

O tempo total de residência dos indivíduos próximo a barragem variou de 4 segundos a 26 dias. Os maiores tempos de residência foram observados a jusante do GG1, GG2, VTP e VTC (Figuras 15 a 17).

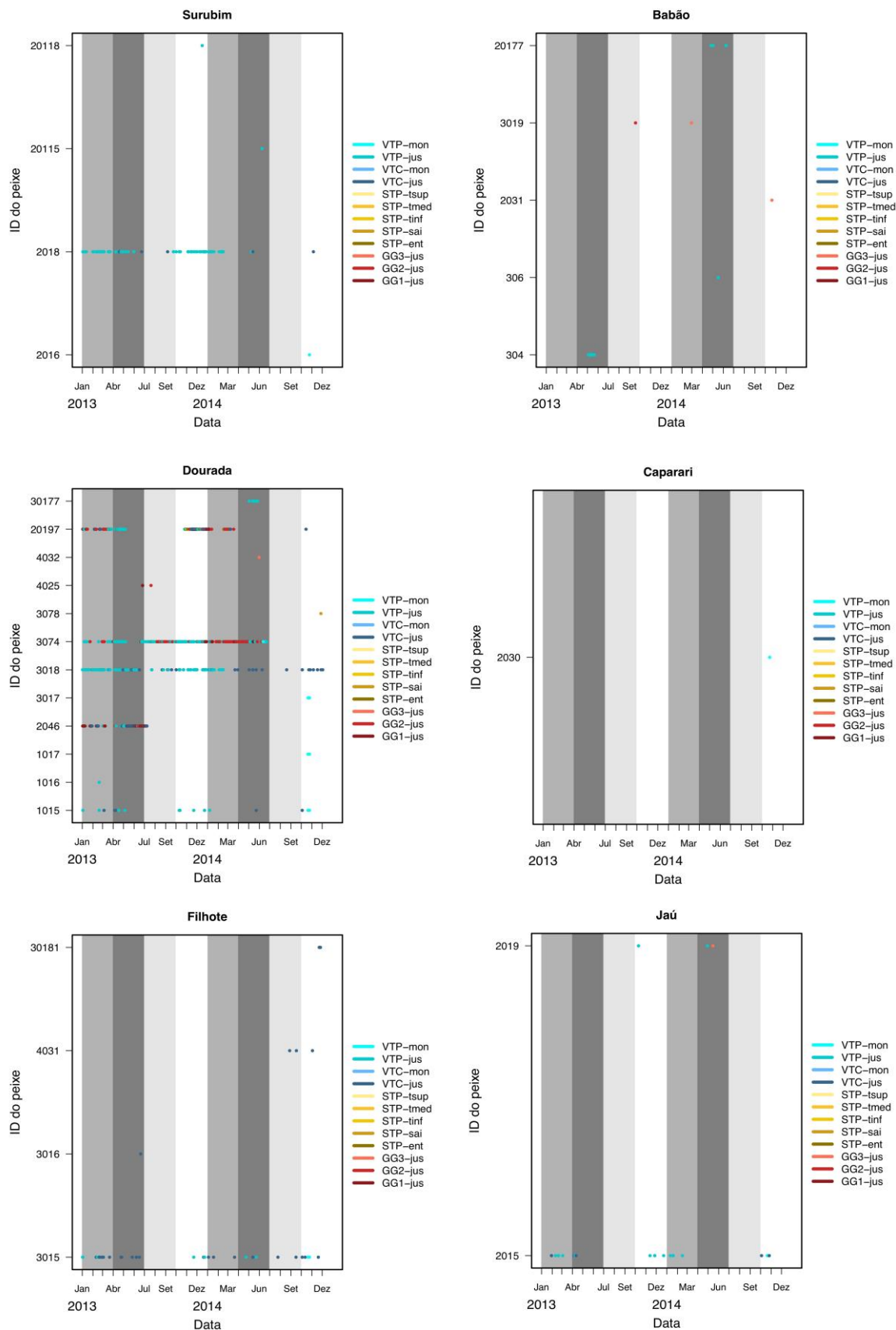


Figura 14: Movimentação de indivíduos de surubim, babão, dourada, caparari, filhote e jaú. ao longo das zonas da barragem do SAE durante o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2014.

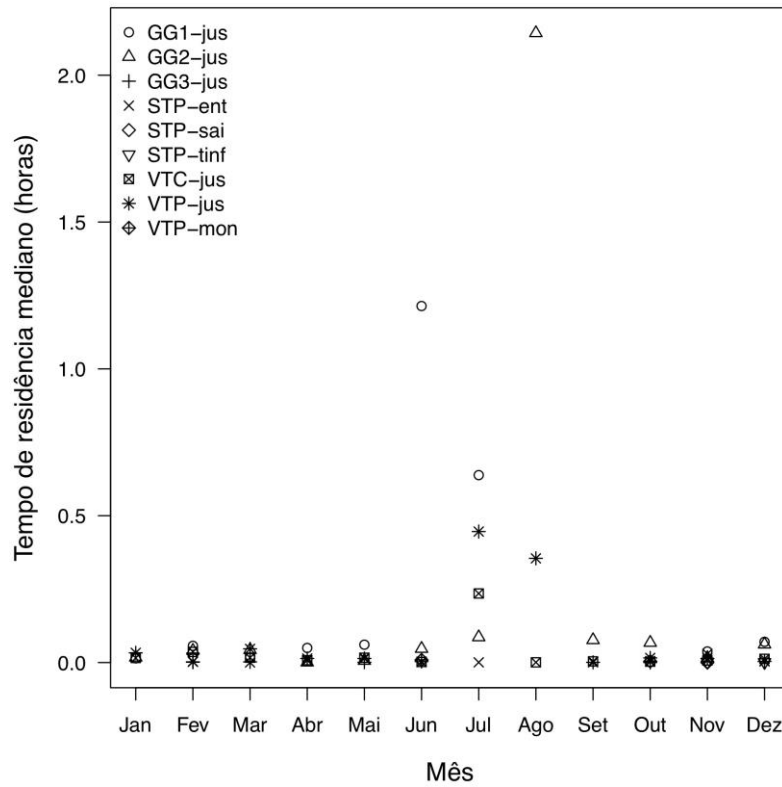


Figura 15: Tempo de residência dos peixes marcados a jusante das diferentes estruturas da usina hidrelétrica de Santo Antônio.

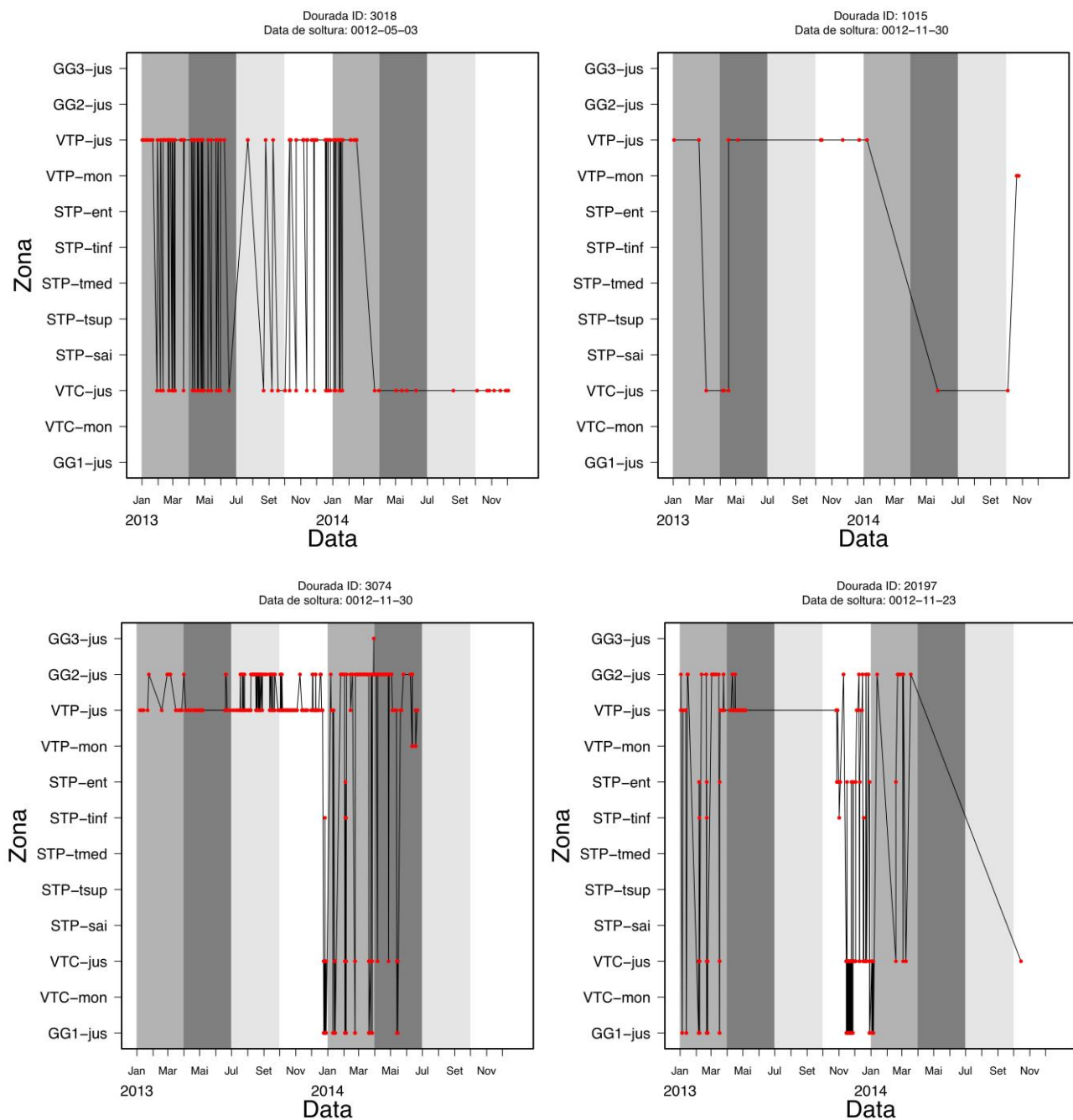


Figura 16: Eventos e tempos de residência de douradas em cada zona da barragem da UHE Santo Antônio ao longo do período de janeiro de 2013 a dezembro de 2014. As zonas estão organizadas no eixo y e aproximadamente de acordo com a disposição delas ao longo da barragem, iniciando na margem direita (parte inferior do eixo y) e terminando na margem esquerda (parte superior do eixo y). As linhas vermelhas denominam períodos em que o indivíduo residiu em uma zona. Os tons de cinza intermediário, escuro, claro e branco denominam, respectivamente, os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.

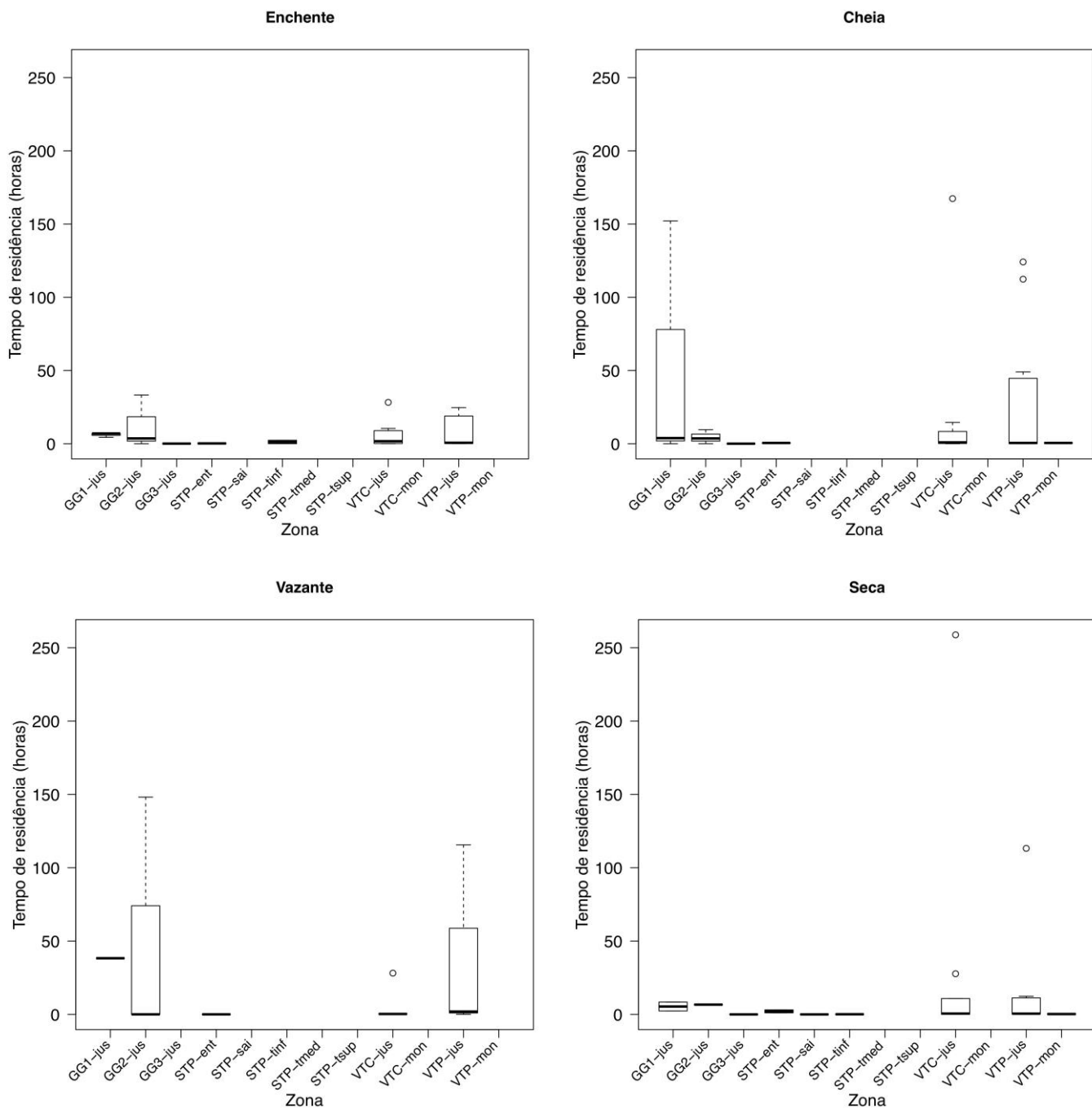


Figura 17: Tempo de residência de douradas nas zonas da barragem da UHE Santo Antônio por estação hidrológica. Foram omitidas as zonas onde não houveram detecções.

A seleção de modelos ajustados aos dados de douradas próximas ao GG1 indicou que a residência foi associada a estação hidrológica (Tabela 1), sendo em média 88 minutos mais longa na cheia que na enchente (as duas únicas estações em que as douradas foram

detectadas próximas ao GG1 em 2014). Já para o GG2 tanto o modelo contendo apenas a vazão da casa de força e envolvendo uma interação entre a vazão e a estação hidrológica tiveram um $\Delta AICc < 2$ (Tabela 1). Pelo princípio da parcimônia, o modelo mais simples deve ser escolhido nesses casos; isso é, o modelo incluindo apenas a vazão. O coeficiente da vazão ($\beta_{\text{vazão}} = -0.00819$) nesse modelo indicou que há um declínio no tempo de residência das douradas próximo ao GG2 com o aumento da vazão nessa casa de força (Figura 17). Não foi possível conduzir as análises para o GG3 devido ao pequeno número de eventos de residência ocorridos próximo a essa casa de força.

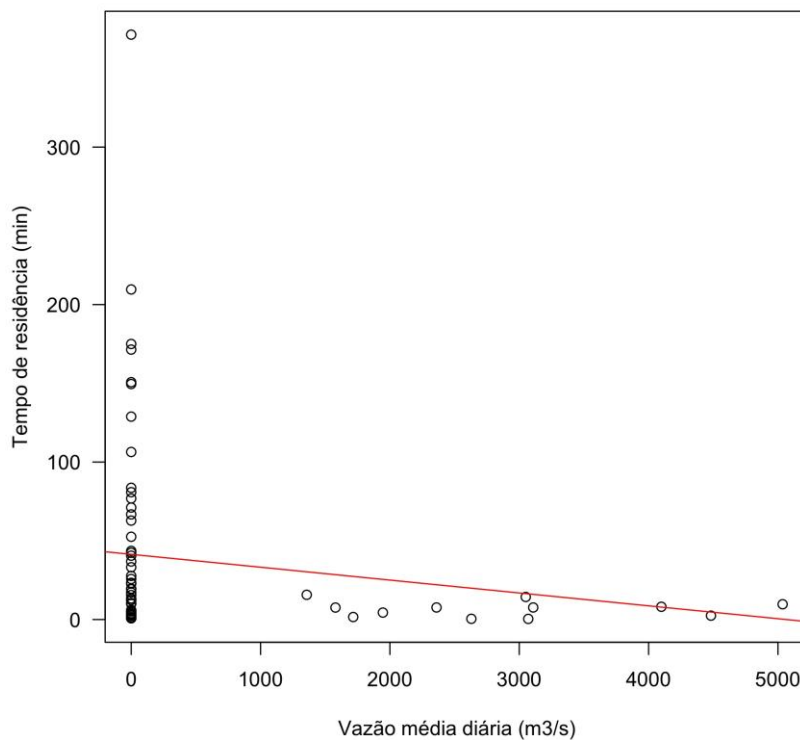


Figura 17: Relação entre o tempo de residência das douradas nas proximidades do GG2 e da vazão diária média turbinada nessa casa de força. A inclinação da reta é dada pelo coeficiente da variável vazão no modelo selecionado na análise para o GG2.

Tabela 1 – Resultado da seleção de modelos usando o critério de informação de Akaike (AICc). O conjunto de modelos comparados em cada análise avaliou o efeito da Estação e Vazão (ou nenhum efeito) no tempo diário de residência das douradas que foram detectadas nas proximidades de uma estrutura da barragem de Santo Antônio. Os modelos estão ordenados em ordem crescente do valor de AICc. $\Delta AICc$ é a diferença do valor de AICc de um dado modelo em relação ao modelo com menor valor de AICc. $wAICc$ é o peso AICc de cada modelo e pode ser interpretado como a probabilidade de um dado modelo ser o mais adequado para explicar a variação nos dados. G.L. é o número de graus de liberdade associados a um dado modelo.

Modelo	AICc	$\Delta AICc$	wAICc	G.L.
GG1				
Estação	207.90	0.00	0.71	4
Sem efeitos	211.10	3.25	0.14	3
Estação + VazãoGG1	211.60	3.72	0.11	5
VazãoGG1	214.00	6.09	0.03	4
Estação x VazãoGG1	216.00	8.11	0.01	6
GG2				
Estação x VazãoGG2	657.20	0.00	0.57	7
VazãoGG2	658.00	0.80	0.38	5
Estação + VazãoGG2	663.60	6.44	0.02	6
Estação	663.70	6.58	0.02	5
Intercepto (sem efeitos)	666.70	9.54	0.01	4
STP				
Sem efeitos	118.30	0.00	0.98	4
Estação	127.10	8.79	0.01	5
VazãoSTP	127.30	8.99	0.01	5
Estação + VazãoSTP	142.10	23.75	0.00	6
Estação x VazãoSTP	171.80	53.50	0.00	7
VTP e VTC				
Sem efeitos	1536.40	0.00	0.58	6
VazãoVT	1538.60	2.19	0.20	7
Estação	1539.10	2.70	0.15	9
Estação + VazãoVT	1540.70	4.30	0.07	10
Estação x VazãoVT	1545.60	9.13	0.01	13

A seleção de modelos ajustados tanto aos dados de residência no STP (entrada e trecho inferior) e próximo aos vertedouros (VTC e VTP) indicou que não houve nenhuma relação entre o tempo de residência das douradas e a estação hidrológica ou vazão nessas estruturas (Tabela 1).

Rastreamento móvel

Um total de 903 posições de 51 indivíduos (16,5% do total marcado desde 2011, n =

310) foi registrado a jusante da barragem da UHESA entre outubro de 2012 e junho de 2014. Vinte e cinco desses indivíduos (babão [n=2], dourada [n =23]) foram marcados na última campanha de marcação (30.1% do total marcado após novembro de 2012, n = 83).

Dentre os 51 indivíduos detectados no rastreamento móvel, onze (21,6%) também foram detectados nas bases fixas ao longo da barragem da UHESA (Tabela 2). Para esses indivíduos, o número de posições variou de 1 a 5 (mediana: 3) e as distâncias máximas entre as posições e a mediana das posições (considerando apenas indivíduos com mais de uma posição) variou de 714 a 5.042 m (mediana: 2.495 m; Tabela 2). As distâncias entre as posições desses indivíduos e o centro da barragem variou entre 997 a 7.139 m (mediana: 3.919 m), e entre 334 a 7.623 m (mediana: 3.985 m) para a entrada do STP (Tabela 2).

Tabela 2. Sumário dos dados do rastreamento móvel por indivíduo detectado. As distâncias mostradas são aquelas entre as posições de um dado indivíduo e a mediana de todas suas posições, o centro da barragem e a entrada do STP. Os valores representam a mediana das distâncias com as mínimas e máximas entre parênteses. O período de tempo com que um indivíduo foi detectado no rastreamento móvel é indicado em meses. O número de meses é zero para aqueles indivíduos detectados em apenas um dia de rastreamento. Os indivíduos que também foram detectados nas bases fixas estão indicados em negrito.

ID	Distâncias			No. meses	No. posições
	Mediana das posições	Centro da barragem	Entrada do STP		
<i>Babão</i>					
303	166 (25-275)	4514 (4285-4748)	4751 (4503-4985)	20	64
306	0 (0-0)	3375 (3375-3375)	3328 (3328-3328)	0	1
309	143 (12-1012)	6918 (6217-7309)	7431 (6647-7801)	12	84
2031	0 (0-0)	6619 (6619-6619)	7099 (7099-7099)	0	1
20186	34 (12-86)	3528 (3502-3568)	3717 (3704-3754)	8	6
20203	80 (35-256)	4777 (4562-4946)	4913 (4693-5089)	3	15
<i>Caparari</i>					
2072	0 (0-0)	6156 (6156-6156)	6510 (6510-6510)	0	1
<i>Dourada</i>					
103	19 (18-30)	3074 (3062-3100)	3249 (3247-3275)	0	3
108	39 (6-181)	3215 (3134-3383)	3173 (3091-3351)	11	70
109	309 (309-309)	4533 (4329-4736)	4667 (4422-4911)	0	2
1013	223 (223-223)	23147 (22951-23343)	23527 (23335-23719)	0	2
1014	27 (9-29)	6520 (6519-6559)	6917 (6911-6954)	1	5
1015	535 (0-3975)	2480 (1958-6024)	2465 (2031-6324)	1	5
1049	23 (5-1191)	4934 (3757-5013)	4999 (3877-5073)	10	17
1050	112 (0-362)	4944 (4710-5173)	5123 (4842-5372)	7	37

Tabela 2: *Continuação*

ID	Distâncias			No. meses	No. posições
	Mediana das posições	Centro da barragem	Entrada do STP		
2044	0 (0-0)	1367 (1367-1367)	1266 (1266-1266)	0	1
2046	0 (0-0)	3919 (3919-3919)	3985 (3985-3985)	0	1
3018	2421 (2363-2645)	4873 (2574-6952)	5104 (2641-7444)	0	4
3022	0 (0-0)	1593 (1593-1593)	1632 (1632-1632)	0	1
3077	60 (60-60)	5083 (5031-5135)	5276 (5229-5323)	0	2
3082	11 (5-14)	3123 (3113-3137)	3292 (3285-3308)	1	4
3084	105 (3-592)	3848 (3545-4393)	4049 (3709-4619)	19	63
3086	15 (3-66)	6971 (6917-7017)	7413 (7361-7463)	9	39
3087	17 (13-301)	4385 (4105-4406)	4414 (4111-4432)	9	5
3092	150 (150-150)	4404 (4266-4541)	4597 (4474-4721)	0	2
3094	21 (5-418)	5680 (5301-5698)	5793 (5448-5810)	0	8
3096	27 (20-61)	3326 (3277-3349)	3393 (3336-3426)	0	6
3097	12 (6-27)	3119 (3101-3140)	3301 (3280-3326)	1	6
4025	2475 (2475-2475)	2974 (997-4952)	2785 (334-5236)	9	2
20178	55 (0-170)	4869 (4767-5008)	5026 (4950-5180)	3	11
20188	19 (2-192)	6538 (6375-6574)	6906 (6731-6947)	6	31
20191	0 (0-0)	911 (911-911)	18 (18-18)	0	1
20197	57 (17-714)	3210 (3112-3897)	3165 (3071-3879)	1	4
20198	20 (0-1083)	4772 (4293-5213)	4810 (4309-5417)	3	9
30170	1335 (1335-1335)	6475 (5603-7348)	6837 (5846-7829)	8	2
30171	24 (4-88)	3265 (3173-3314)	3430 (3353-3477)	9	15
30176	308 (308-308)	4297 (4197-4397)	4462 (4305-4618)	0	2
30177	0 (0-0)	7060 (7060-7060)	7535 (7535-7535)	0	1
<i>Filhote</i>					
3015	1977 (844-5042)	5944 (1237-7139)	6227 (864-7623)	0	5
4030	460 (460-460)	4315 (4092-4538)	4389 (4088-4690)	0	2
<i>Jaú</i>					
1053	0 (0-0)	2872 (2872-2872)	3052 (3052-3052)	0	1
2015	2495 (2495-2495)	4485 (2401-6568)	4713 (2385-7042)	0	2
<i>Surubim</i>					
1051	76 (2-1138)	6600 (5622-6961)	6999 (5989-7474)	20	117
1054	30 (2-184)	5882 (5752-5949)	6135 (6000-6224)	15	80
2018	834 (95-1064)	2304 (1337-2995)	2486 (1345-2980)	0	3
2021	53 (3-263)	2315 (2170-2531)	2592 (2391-2747)	11	68
2032	30 (4-233)	4034 (3941-4220)	4019 (3930-4230)	9	22
2033	37 (3-95)	4383 (4329-4476)	4560 (4497-4649)	9	11
2034	134 (4-263)	5091 (4838-5194)	5264 (4991-5349)	11	25
2051	17 (2-80)	4586 (4566-4637)	4606 (4593-4665)	9	32

*Caparari: *Pseudoplatystoma tigrinum*, Surubim: *Pseudoplatystoma punctifer*

Dentre os indivíduos que foram detectados apenas no rastreamento móvel (n = 41, 80.4%), o número de posições obtidas variou de 1 a 117 (mediana: 6) e as distâncias máximas entre as posições e a mediana das posições foi tipicamente abaixo de 500 m (mediana: 222.8 m, para indivíduos com mais de uma posição; Tabela 2). Apenas cinco indivíduos foram detectados a distâncias maiores que 1.000 m da mediana de suas posições. (Tabela 2). Dezoito (45%) dos 40 indivíduos com distâncias da mediana de suas posições inferiores a 500 m foram registrados por períodos iguais ou superiores a 6 meses (Tabela 2). As distâncias entre as posições dos indivíduos detectados apenas no rastreamento móvel e o centro da barragem variou entre 911 a 23.343 m (mediana: 4.514 m), e entre 18 a 23.719 m (mediana: 4.606 m) para a entrada do STP (Tabela 2).

Em relação ao apresentado no relatório anterior, o único novo registro é de um babão (ID2031) que havia sido detectado somente no monitoramento móvel e foi detectado nos últimos meses próximo do GG3.

3.3. Devolução de transmissores

Foram devolvidos por pescadores locais cinco radiotransmissores (Tabela 3) que haviam sido implantados em duas douradas (códigos 3022 e 3094), em duas piraíbas (códigos 30181 e 4029) e em um babão (código 2038).

A piraíba 30181 foi recapturada apenas uma semana após a soltura (em 22/02/13), aproximadamente 37 km a jusante da usina. Não foram repassadas informações sobre a recaptura do babão (código 2038), mas o transmissor foi devolvido ao projeto.

Tabela 3: Peixes marcados com radiotransmissores e recapturados por pescadores no rio Madeira.

Código	Nome comum	Data soltura	Data recaptura	Local recaptura
4029	Filhote	31/05/12	18/09/12	43 Km jusante usina
3022	Dourada	05/04/12	01/05/13	10 Km jusante usina
3094	Dourada	30/11/12	01/02/13	150 Km jusante usina
30181	Filhote	22/02/13	01/03/13	37 Km jusante usina
2038	Babão	29/05/11	não informado	não informado
4025	Dourada	29/05/2012	26/07/2013	9 km jusante usina
4033	Dourada	31/05/2012	mar/13	não informado

4. DISCUSSÃO

O número de peixes marcados detectados pelas bases fixas instaladas na UHE Santo Antônio tem aumentado desde o primeiro relatório consolidado. Isso deve-se em parte ao aumento do número amostral entre 2012 e 2013, mas também ao “retorno” de peixes detectados somente num curto período pós-soltura. No período desse relatório, oito indivíduos se somaram aos 20 já detectados anteriormente. Vale salientar a presença de peixes marcados em 2011 (como surubins e capararis), durante a avaliação da viabilidade da técnica e também na avaliação da passagem pelo VTP durante o enchimento do reservatório.

Com esse acréscimo já está sendo possível identificar, mesmo que preliminarmente, a utilização das áreas a jusante da usina por algumas espécies, principalmente a dourada, cujo número amostral é maior. Os movimentos e o tempo de permanência dessa espécie estão positivamente relacionados com o período de cheia, principalmente a jusante do GG1. Já a permanência a jusante do GG2 foi menor em maiores vazões. Para as demais estruturas como o STP, o VTP e o VTC não houve relação com o período hidrológico ou com as vazões.

Essas análises foram realizadas conforme sugestão apresentada no relatório anterior: *“Outra sugestão para o próximo período de monitoramento é a correlação dos locais de maior permanência dos peixes com os dados de vazão das estruturas da usina, que não estavam atualizados após fevereiro de 2013 quando todo o sistema de telemetria nas estruturas já finalizadas da usina estava montado e operando e também dados hidrológicos do STP”.*

Mesmo com o aumento no número de indivíduos detectados ainda não é possível inferir sobre os deslocamentos além das estruturas da usina. Conforme mencionado em relatório anterior, isso não é muito surpreendente visto que é muito difícil monitorar indivíduos por muito tempo (meses) após o período de marcação. Isso ocorre porque com o tempo há uma diminuição no número de indivíduos marcados, devido à possível mortalidade (marcação, natural e pesca), perda e falha de marcas, e emigração dos indivíduos da área de estudo, principalmente num ambiente tão extenso quanto o rio Madeira.

Por essa razão o monitoramento de peixes do rio Madeira passará a adotar metodologia de telemetria combinada, com a adição de receptores de telemetria acústica a jusante da UHE Santo Antônio. Os equipamentos de acústica assim como os transmissores combinados (rádio e acústica) foram entregues em fevereiro de 2015. A instalação dos sistemas de ancoragem e também de receptores teve início dias antes do fechamento desse relatório.

A Santo Antônio Energia aprovou a aquisição e adquiriu os novos equipamentos atendendo à recomendação da Neotropical Consultoria igualmente apresentada em relatório anterior:

“A rede de detecção será ainda ampliada com a instalação de receptores de telemetria acústica em duas linhas a jusante da barragem, cuja localização será determinada após testes preliminares”.

“Para tanto, serão instalados receptores de telemetria acústica com funcionando 24h/dia em duas linhas a jusante da barragem para identificação desses peixes. Os rastreamentos móveis passarão então a ser metodologia complementar aos dados dos receptores de acústica”.

Em relação aos movimentos de peixes marcados no STP, a exemplo do período anterior, não foi registrada a passagem para trechos além da porção inferior do sistema. Entretanto, além da exploração dessas áreas por douradas marcadas, houve no período de abrangência desse relatório o registro de um filhote também junto à entrada do STP.

A localização da entrada de um STP é tão importante quanto a passagem para montante (WAGNER *et al.*, 2012), mas apenas uma minoria dos estudos publicados documentam as entradas nos sistemas (BUNT *et al.*, 2012). Os registros de douradas e do filhote na entrada e na porção inferior do STP sugerem a exploração dos locais como possível rota de passagem. Entretanto, a avaliação da eficiência do sistema em termos de atração ainda é muito incipiente, devido principalmente ao caráter recente do monitoramento.

Com o objetivo de obter mais dados sobre a eficiência de atração e passagem pelo STP está em andamento (desde janeiro de 2015) o experimento sugerido no relatório anterior:

“De qualquer maneira, está programada a realização dos testes sugeridos na próxima enchente (Outubro/Novembro-2014) para avaliação de atratividade e eficiência de transposição do STP”.

Entre janeiro e março de 2015, 100 douradas foram marcadas com radiotransmissores e soltas a jusante e em duas porções do STP. Os dados de deslocamento serão coletados até maio de 2015 e os resultados serão apresentados no próximo relatório consolidado.

Como discutido anteriormente, de maneira geral os movimentos dos peixes marcados estão relacionados ao momento atual da obra, onde a usina hidrelétrica de Santo Antônio e o próprio STP da Ilha do Presídio ainda estão em construção e ocasionando grandes perturbações na área, cuja dinâmica pode interferir diretamente nos movimentos das espécies-alvo do monitoramento.

Somente após a conclusão das obras, em especial do início da operação do GG4 e abertura do braço esquerdo do STP será possível avaliar de maneira mais conclusiva a eficiência de atração e passagem do sistema da Ilha do Presídio.

5. ENCAMINHAMENTOS

1. Como parte do monitoramento contínuo dos peixes por telemetria e conforme encaminhamentos da reunião técnica sobre a piramutaba - realizada em outubro de 2014 em Brasília - serão marcados nas próximas etapas 200 indivíduos de cada uma das espécies-alvo (dourada, babão e piramutaba) com transmissores combinados de telemetria acústica e de rádio;
2. Ainda conforme encaminhamentos, a marcação com transmissores e soltura de piramutabas teve início em final de fevereiro de 2015. Os resultados dos deslocamentos serão apresentados no próximo relatório;
3. Conforme citado anteriormente teve início logo após a entrega dos equipamentos importados a rede de telemetria acústica e os testes de detecção;
4. É sugerida a marcação com transmissores (a nível experimental) de juvenis para avaliação da passagem de montante para jusante pelas diferentes estruturas da usina

(grupos geradores e turbinas) para detecção pela rede de radiotelemetria já instalada e pela de telemetria acústica que será concluída nos próximos meses;

5. Em novembro de 2015 foi realizada a primeira etapa de um projeto de avaliação dos movimentos de dourada em fina escala através da marcação de 10 douradas com marcas-arquivo com acelerômetros, que medem continuamente parâmetros relacionados à natação e descanso, por exemplo. O objetivo dessa pesquisa é obter informações sobre os padrões de comportamento e atividade, importante para a compreensão de como o comportamento influencia a probabilidade de sucesso de passagem em relação à operação da usina. No futuro essa informação será relacionada aos dados obtidos pela telemetria para um melhor entendimento de como e quando esses animais se movimentam. Os dados obtidos estão sendo analisados e serão apresentados no próximo relatório. Uma segunda fase desse experimento está programada para a próxima enchente (novembro/2015).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F.M.; GOMES, L.C. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Braz. J. Biol.*, 68(4, Suppl.): 1119-1132, 2008.

BARTHEM, R.B.; RIBEIRO, M.C.L.B.; PETRERE JÚNIOR, M. 1991. Life strategies of some long distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation*, n. 5, p. 339-345.

BARTHEM, R.B.; GOULDING, M. 1997. Os Bagres Balizadores: Ecologia, Migração e Conservação de Peixes Amazônicos. Sociedade Civil Mamirauá, MCT - CNPq, IPAAM. Brasília, Brasil. 140 pp.

BEEMAN, J.W., PERRY, R.W. 2012. Bias from false-positive detections and strategies for their removal in studies using telemetry. In: Adams N.S., Beeman J.W., Eiler J.H. (eds)

- Telemetry techniques: a user guide for fisheries research. American Fisheries Society, Bethesda, MD, p. 505-518.
- BUNT, C.M.T., CASTRO-SANTOS, T.; HARO, A. 2012. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Applications*, 28:793-803.
- CAROSFELD, J. & HARVEY, B. 2003. Fishes of the floods. In: CAROSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (Eds). *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. Victoria: World Fisheries Trust/World Bank/IDRC, pp. 3-11.
- COOKE, S.J.; HINCH, S.G.; LUCAS, M.C.; LUTCAVAGE, M. 2012. Biotelemetry and biologging. In: ZALE, A.V.; PARRISH, D.L.; SUTTON, T.M. (Eds). *Fisheries Techniques*, 3rd ed. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 819-860.
- COOKE, S.J.; HINCH, S.G. 2013. Improving the reliability of fishway attraction and passage efficiency estimates to inform fishway engineering, science, and practice. *Ecological Engineering*, 58:123-132
- HAHN, L.; AGOSTINHO, A. A.; ENGLISH, K.K.; CAROSFELD, J. CÂMARA, L.F., COOKE, S.J. 2011. Use of radiotelemetry to track threatened dorados *Salminus brasiliensis* in the upper Uruguay River, Brazil. *Endangered Species Research*, 15: 103-114.
- HAHN, L. 2012. The Application of Radio Telemetry to Fisheries Research in Brazil's Large Rivers. In: ADAMS, N. S.; BEEMAN, J. W.; EILER, J. H. *Telemetry Techniques: A User Guide for Fisheries Research*. American Fisheries Society Bethesda, Maryland, USA. p. 237 – 252.
- JUNGWIRTH, M.; SCHMUTZ, S.; WEISS, S. (Eds). 1998. *River Continuum and Fish Migration: Going Beyond the Longitudinal River Corridor in Understanding Ecological Integrity*. Fishing News Books, Oxford, England, pp. 19-32.

- PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. 2008. Fish-Passage facilities as ecological traps in large Neotropical Rivers. *Conservation Biology*, 22(1): 180-188.
- POMPEU, P. S.; AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M. 2012. Existing and future challenges: the concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications*, 28:504-512.
- PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D. R Development Core Team. 2013. nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R packageversion 3.1-110.
- R CORE TEAM. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- VÁSQUEZ, A. G.; ALONSO, J.C.; CARVAJAL, F.; MOREAU, J.; NUÑEZ, J.; RENNO, J.F.; TELLO, S.; MONTREUIL, V.; DUPONCHELLE, F. 2009. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. *Journal of Fish Biology*, 75: 2527-2551.
- WAGNER, R.; 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*, 10(4): 785-796.
- WINTER, J. D. 2000. Design telemetry studies and other technical and analytical considerations. In: EILER, J.H.; ALCORN, D.J.; NEUMANN, M.R.. Proceedings of the International Symposium on Biotelemetry. Juneau, Alaska, USA. International Society on Biotelemetry, Wageningen, the Netherlands, pp: 229-247

7. EQUIPE TÉCNICA

Nome do Profissional	Profissão	Registro no conselho de classe	Atividades no PCI
Lisiane Hahn	Bióloga	CRBio 25110-03D	Coordenadora geral
Luís Fernando da Camara	Biólogo	CRBio 28086-03D	Coordenador técnico
Eduardo G. Martins	Biólogo	Canadá	Consultor - Análises
Leonardo Donato Nunes	Biólogo	CRBio 88457-03P	Campo e Escritório
Leonardo de Souza Machado	Biólogo	CRBio 88638-03P	Campo e Escritório
Patrícia Palaoro	Bióloga	CRBio 95665-03D	Campo e Escritório
Greice Mattei	Bióloga	CRBio 41602-03D	Revisão e formatação de relatórios



Lisiane Hahn – Dra.

CRBio 25110-03D CTF 308747

NEOTROPICAL CONSULTORIA E ASSESSORIA AMBIENTAL LTDA.