

## SUMÁRIO – 13.3.4 - PROJETO DE MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA

---

13.3.4	PROJETO DE MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA.....	13.3.4-1
13.3.4.1	INTRODUÇÃO .....	13.3.4-1
13.3.4.2	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	13.3.4-3
13.3.4.2.1	COMPOSIÇÃO DAS CAPTURAS .....	13.3.4-3
13.3.4.2.2	ANÁLISE POR AMBIENTE .....	13.3.4-3
13.3.4.2.3	ECOLOGIA TRÓFICA E REPRODUTIVA .....	13.3.4-5
13.3.4.2.4	BIODIVERSIDADE FUNCIONAL.....	13.3.4-6
13.3.4.2.5	MONITORAMENTO DE PRAIAS E PEDRAIS COM MÉTODO BRUV (BAITED REMOTE UNDERWATER VIDEO).....	13.3.4-7
13.3.4.2.6	DINÂMICA DE POPULAÇÕES.....	13.3.4-7
13.3.4.2.7	ICTIOPLÂNCTON .....	13.3.4-8
13.3.4.2.8	BIOTELEMETRIA.....	13.3.4-9
13.3.4.3	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E METAS DO PROJETO NA ETAPA DE OPERAÇÃO .....	13.3.4-9
13.3.4.4	ATIVIDADES PREVISTAS .....	13.3.4-13
13.3.4.5	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS .....	13.3.4-13
13.3.4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13.3.4-15
13.3.4.7	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO .....	13.3.4-17
13.3.4.8	ANEXOS .....	13.3.4-18

## 13.3.4 PROJETO DE MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA

### 13.3.4.1 INTRODUÇÃO

Durante as 16 campanhas de monitoramento da ictiofauna realizadas na fase de implantação da UHE de Belo Monte, entre março de 2012 e outubro de 2015, foram capturados 152.047 peixes distribuídos em 408 espécies, pertencentes a 12 ordens, 46 famílias e 212 gêneros. Esta riqueza supera o número de espécies de peixes (387) levantado em 275 km do curso médio inferior e baixo do rio Xingu, durante 10 campanhas realizadas nos estudos ambientais entre os anos de 2000 e 2008 (ELETRONORTE 2001<sup>1</sup>; ELETROBRAS 2010<sup>2</sup>; CAMARGO; GHILARDI 2009<sup>3</sup>; ELETROBRAS/LEME 2009<sup>4</sup>). Isso sugere que o esforço amostral adotado neste Projeto de Monitoramento tem sido muito eficiente para caracterizar a ictiofauna do trecho estudado.

Com os dados de pré-enchimento foi comprovado que o ciclo hidrológico do rio com os seus pulsos, determinados pela sucessão de períodos secos e chuvosos, possui uma influência determinante na estruturação da fauna íctica e no desenvolvimento das suas estratégias de vida. A atividade reprodutiva, com base no ictioplâncton e nos estágios gonadais da ictiofauna monitorada, ocorre durante todo o ano, com um aumento na densidade durante o período de enchente do rio e com as menores densidades de captura durante o período de cheia. Os padrões ecológicos das espécies e suas respostas às alterações dos pulsos de inundação foram observados durante a etapa de implantação do empreendimento, cujas alterações são objeto de monitoramento por este projeto, visando aferir os seguintes eventos também observados em outros empreendimentos similares (BERGKAMP *et al.*, 2000<sup>5</sup>; BERNACSEK, 2001<sup>6</sup>; LARINIER, 2001<sup>7</sup>):

- Mudanças nos padrões de migração e de deslocamento das espécies devido à interrupção do fluxo nas partes represadas dos rios e igarapés e à perda de conectividade;

---

<sup>1</sup> ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico de Belo Monte - Estudo de Impacto Ambiental. Mimeo. 2001.

<sup>2</sup> ELETROBRÁS. Plano 2010: *Relatório Geral, Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987)*. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), Rio de Janeiro – RJ, 269 p., 1987.

<sup>3</sup> CAMARGO, M. & GHILARDI-JR., R. Entre a terra, as águas e os pescadores do Médio Rio Xingu: uma abordagem ecológica. Belém/PA, (Ed.) 2009.

<sup>4</sup> ELETROBRÁS/LEME. *EIA - Estudo de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte*. Leme Engenharia Ltda. ELETROBRÁS, 2009.

<sup>5</sup> BERGKAMP, G.; MCCARTNEY, M.; DUGAN, P.; MCNEELY, J.; ACREMAN, M. 2001. Dams, Ecosystem Functions, and Environmental Restoration. WCD Thematic Review - Environmental Issues II.1. Final Report to the World Commission on Dams. Secretariat of the World Commission on Dams, Cape Town. 187 pp.

<sup>6</sup> BERNACSEK, G.M. 2001. Environmental issues, capacity and information base for management of fisheries affected by dams. In: MARMULLA, G. Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fish. Tech. Paper, 419:139-166.

<sup>7</sup> LARINIER, M. 2001. Environmental issues, dams and fish migration. In: MARMULLA, G. Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fish. Tech. Paper, 419:45-90.

- Perda de áreas inundadas e outros tipos de hábitat (lagoas marginais, igarapés), o que se refletirá em decréscimo das áreas de desova, berçário e alimentação disponíveis para algumas espécies de peixes; e,
- Incremento da predação e das causas de mortalidade, notadamente, nas regiões onde a vazão será reduzida, pela diminuição da área inundada.

Ao longo da realização deste projeto foram feitos ajustes na metodologia, os quais já foram devidamente relatados em Relatórios Consolidados anteriores.

De acordo com as adequação metodológica proposta na Nota Técnica NT\_SFB\_Nº096\_Readequação-PMI\_14/12/2016 e aprovada pelo IBAMA (Despacho 02015.002572/2016-65 NLA/MG/IBAMA), a partir da campanha de monitoramento de enchente de 2017 (janeiro), foi (i) incluído um novo ponto de amostragem a montante (IC16) e um novo ponto a jusante (IC17) da barragem do sitio Pimental; (ii) readequado o delineamento temporal do projeto de monitoramento: o setor 1 localizado a montante do empreendimento foi amostrado semestralmente (períodos de cheia e de seca do rio), e os pontos IC14 e IC15, excedentes, na porção final do TVR foram amostrados anualmente no período de seca; iii) definida a amostragem de BRUV unicamente no período de seca quando os ambientes de corredeiras e praias são acessíveis e as condições de transparência da água são ideais; iv) padronizada a amostragem de igarapés realizada unicamente no início da vazante, quando o acesso a estes corpos hídricos, assim como o volume de água presente nestes é ideal para a coleta; e v) intensificado o esforço de coleta de ictioplâncton no Reservatório Intermediário, tomando três amostras deste componente em cada sítio deste setor.

O presente RC apresenta os resultados do monitoramento da ictiofauna entre os meses de janeiro a novembro de 2017, da região de inserção do empreendimento - etapa de operação, como também as solicitações do Parecer nº 140/2017-COHID/CGTEF/DILIC que analisou o 10º e 11º RC.

Como objetivo geral tem-se a obtenção de informações e parâmetros que permitam estimar as alterações na estrutura, distribuição, abundância, biologia e ecologia da fauna íctica, visando acompanhar a evolução da mesma, em decorrência das mudanças impostas pelas obras e implantação da UHE Belo Monte. Também será apresentado neste relatório proposta de reestruturação deste Projeto de modo a recepcionar algumas ações do Projeto de Investigação Taxonômica que devem ter continuidade, uma vez que a proposta é encerrar esse projeto. Tal pleito foi exposto durante o seminário anual de acompanhamento do atendimento às condicionantes realizado junto ao IBAMA em Brasília, entre os dias 04 e 06/12/2017.

#### 13.3.4.2 RESULTADOS CONSOLIDADOS

O Banco de Dados do Projeto é trimestralmente atualizado e está disponível em formato digital, o que já incorpora as revisões taxonômicas e devidas correções, quando for o caso.

##### 13.3.4.2.1 COMPOSIÇÃO DAS CAPTURAS

Considerando todos os sítios amostrados com o protocolo padronizado, durante as quatro campanhas de 2017, foram capturados 19.168 peixes distribuídos em 256 espécies, pertencentes a 10 ordens, 37 famílias e 144 gêneros.

Dentre os ambientes estudados, o que apresentou maior abundância foi remanso, com 11.147 espécimes, seguido do ambiente de corredeira/pedral (N = 3.029), igapó (N = 2.068), igarapés (N = 1.661), lagoas (N = 963), canal (N = 177) e praias (N = 123) (**Anexo 13.3.4 - 1**).

##### 13.3.4.2.2 ANÁLISE POR AMBIENTE

A avaliação dos potenciais impactos do empreendimento sobre a ictiofauna foi realizada por meio de análise temporal comparando cada ambiente durante os sete anos monitorados: etapa de Implantação (i.e., 2012-2015) vs. etapa de Operação (i.e., 2016 e 2017) (**Anexo 13.3.4 - 1**).

Durante as quatro campanhas de 2017, no ambiente de canal foram coligidos 177 indivíduos distribuídos em quatro ordens, quatro famílias e 15 espécies. As análises multivariadas mostraram que para este ambiente houve diferença na composição da ictiofauna entre os setores e entre os anos monitorados (2013-2017). No entanto, para nenhum setor foi observado um claro afastamento entre as amostras no espaço multidimensional de acordo com a cronologia dos anos monitorados. Um resultado que deverá ser acompanhado nas próximas campanhas de monitoramento é em relação a abundância de *Ageneiosus inermis*. Esta espécie sempre foi abundante e comum nas amostragens de canal, mas no último ano monitorado não houve nenhuma captura.

No ambiente de remanso, foram coligidos, em 2017, 11.147 indivíduos, distribuídos em oito ordens, 30 famílias e 166 espécies. Uma análise da composição das capturas neste ambiente comparando os sete anos monitorados, comprovou uma clara separação entre os anos de pré enchimento (2013-2015) com os de pós enchimento (2016-2017). Quando a análise temporal foi realizada por setor, três (i.e., Reservatório, Jusante e Bacajá) dos seis setores apresentaram cronologicamente uma progressiva alteração da composição. Para os ambientes de remanso as assembleias foram analisadas comparando-se os atributos de dominância em termos de abundância e biomassa pelo método das curvas ABC e estatística W. Este estimador consiste em uma sumarização numérica da curva ABC, cujos valores variam entre -1 (curva de abundância sobre a de

biomassa – indicador de alterações ambientais) e +1 (curva de biomassa sobre a de abundância – indicador de ambiente íntegro). No pós-enchimento no Reservatório do Xingu foi observada uma clara sobreposição da curva de abundância com a de biomassa com um valor de  $W = 0,004$  que deve ser atribuída a um significativo aumento das abundancias de peixes pertencentes a espécies de pequeno tamanho. No setor de Jusante valores negativos de  $W$  foram observados nos anos de 2013, 2015 e 2016 sugerindo que mudanças ambientais neste setor do rio ocorreram também na fase de implantação do empreendimento.

Nos ambientes aquáticos de lagoa, durante as quatro campanhas em 2017, foram coligidos 963 indivíduos, distribuídos em sete ordens, 27 famílias e 89 espécies. Uma clara mudança temporal na composição da ictiofauna foi detectada no setor de TVR quando comparado o ano de 2017 com os anos anteriores. Quando consideradas para o ano de 2017 as relações entre abundancia e biomassa de peixes, unicamente na lagoa do rio Bacajá foi observado, através das curvas ABC, um valor negativo de  $W$  indicando uma potencial alteração ambiental reflexo da dominância de espécies de pequeno tamanho.

Nos ambientes de igapó, durante as duas campanhas de enchente e cheia em 2017, foram coligidos 2.068 indivíduos, distribuídos em seis ordens, 26 famílias e 91 espécies. Na análise de composição da ictiofauna foi possível observar um claro afastamento cronológico entre os anos do setor de Jusante e do Bacajá. Além disso, o ano de 2017 apresentou uma significativa redução da riqueza de espécies quando comparada com os anos do pré-enchimento (2013-2015).

Nos ambientes de corredeiras/pedrais, em 2017 foram coligidos 3.024 indivíduos, distribuídos em quatro ordens, 17 famílias e 92 espécies. Uma clara mudança temporal na composição da ictiofauna amostrada com mergulho foi detectada no setor de Jusante onde foi observada uma redução e ou ausência da contribuição de 10 espécies de peixes. Para toda a área de influência se observou para este ambiente uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes.

Nos ambientes de praia foram coligidos em 2017 um total de 123 peixes, distribuídos em três ordens, 10 famílias e 19 espécies. A composição da ictiofauna das praias variou significativamente entre as fases pré e pós enchimento, e se observou uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes.

Nos igarapés, na campanha de vazante de 2017, foram coligidos 1.661 indivíduos, distribuídos em quatro ordens, 24 famílias e 89 espécies. Para todos os setores monitorados foram detectadas diferenças na composição da ictiofauna na fase pré e pós enchimento assim como foi observada uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes. Considerando que nos últimos dois anos ocorreram fortes estiagens, não é possível afirmar para este ambiente se estas diferenças sejam atribuídas às atividades do empreendimento e/ou

às condições ambientais atípicas. Somente com a continuação do monitoramento será possível elucidar os resultados encontrados.

#### 13.3.4.2.3 ECOLOGIA TRÓFICA E REPRODUTIVA

A ecologia trófica das assembleias de peixes foi monitorada desde o ano de 2014 com o método de isótopos estáveis. A análise considerou três principais fatores: i) setores; ii) períodos hidrológicos (i.e., chuva vs. seca); e iii) fase do empreendimento (i.e., pré e pós barramento). Um total de 6.427 amostras de 225 espécies distintas foram analisadas sendo elas compostas pelas campanhas de seca e cheia dos anos de 2014 (873 da seca e 1.013 da cheia), 2015 (921 da seca e 997 da cheia), 2016 (1017 da seca e 619 da cheia), e 2017 (873 da cheia) (**Anexo 13.3.4 - 2**). As espécies de peixes analisadas pertenceram a nove guildas tróficas (carnívoros, detritívoros, frugívoros, herbívoros, iliófagos, invertívoros, onívoros, piscívoros e planctófagos), contemplando grande amplitude de níveis tróficos, desde consumidores primários a consumidores topo de cadeia. As comparações no valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  entre pré e pós barramento e entre os períodos hidrológicos revelaram diferenças significativas no geral para todos os setores, indicando uma clara modificação nos recursos assimilados pelas assembleias de peixes entre o pré e o pós barramento. Esse resultado foi corroborado pelos dados de  $\delta^{15}\text{N}$ , convertidos para valores de Nível Trófico (TL). Os valores de TL para os setores Montante, Trecho de Vazão Reduzida e Bacajá, que apresentaram diferenças significativas nas campanhas de seca, revelaram TL mais elevado no período pós-barramento do que no pré-barramento. Já as campanhas de cheia, apenas o setor Bacajá apresentou diferenças sendo que o TL médio diminuiu entre o pré e o pós barramento. Esses resultados correspondem claramente com uma modificação na composição das assembleias, principalmente para uma maior contribuição de peixes de consumidores topo de cadeia durante as campanhas de seca para os setores Montante, Trecho de Vazão Reduzida e Bacajá, enquanto que para as campanhas de cheia apenas o setor Bacajá apresentou diferenças sendo o TL menor no pós-barramento. Para o nicho isotópico, representado pelas elipses bayesianas de isótopos estáveis (SIBER) entre o pré e o pós barramento, foi encontrado que todos os setores com os dois períodos apresentaram alta sobreposição entre si, seja nas campanhas de seca ou de cheia. O nicho isotópico, calculado pelas áreas das elipses padronizadas (SEAc), nas campanhas de seca apresentou um significativo aumento na fase de pós barramento para todos os setores. Já nas campanhas de chuva houve aumento do SEAc para os setores Montante e Reservatório. Já os setores Trecho de Vazão Reduzida, Bacajá e Jusante tiveram redução no nicho isotópico. Nas campanhas de seca, percebe-se evidente aumento na área das elipses entre os períodos de pré barramento e pós barramento para todos os setores.

Nas quatro últimas campanhas (ano de 2017) foram analisadas as gônadas de 11.046 peixes, pertencentes a 189 espécies distribuídas em 32 famílias (**Anexo 13.3.4 - 3**). Um total de 184 espécies, representando 90% dos indivíduos analisados, apresentou gônadas em maturação e maduras. Através de uma análise de ordenamento (PCO), foi avaliado para cada setor eventuais mudanças interanuais na atividade reprodutiva (i.e., número de indivíduos maduros) das espécies de peixes monitoradas. No setor Montante

e Bacajá se observou um afastamento cronológico. Isso sugere que entre anos ocorrem variações na composição das espécies de peixes em fase madura assim como na sua abundância.

#### 13.3.4.2.4 BIODIVERSIDADE FUNCIONAL

As alterações nas assembleias de peixe do rio Xingu foram avaliadas a partir da estrutura funcional, baseadas em traços funcionais sobre a história de vida, morfologia, biologia e uso do hábitat de 198 espécies de peixes, distribuídas entre 9 ordens e 32 famílias totalizando 15.717 indivíduos (**Anexo 13.3.4 – 4**). A estrutura funcional das assembleias, descrita através de métricas de diversidade funcional (FD), foi examinada espacialmente, por meio das análises por setor de coleta, e temporalmente por meio de análises ao longo dos anos de coleta e, principalmente, ao longo dos dados plurianuais referentes aos períodos de pré- e pós-barramento do rio Xingu. Para redução de ruídos nas análises espaço-temporais, estas foram realizadas levando em consideração apenas as campanhas de seca e cheia nos ambientes de remanso. As métricas de FD variaram diferentemente dependendo do setor de coleta e das campanhas. Com base na riqueza funcional (FRic), que descreve a composição dos traços funcionais das espécies de uma determinada assembleia, somente os setores Montante e Reservatório apresentaram acréscimo de traços funcionais entre os períodos de pré e pós barramento, ou seja, um aumento na produtividade devido a maior contribuição de espécies com diferentes traços funcionais. Os demais setores apresentaram redução de traços entre o pré e pós barramento, resultado da remoção de componentes importantes das assembleias. A equitabilidade funcional (FEve), que pondera a regularidade dos traços dentro de uma determinada assembleia, apresentou a esperada diminuição frente ao distúrbio ambiental provocado pelo barramento apenas para as campanhas de cheia. Com base na dispersão funcional (FDis), que representa a distância média do espaço funcional ponderada pelas abundâncias das espécies, apenas o setor Montante nas campanhas de cheia teve aumento nas FDis médias entre os períodos do pré e pós barramento. Já nos demais setores houve redução do número das FDis médias, indicando uma clara alteração no número de espécies com relação as suas respectivas abundâncias entre os períodos do pré- e pós-barramento. Já para a divergência funcional (FDiv), que descreve o grau de diferenciação do nicho das espécies de tal comunidade, refletindo assim na competição por recursos, o setor Bacajá na campanha de seca, e os setores Reservatório e Trecho de Vazão Reduzida na campanha da cheia, não apresentaram nem aumento nem redução de FDiv entre pré e pós barramento, ao passo que os demais setores, no geral, apresentaram redução na diferenciação de nicho. A análise do espaço funcional de cada setor e campanhas produzidos pelo modelo nulo a partir da FRic, indicou que todos os setores, exceto o Reservatório Intermediário, apresentaram FRic observada menor que a esperada pelo modelo nulo. Os resultados refletem que o espaço funcional é fortemente influenciado pela sazonalidade entre campanhas, mas também sofreu efeitos entre os períodos pré- e pós-barramento, sendo no geral mais aninhados no pós-barramento do que no pré-barramento.

#### 13.3.4.2.5 MONITORAMENTO DE PRAIAS E PEDRAIS COM MÉTODO BRUV (BAITED REMOTE UNDERWATER VIDEO)

O monitoramento com o método BRUV aplicado nos ambientes de praia, corredeiras/pedrais e fundo (Reservatório intermediário) nos cinco setores monitorados registrou, durante as três campanhas de seca (2014, 2015 e 2016), um total de 17.697 peixes de 74 espécies/morfoespécies - pertencentes a 15 famílias (**Anexo 13.3.4 - 5**). A campanha de seca realizada em outubro/novembro de 2017 foi concluída com sucesso e os vídeos encontra-se em fase de análise.

Para o ambiente de praia, a média da riqueza de espécies não apresentou diferenças significativas em nenhum dos quatro setores monitorados. A média da abundância - N somente apresentou diferenças significativas entre os anos no Trecho de Vazão Reduzida, aumentando de 2014 para 2015, mas diminuiu no ano 2016. Para o ambiente de corredeiras/pedrais a média da riqueza de espécies e da abundância apresentaram diferenças significativas entre os três anos no setor de Montante do Reservatório do Xingu e no Trecho de Vazão Reduzida. No setor de Montante a riqueza de espécies aumentou do ano 2014 para o ano 2015, mas diminuiu em 2016. No Trecho de Vazão Reduzida a riqueza de espécies diminuiu constantemente de 2014 para 2016. A abundância aumentou no setor de Montante de 2014 para 2015, mas diminuiu em 2016. E no Trecho de Vazão Reduzida a abundância aumentou de 2014 para 2015, mas diminuiu em 2016.

A análise multivariada da composição das assembleias de peixes apresentou, no ambiente de praia, diferenças significativas entre os anos 2014, 2015 e 2016 em todos os quatro setores analisados separadamente e no ambiente de corredeiras/pedrais, para todos os setores e profundidades (1-2 m, 3-5 m e 5-10 m), com exceção do Reservatório do Xingu para qual não foram adquiridas amostras neste ambiente no ano 2016. As diferenças mais marcantes se revelaram no ambiente de praia para os setores Montante e Reservatório do Xingu. No ambiente de corredeiras/pedrais todos os setores com exceção do Reservatório do Xingu apresentaram diferenças fortemente significativas entre os anos. A análise multivariada indicou que estas variações sejam, na maioria, uma consequência da variabilidade interanual das vazões.

#### 13.3.4.2.6 DINÂMICA DE POPULAÇÕES

Durante as campanhas realizadas em 2016 e 2017, consideradas neste relatório como pós barramento, foram capturadas 18 espécies das 20 consideradas de importância comercial para a pesca de consumo e 9 espécies das 10 selecionadas como relevantes na pesca ornamental. Das 27 espécies amostradas (18 de consumo e nove ornamentais) foi contabilizado um total de 34.391 indivíduos mensurados, sendo 14.849 na pesca experimental e 29.542 nas coletas feitas durante os desembarques pesqueiros (**Anexo 13.3.4 - 6**).

Considerando a frequência de comprimento das amostras padronizadas do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna dos cenários de pré e pós barramento, 2012-2015 e 2016-2017, respectivamente, foi possível comparar as Estimativas de Densidade de Kernel (KDEs) entre os trechos do rio para nove espécies, devido estas apresentarem número de indivíduos superior a 30 em cada combinação de trecho e fase do empreendimento. No pós-barramento, três espécies: *Baryancistrus xanthellus*, *Hemiodus* sp. Xingu e *Prochilodus nigricans* apresentaram para os trechos a montante e jusante da barragem um aumento relativo de indivíduos maiores. Já para *Hidrolycus armatus* e *Plagioscion squamosissimus* houve um aumento de espécimes menores. Padrões distintos de acordo com trecho do rio foram observados para as espécies *Geophagus altifrons*, *Myloplus rubripinnis* e *Phactocephalus hemiliopterus* com maiores e menores tamanhos nos trechos a jusante e a montante da barragem, respectivamente. Para *Leporinus* aff. *fasciatus* e *Peckoltia vittata* não foram detectadas diferenças significativas entre os dois cenários temporais.

#### 13.3.4.2.7 ICTIOPLÂNCTON

Conforme já foi apresentado em relatórios anteriores e durante o presente relatório, o rio Xingu vem apresentando oscilações na densidade de ovos e larvas entre os setores do rio e principalmente ao longo dos anos, com uma maior densidade de ictioplâncton durante a enchente e vazante do rio e menores densidades durante a cheia (**Anexo 13.3.4 - 7**).

Com a alteração do rio em função do represamento, ocorreu uma mudança na condição natural do rio, transformando um ambiente anteriormente lótico em lêntico. Esse fator, associado à baixa vazão registrada no rio Xingu para o ano de 2016 pode ter provocado um aumento na densidade de larvas da Ordem Clupeiformes e conseqüentemente, uma redução nas demais ordens, principalmente durante o período de vazante do rio.

No Setor II – Reservatório do rio Xingu, onde houve a submersão do lago Arapujá, a principal espécie, *Anchoviella* sp., que anteriormente habitava esse ambiente, lêntico, acabou ocupando o novo ambiente (i.e., reservatório), proporcionado pelo barramento do rio Xingu.

Nos demais setores do rio, foi possível verificar uma redução na densidade de ovos e larvas de acordo com o período hidrológico e, em alguns casos, um aumento na densidade como o que ocorreu no Setor VI, rio Bacajá, durante a enchente.

Na região do Reservatório Intermediário da UHE Belo Monte, foi possível verificar um aumento na densidade de larvas durante o Ciclo VI de amostragens, apesar de essas densidades serem baixas comparadas aos demais Setores do rio Xingu.

#### 13.3.4.2.8 BIOTELEMETRIA

Para os estudos de avaliação da rota migratório dos peixes na área de influência do rio Xingu, concluiu-se a instalação da rede de estações fixas de rastreamento (EFR), composta por 12 estações de rádio (EFR-R) e 20 estações acústicas (EFR-A), instalada desde Vitória do Xingu até São Félix do Xingu, incluindo os tributários Bacajá e Iriri.

Foram marcados 142 peixes das quatro espécies-alvo do projeto – aridúia (*Semaprochilodus brama*), filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*) e surubim (*Pseudoplatystoma punctifer*). Todos os indivíduos foram marcados e soltos próximos ao sítio Belo Monte, uma vez que as questões presentes do PBA fazem referência à passagem dos peixes pela Volta Grande do Xingu e seu eventual retorno.

Além das EFR, os peixes foram rastreados em três sobrevoos por todo o trecho onde os peixes potencialmente se encontravam – entre a região do Bacabal, a montante do RX, até a foz do rio Xingu. Os sobrevoos ocorreram nos meses de julho, setembro e novembro.

Quase 65% dos peixes marcados foram detectados, a sua grande maioria pelo sobrevoo. Isso se deveu ao fato dos peixes terem ficado a maior parte do tempo próximos ao local de soltura, entre o canal de fuga da UHE Belo Monte e as cachoeiras homônimas.

Alguns peixes se deslocaram para jusante, com filhotes e pirararas sendo detectados nas proximidades do Tabuleiro do Embaubal. Dois surubins galgaram as cachoeiras de Belo Monte e foram detectados na Volta Grande do Xingu, um deles na cachoeira do Jericoá. Como os peixes foram marcados em junho, no início da vazante, e os peixes foram detectados até novembro, no final da seca, aparentemente a menor vazão do rio nesse período não foi impeditivo para que essa espécie se movimentasse para montante.

Entretanto, os dados ainda são preliminares, e a complementação dos estudos no próximo ciclo hidrológico irá fornecer subsídios para análises mais aprofundadas do comportamento migratório das espécies-alvo desse estudo no rio Xingu.

#### 13.3.4.3 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E METAS DO PROJETO NA ETAPA DE OPERAÇÃO

A planilha de atendimento aos objetivos e metas do projeto é apresentado a seguir.

OBJETIVOS E METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>O presente Projeto tem como objetivo geral a obtenção de informações e parâmetros que permitam estimar as alterações na estrutura, distribuição, abundância, biologia e ecologia da fauna íctica, visando acompanhar a evolução da mesma, em decorrência das mudanças impostas pelas obras e implantação do empreendimento hidrelétrico de Belo Monte.</p>	<p>No período de fevereiro de 2016 a novembro de 2017 foram realizadas oito campanhas de monitoramento da ictiofauna na fase de pós-enchimento. Pelo trabalho realizado e pelas análises dos dados apresentados no presente relatório e nos anteriores, todos os objetivos deste Projeto estão em atendimento. As atividades deste Projeto encontram-se de acordo com as atividades previstas. De um ponto de vista global dentro de cada ambiente as amostras de 2016 e 2017 foram mais dissimilares das dos anos da fase pré-enchimento indicando algum tipo de modificação temporal da composição da ictiofauna monitorada. As corredeiras e praias apresentaram em alguns setores uma perda em riqueza e equitabilidade quando comparado o primeiro ano pós-enchimento dos reservatórios. Somente com a continuação do monitoramento será possível acompanhar as tendências observadas neste último RC e comprovar se estas alterações estão se mantendo ao longo do tempo.</p>
<p>Estabelecer modelo conceitual das rotas de migração e estimar distâncias percorridas nos deslocamentos sazonais das principais espécies migradoras do rio Xingu.</p>	<p>Em atendimento. Durante a etapa pré-enchimento foram avaliadas a movimentação de cinco espécies: <i>Myleus rhomboidalis</i> (pacu-de-seringa, n = 55); <i>Prochilodus nigricans</i> (curimatá, n = 153); <i>Pharactocephalus hemiliopterus</i> (pirarara, n=121), <i>Pseudoplatystoma punctifer</i> (surubim, n = 62) e <i>Brachyplatystoma filamentosum</i> (filhote/piraíba, n = 10. No anos de 2017 a rede de telemetria foi reinstalada, e já foram marcados 142 peixes, que estão fornecendo os primeiros dados sobre a movimentação dos peixes sob as novas condições de vazão às quais o rio Xingu está submetido.</p>
<p>Estabelecer modelo conceitual da estrutura de comunidades de peixes de diferentes ambientes aquáticos e conectividades entre as comunidades enfocando principalmente nas faunas endêmicas de corredeiras.</p>	<p>Em atendimento. Os ambientes de canal, corredeira e praia apresentaram assembleias distintas, já uma parcial sobreposição foi observada para as amostras dos ambientes de remanso, lagoa e igapó onde durante a enchente e cheia do rio há conectividade biológica (e.g. piracemas). Em geral, dentro de cada ambiente as amostras de 2016 e 2017 foram mais dissimilares das dos anos do pré enchimento indicando algum tipo de modificação temporal da composição da ictiofauna monitorada.</p>
<p>Esclarecer quais as alterações na estrutura, distribuição e índices de abundância da ictiofauna ao longo do rio e nos seus diferentes ambientes, que venham ocorrer como conseqüência do empreendimento.</p>	<p>Em atendimento. Para os ambientes de corredeira/pedral foi detectado um processo de perda de integridade no ano de pós-enchimento para toda a área de estudo assim como para cada setor monitorado. No ambiente de corredeira/pedral, para toda a área de influência se observou para este ambiente uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes. No ambiente de remanso, no pós-</p>

OBJETIVOS E METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
	<p>enchimento no Reservatório do Xingu foi observada uma clara sobreposição da curva de abundância com a de biomassa cque deve ser atribuída a um significativo aumento das abundancias de peixes pertencentes a espécies de pequeno tamanho. No setor de Jusante foram observadas alterações também nos anos de 2013, 2015 e 2016 sugerindo que mudanças ambientais neste setor do rio ocorreram também na fase de implantação do empreendimento. Além disso, o ano de 2017 apresentou uma significativa redução da riqueza de espécies quando comparada com os anos do pré-enchimento (2013-2015) para ambiente de igapó. Nos ambientes de praia, a composição da ictiofauna variou significativamente entre as fases pré e pós enchimento, e se observou uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes. Nos igarapés, para todos os setores monitorados foram detectadas diferenças na composição da ictiofauna na fase pré e pós enchimento assim como foi observada uma progressiva diminuição temporal do número de espécies e um aumento de poucas espécies dominantes.</p>
<p>Gerar informações sobre a reprodução, relações tróficas, recrutamento, crescimento corporal e taxas de mortalidade das principais espécies e suas alterações em decorrência do empreendimento.</p>	<p>Em atendimento. Os resultados das análise das relações tróficas realizado por isótopos estáveis correspondem claramente com uma modificação na composição das assembleias, principalmente para uma maior contribuição de peixes de consumidores topo de cadeia durante as campanhas de seca para os setores Montante, Trecho de Vazão Reduzida e Bacajá, enquanto que para as campanhas de cheia apenas o setor Bacajá apresentou diferenças. Quanto as análises reprodutivas, no setor Montante e Bacajá apresentaram resultados que sugerem que entre anos ocorrem variações na composição das espécies de peixes em fase madura, assim como na sua abundância. As distribuições de probabilidade dos tamanhos dos peixes coletados na fase pré (2012 – 2105) e pós enchimento (2016 - 2017) apresentaram clara sobreposição entre os anos. No período de cheia do pós-enchimento foi clara a redução no tamanho da ictiofauna quando comparado com o do ano de 2015 na mesma fase hidrológica. Somente com a continuação do monitoramento será possível elucidar este resultado e atribuir estas diferenças à atividade do empreendimento e/ou condições ambientais atípicas (e.g., menor vazão).</p>
<p>Determinar possíveis alterações nos locais de desova e de berçário da ictiofauna como consequência do empreendimento.</p>	<p>Em atendimento. Os setores fortemente associados com o represamento (Reservatório do Xingu, TVR e Bacajá), apresentaram alterações de diferente</p>

OBJETIVOS E METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
	magnitude, que deverão ser confirmadas com a continuidade do monitoramento.
<p>Propor medidas para mitigar ou compensar os impactos observados e para o manejo e conservação da fauna íctica e, em particular, dos recursos pesqueiros.</p>	<p>Em atendimento. Considerando que o ano de 2016 foi um ano atípico por apresentar uma reduzida vazão quando comparada com os anos da fase pré enchimento, ainda pode ser prematuro atribuir todas as alterações observadas ao empreendimento da UHE de Belo Monte. Pelos resultados do último RC, fica evidente a sensibilidade da ictiofauna às mudanças da vazão do rio sejam estas naturais e/ou antrópicas.</p>

#### 13.3.4.4 ATIVIDADES PREVISTAS

Serão realizadas campanhas de monitoramento da ictiofauna com frequência trimestral na área de influência da UHE de Belo Monte, conforme cronograma do Projeto. A partir do material biológico coletado será possível realizar a análise da variação em abundância, biomassa e riqueza da ictiofauna, estrutura trófica e padrões reprodutivos para mais de 100 espécies de peixes; processamento das amostras de ictioplâncton; e análise de metais em tecido muscular de peixes. Os dados coletados também serão utilizados em outros Programas e Projetos do PBA – UHE Belo Monte (e.g., Plano de Gerenciamento Integrado da Volta Grande do Xingu – Plano 14, e Programa de Conservação e Manejo de Hábitats Aquáticos – PBA 13.2).

Também está prevista mais uma campanha para finalização do quantitativo de peixes necessários para os estudos de Biotelemetria, bem como rastreamentos bimestrais em janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro de 2018.

#### 13.3.4.5 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O cronograma das atividades previstas é apresentado a seguir.



#### 13.3.4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período de janeiro de 2017 a novembro de 2017 foram realizadas quatro campanhas de monitoramento da ictiofauna na fase de pós-enchimento. Pelo trabalho realizado e pelas análises dos dados apresentados no presente relatório e nos anteriores, todos os objetivos deste Projeto estão em atendimento, sendo alcançados os seguintes resultados até o momento: i) formação de um banco de dados da composição e diversidade da ictiofauna e do ictioplâncton do rio Xingu, ii) aprofundamento do conhecimento da ecologia reprodutiva e trófica da ictiofauna, iii) estudo da dinâmica de populações, e iv) conhecimento sobre os movimentos e uso de habitats das espécies de peixes migradores no período pós enchimento, esses resultados permitem aferir os principais impactos relacionados ao empreendimento.

Todas as metas do Projeto estão sendo cumpridas e as novas adequações metodológicas aprovadas pelo IBAMA (Despacho 02015.002572/2016-65 NLA/MG/IBAMA) garantiram um melhor entendimento das potenciais alterações nas assembleias de peixes monitorados nos diferentes ambientes aquáticos da área de influência da UHE Belo Monte.

Os resultados gerados nestas oito campanhas de monitoramento pós-enchimento comprovaram os padrões ecológicos apresentados no Estudo de Impactos Ambientais da UHE de Belo Monte e nos relatórios consolidados anteriores referentes a etapa de implantação da UHE. De um ponto de vista específico, dentro de cada ambiente as amostras de 2016 e 2017 foram mais dissimilares do que as da fase pré enchimento, indicando algum tipo de modificação temporal da composição da ictiofauna monitorada.

Os ambientes de remanso, lagoa, igapó, corredeiras/pedrais e praia apresentaram em alguns setores mudanças em relação à riqueza, abundância, composição das espécies e diversidade funcional quando comparado as campanhas de pós enchimento com as de pré enchimento. Estas diferenças observadas na estrutura das assembleias foram comprovadas na análise da ecologia trófica da ictiofauna através do uso dos isótopos estáveis. As comparações no valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  entre pré e pós enchimento e entre os períodos hidrológicos revelaram diferenças significativas no geral para todos os setores, indicando uma clara modificação nos recursos assimilados pelas assembleias de peixes.

Através do estudo de dinâmica de populações, foi detectado para oito espécies de peixes mudanças significativas nas frequências do tamanho corporal dos espécimes coletados entre as fases de pré e pós enchimento e entre os trechos a montante e jusante da barragem.

As análises das gônadas dos peixes capturados durante os últimos dois anos de monitoramento e da densidade de larvas de peixes, indicaram mudanças na composição e no número de indivíduos maduros e do ictioplancton. Isso sugere que entre anos ocorrem variações na composição das espécies de peixes em fase madura assim como na sua abundância. Ainda não é possível afirmar se estas variações podem

ser atribuídas às mudanças ambientais geradas por fatores naturais (e.g., alterações climáticas), e/ou antrópicos (e.g., pesca, empreendimento). No entanto, somente no com a continuação do monitoramento será possível comprovar estes resultados.

Os dados da biotelemetria do período pós-enchimento ainda são incipientes, dado o pouco tempo de rastreamento desde que a segunda campanha de marcação ocorreu. Entretanto, já foi verificado que o surubim é capaz de transpor as cachoeiras de Belo Monte mesmo em períodos de menor vazão do rio. De forma geral, os peixes permaneceram próximos à área de soltura ou à jusante. Acredita-se que, com a chegada do período de enchente, os peixes se espalhem mais pelo rio e eventualmente, exibam movimentos migratórios.

De acordo com o mencionado, a execução deste Projeto encontra-se de acordo com as atividades previstas. Até então, os setores fortemente associados com o represamento (e.g., Reservatório do Xingu, TVR e Reservatório Intermediário), e os localizados na sua proximidade (e.g. Jusante), apresentaram alterações de diferente magnitude, comprovando quanto a ictiofauna é sensível às modificações ambientais impostas pela formação dos reservatórios da UHE de Belo Monte.

Todo trabalho que envolve ecologia de peixes, como esse Projeto de Monitoramento de Ictiofauna, possuiu, indubitavelmente, atividades de taxonomia. O processo de triagem dos espécimes coletados em campo, identificação até o nível taxonômico mais baixo e conservação de material testemunho para consultas futuras faz parte da rotina de qualquer trabalho de monitoramento de ictiofauna.

De qualquer forma, dentro do PBA da UHE Belo Monte, dado a grande área do empreendimento que abrange áreas ímpares, como a Volta Grande do Xingu, e o conhecimento incipiente da ictiofauna da bacia, foi proposto um projeto específico para tratar das questões taxonômicas, o Projeto de Investigação Taxonômica (PBA 13.3.1). Esse Projeto, intrinsecamente ligado ao presente projeto, tinha como objetivo: “Estudar a biodiversidade e a taxonomia da ictiofauna do rio Xingu, a fim de permitir medidas de conservação e preservação adequadas, bem como propiciar o atendimento às condicionantes das licenças prévias do IBAMA”. Além disso, possuía duas metas, quais sejam: 1) “Gerar um inventário abrangente e preciso sobre a ictiofauna do rio Xingu na área de influência e entorno da UHE Belo Monte, através de coletas em ambientes variados (corredeiras/pedrais, igarapés, igapós, lagoas e calha do rio) utilizando diferentes métodos de coleta (malhadeiras, tarrafas, rede de arrasto manual, peneiras, coleta manual através de mergulho, espinhéis e arrasto de fundo), e da identificação dos exemplares capturados com ajuda de especialistas da área de taxonomia”; e 2) “Gerar uma coleção de referência a ser depositada em coleção científica de instituição de pesquisa e que deverá servir como referência para consultas futuras e como base para estudos de taxonomia das espécies de peixe do rio Xingu”.

Conforme evidenciado no 13ºRC do PBA 13.3.1, esse objetivo foi atingido, e as duas metas cumpridas. A curva de suficiência amostral foi atingida, evidenciando que todo o esforço feito ao longo dos últimos seis anos, em 24 campanhas, foi suficiente para identificar toda a riqueza de ictiofauna da AID e ADA. Foram 207.320 exemplares

alocados em 490 espécies, e todas apresentam indivíduos testemunhos depositados em acervo científico de diferentes instituições. Com objetivos e metas cumpridos, a Norte Energia solicita o encerramento do PBA 13.3.1.

Entretanto, conforme exposto acima, isso não significa que as atividades ligadas à taxonomia de peixes serão interrompidas. Pelo contrário, a continuidade do presente Projeto irá manter as atividades de triagem do material coletado em campo, sua identificação taxonômica e o tombamento constante de material testemunho em acervos de coleções científicas nacionais. Tais atividades serão evidenciadas pelos Relatórios Consolidados posteriores, permitindo ao órgão licenciador acompanhar a continuidade das atividades taxonômicas fundamentais para compreensão dos impactos da UHE Belo Monte, mas que não demandam mais um Projeto específico para esse fim.

#### 13.3.4.7 EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Tommaso Giarrizzo	Dr. em Ciências Naturais	Coordenação Ictiofauna	2009100345 D RJ	203065
Rosseval Galdino Leite	Dr. em Biologia de Água Doce e Pesca Interior	Ictioplâncton	CONFEA 040907729-1	659983
André Vieira Galuch	M.Sc. em Biol. de Águas Cont.	Ictioplâncton	52555/06-D	2071392
Allan Jamesson Silva de Jesus	M.Sc. em Ciência Animal	Ecologia de peixes	14726D PA	279897
Marcelo Costa Andrade	Dr. em Ecologia Aquática e Pesca	Ecologia de peixes	18593D PA	2021829-
Alexandre Lima Godinho	Biólogo, Ph.D.	Coordenação Biotelemetria	CRBio 04723/04-D	889.864
Alejandro Giraldo Pérez	Biólogo, Dr.	Biotelemetria	104.667/04-D	5.009.865
Gregório Kurchevsky	Biólogo, Ms.	Biotelemetria	86.744/01-D	2.931.543
Jhannes Luciano Brito dos Santos	Biólogo	Biotelemetria	CRBio 103.449/06-D	5646042
Raoni Rosa Rodrigues	Biólogo, Dr.	Coordenação	CRBio 57.417/04-D	2431512
Sandro Bezerra de Araújo Azevedo	Biólogo	Biotelemetria	CRBio 90.186/06-D	5527614

#### 13.3.4.8 ANEXOS

**Anexo 13.3.4 - 1 – Resultados específicos de cada ambiente amostrado no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2017).**

**Anexo 13.3.4 - 2 – Ecologia trófica da ictiofauna do rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2017).**

**Anexo 13.3.4 - 3 – Número de indivíduos para cada espécie de peixe nos diferentes estádios de maturação gonadal nas quatro campanhas de 2017 (pós enchimento) realizadas no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte.**

**Anexo 13.3.4 - 4 – Resultados de Diversidade Funcional para cada setor amostrado no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2013 a 2017).**

**Anexo 13.3.4 - 5 – Resultados do monitoramento com BRUV (Baited Remote Underwater Video) no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte nas campanhas de seca (2014, 2015 e 2016).**

**Anexo 13.3.4 - 6 – Dinâmica de populações da ictiofauna do rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte em 2016 e 2017.**

**Anexo 13.3.4 - 7 – Resultados do ictioplâncton do rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2017).**

**Anexo 13.3.4 - 8 – Desenhos de larvas representando as principais Ordens e Famílias capturadas no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2017)**

**Anexo 13.3.4 - 9 – Resultados do estudo de rotas de migração usando biotelemetria**