

SUMÁRIO – 11.4.2 PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

11.	PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	11.4.2-1
11.4.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	11.4.2-1
11.4.2.	PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	11.4.2-1
11.4.2.1.	INTRODUÇÃO	11.4.2-1
11.4.2.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.4.2-4
11.4.2.2.1.	RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	11.4.2-14
11.4.2.2.2.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS – RIQUEZA DAS ESPÉCIES	11.4.2-17
11.4.2.2.3.	ÍNDICE DE DIVERSIDADE	11.4.2-22
11.4.2.2.4.	SIMILARIDADE DE ESPÉCIES.....	11.4.2-28
11.4.2.2.5.	NÍVEL DE INFESTAÇÃO	11.4.2-30
11.4.2.2.6.	BIOMASSA.....	11.4.2-37
11.4.2.2.7.	FAUNA ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS.....	11.4.2-38
11.4.2.2.8.	ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS.....	11.4.2-40
11.4.2.2.9.	COMPROVANTE DE REGISTRO PARA COLETA DE MATERIAL BOTÂNICO, FÚNGICO E MICROBIOLÓGICO EMITIDO PELO ICMBIO-MMA	11.4.2-42
11.4.2.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E METAS DO PROJETO.....	11.4.2-43
11.4.2.4.	ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.2-46
11.4.2.5.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.2-46
11.4.2.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.4.2-48
11.4.2.7.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.4.2-51
11.4.2.8.	ANEXOS	11.4.2-52

11. PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.4. PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA

11.4.2. PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

11.4.2.1. INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas possuem importante valor no ecossistema local, pois servem de abrigo e alimentação para diversas espécies de animais, além de representar uma das comunidades aquáticas mais produtivas e, através de sua atividade metabólica, são capazes de causar grandes interferências no ambiente. A diferença nos valores de produtividade e nas taxas de crescimento de macrófitas aquáticas está relacionada a vários fatores, sendo os principais: a espécie e o tipo ecológico, a competição intra e interespecífica e as características abióticas do sistema como temperatura, radiação solar, transparência da água, variação do nível de água, velocidade de corrente, tipo de substrato e concentrações de nutrientes.

Na caracterização do sistema aquático referente à qualidade da água e limnologia apresentada no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (LEME, 2009)¹, o qual foi realizado entre janeiro de 2007 e março de 2008, verificou-se a ocorrência de macrófitas aquáticas distribuídas ao longo do rio Xingu e de seus tributários, nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento. Os estandes de macrófitas foram observados em locais com maior influência das atividades antrópicas como a cidade de Altamira, e em locais com menor vazão ou áreas de remanso ou menor velocidade da correnteza, como a Ria do Xingu, considerando efeito de remanso, provocado pelo rio Amazonas, ou nos igarapés (igarapés de Altamira, igarapé Galhoso/Gaioso e igarapé Tucuruí).

Dada à ocorrência de estandes de macrófitas nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento, os impactos associados ao processo de inundação para a formação dos reservatórios, tais como alterações das características hidráulicas e da qualidade da água superficial do rio Xingu e de seus tributários, poderiam resultar na propensão para o desenvolvimento de macrófitas e de vetores de doenças.

¹ Estudo de Impacto Ambiental – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, Capítulo 15: Diagnóstico das Áreas Diretamente Afetada e de Influência Direta – Ecossistema Aquático – Qualidade da Água e Limnologia. Leme Engenharia. 176 p. 2009.

Neste sentido, o Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2) tem como objetivo monitorar e identificar possíveis alterações nos padrões de distribuição e composição da comunidade de macrófitas aquáticas na área de influência da UHE Belo Monte, face às alterações na qualidade da água, bem como a proposição de mecanismos de controle e mitigação caso ocorra a proliferação de macrófitas. Além disso, o presente Projeto visa fornecer subsídios para o Programa de Vigilância Epidemiológica, Prevenção e Controle de Doenças (PBA 8.2), uma vez que algumas espécies de macrófitas aquáticas servem como habitats para uma grande variedade de animais, incluindo insetos que atuam como vetores de doenças. Dessa forma, o Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PMCA – PBA 11.4.2) vem sendo executado visando monitorar as comunidades de macrófitas aquáticas distribuídas em igarapés, lagoas, no rio Xingu, no Reservatório Xingu e no Reservatório Intermediário, na área de influência da UHE Belo Monte.

Toda a extensão monitorada foi dividida em áreas, de forma a agrupar os pontos que estão próximos e que configuram distintos “compartimentos” com a formação dos reservatórios. Consideram-se ainda nestas áreas de monitoramento, todos os pontos localizados no rio Xingu, nos principais igarapés, nas lagoas e no Reservatório Intermediário. Desta forma, os pontos de coleta foram assim agrupados e avaliados:

- Montante do Reservatório Xingu: área localizada no rio Xingu, a montante do limite de influência do remanso do Reservatório Xingu;
- Reservatório Xingu: pontos localizados na área entre o limite do remanso do reservatório e a Barragem Principal, no sítio Pimental;
- Trecho de Vazão Reduzida - TVR: estende-se da Barragem Principal, no sítio Pimental, e a Volta Grande do Xingu, até o trecho do rio Xingu a montante do Canal de Fuga da Casa de Força Principal, em Belo Monte;
- Rio Bacajá: área representada pelo rio Bacajá;
- Reservatório Intermediário: pontos localizados na área entre o Canal de Derivação e a Casa de Força Principal (no sítio Belo Monte);
- Igarapés Interceptados pelos Diques do RI: pontos localizados nos igarapés interceptados pelos diques, construídos para formar o Reservatório Intermediário, nas porções a jusante destes diques;
- Trecho de Restituição de Vazão - TRV (a partir da saída do Canal de Fuga da Casa de Força Principal): área que vai desde a jusante da Casa de Força Principal em Belo Monte até à região a jusante de Vitória do Xingu (PA), no Tabuleiro do Embaubal.

O presente relatório consolidado apresenta os resultados das 27 campanhas realizadas até o momento, executadas nas fases anteriores, durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, sendo o primeiro ciclo hidrológico

representado pelos dados do período de dezembro de 2011 a novembro de 2012; o segundo ciclo pelos dados de janeiro a outubro de 2013, o terceiro ciclo pelos dados de janeiro a outubro de 2014, o quarto ciclo pelos dados de janeiro a outubro de 2015; o quinto ciclo pelos dados de janeiro a novembro de 2016; e o sexto ciclo pelos dados de janeiro a outubro de 2017, que representam, portanto, seis ciclos hidrológicos completos. Ressalta-se que, entre dezembro de 2011 a outubro de 2015, as campanhas tiveram periodicidade trimestral, sendo que a partir de janeiro de 2016, após a formação dos reservatórios, as campanhas passaram a ser de periodicidade bimestral até novembro de 2016. Em janeiro de 2016, um ano após a formação dos reservatórios, as campanhas voltaram a ser de periodicidade trimestral. Tais alterações nas periodicidades das campanhas seguiram o cronograma definido no PBA do Projeto.

No PBA 11.4.2, inicialmente, foram propostas amostragens em 43 pontos de coleta, sendo que no decorrer do Projeto foi verificada a necessidade de realocações e substituições de alguns pontos, em virtude das dificuldades de acesso em períodos de seca, além da inserção de outros pontos em áreas consideradas de interesse ao monitoramento da comunidade de macrófitas aquáticas, as quais apresentaram um importante nível de infestação das mesmas ou a ocorrência de espécies com registro inédito ao Projeto ou em área específica, como explicitado em Relatórios Consolidados anteriores. Com o início do enchimento do Reservatório Xingu (RX) e do Reservatório Intermediário (RI) em novembro e dezembro de 2015, respectivamente, novos pontos com infestações importantes foram identificados, por meio de sobrevoos de helicóptero e de atividade de campo, utilizando-se de embarcação (voadeira), os quais foram, também, incluídos no monitoramento. Na campanha de campo realizada em maio de 2016, o Projeto (PBA 11.4.2) considerou 77 pontos de coleta de macrófitas. Durante o sexto ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2017) novas infestações de macrófitas aquáticas foram identificadas, cujos pontos foram incorporados na malha amostral do monitoramento, tais como ARAPUJÁ, BANCO ILHA, CANAL TRINDADE e RX-RB-13B no reservatório do Xingu e BAC PISTIA no rio Bacajá. Porém, o maior número de pontos incorporados na malha amostral se deu no RI, após os eventos ocorridos em junho e início de julho de 2017, em que bancos de macrófitas existentes nas margens e nos fundos de braços se desprenderam devido às oscilações do nível do reservatório no período de vazante e pelos fortes ventos, formando bancos flutuantes que se moveram em direção à barragem. Tais bancos flutuantes foram removidos do reservatório pela Norte Energia que, no mesmo mês, realizou um mapeamento dos bancos de macrófitas aquáticas existentes em toda a margem e braços do reservatório. Com isso, nas campanhas trimestrais de julho e outubro de 2017 do PBA 11.4.2, parte dos bancos identificados, os quais apresentavam níveis mais elevados de infestação, vinte (20) no total, foi incorporada na malha amostral do projeto. Com isso, na última campanha de campo, realizada em outubro de 2017, foram considerados 100 pontos de coleta.

Paralelamente, vários pontos que vêm sendo monitorados pelo Projeto desde a fase de pré-enchimento, sobretudo no RX e no TVR, nunca apresentaram níveis elevados de infestação, ou mesmo nunca mostraram ocorrência, mesmo durante a Etapa de

Operação, sendo que outros pontos localizados no RX deixaram de existir após ficarem submersos com o enchimento do reservatório.

Neste sentido, para equalizar o número de pontos da malha amostral do PBA 11.4.2 para um montante em torno de 77, foi encaminhado ao IBAMA, através da CE 0957/2017 – SSI, a Nota Técnica NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017, a qual propõe-se a exclusão dos pontos que nunca apresentaram níveis elevados de infestação e os pontos que ficaram submersos após a formação do RX, cujas as justificativas de exclusão são informadas no referido documento, sendo que a cópia está apresentada no Anexo 11.4.1 - 11 do presente RC.

11.4.2.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Os materiais e métodos utilizados no presente Projeto são descritos no **Anexo 11.4.2 - 1**. O Banco de Dados do PBA 11.4.2 é trimestralmente atualizado e está disponível em mídia digital, encaminhado ao IBAMA semestralmente.

O **Anexo 11.4.2 - 2** apresenta a listagem e caracterização dos pontos de coleta do PBA 11.4.2 que estão distribuídos nas áreas de monitoramento, e que já foram visitados pelo menos uma vez nas campanhas trimestrais, onde foram realizadas tentativas de amostragem dos mesmos, considerando-se que alguns pontos não são acessíveis no período de seca. Já a localização dos referidos pontos de coleta pode ser visualizada em um mapa da área de monitoramento do presente Projeto no **Anexo 11.4.2 - 3**. Ressalta-se que alguns pontos foram amostrados sem continuidade devido à inacessibilidade, devido ao período de seca, por exemplo, tais como: LA 05, RX 03, Ponto 01, Ponto 04B, IG 08, ITATÁ e BACAJAÍ, ou, ainda, não mais tiveram ocorrência de macrófitas, como RX 05, RX 06, RX 07, IG 09 e ETE PIM, com a formação do Reservatório Xingu, e os pontos 06, 07, 09 e 10 e Canteiro Canal no Reservatório Intermediário, cujos estandes regrediram progressivamente e deixaram de existir.

Buscando-se evidenciar os padrões temporais da ocorrência dos estandes de macrófitas aquáticas nos pontos monitorados, os valores médios mensais de vazão e de pluviosidade em Altamira no período entre dezembro de 2011 a novembro de 2017 foram empregados nesta seção do relatório e são apresentados na **Figura 11.4.2 - 1**.

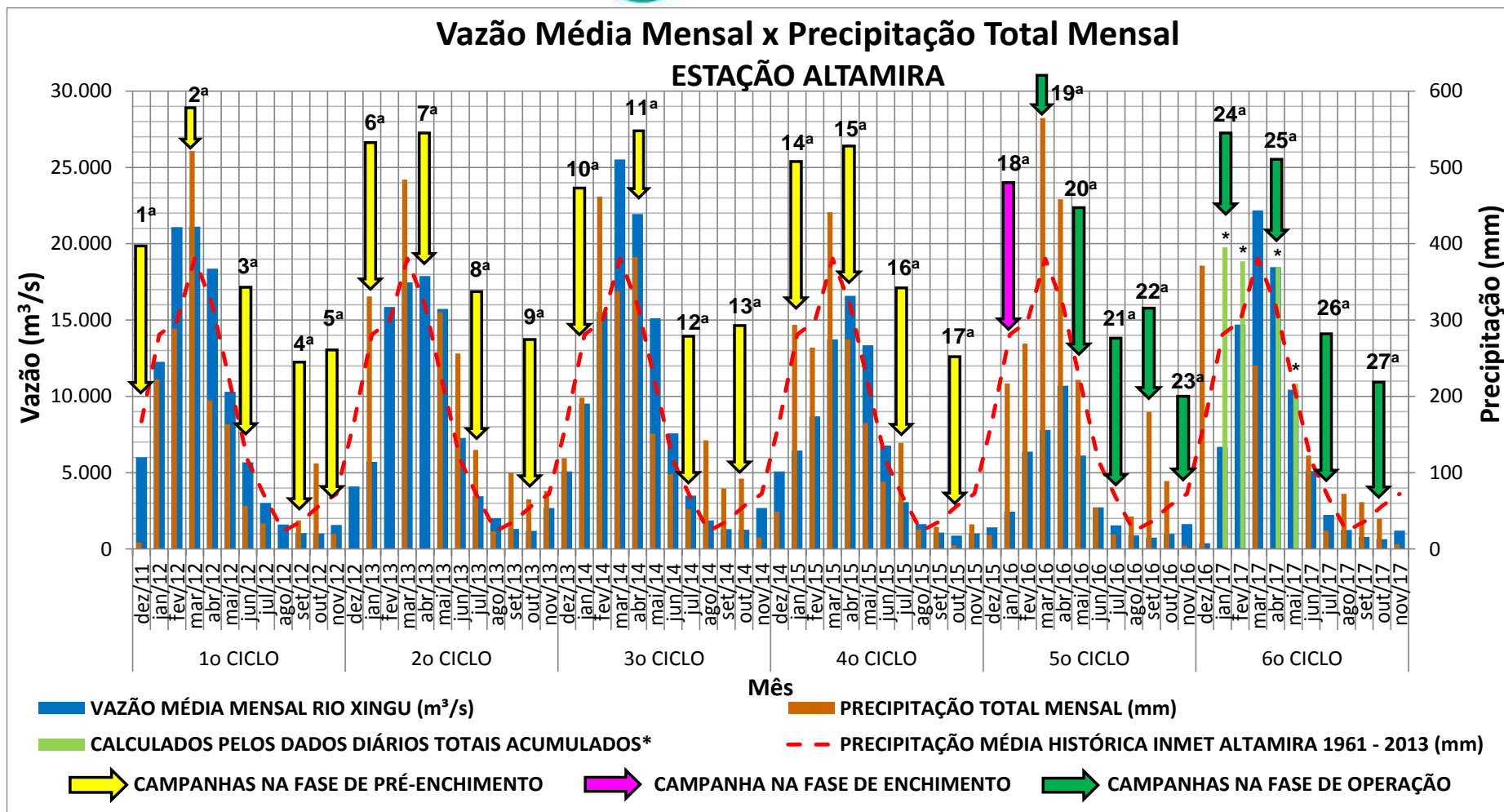


Figura 11.4.2-1 – Representação gráfica da vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a novembro de 2017. *Calculados pelos dados diários totais acumulados em virtude de falhas nos dados da PCD.

Ao longo das 27 campanhas realizadas, foram identificadas, no total, 305 espécies de macrófitas aquáticas pertencentes a 69 famílias (**Anexo 11.4.2 - 4**), sendo que o número total de ocorrências dessas espécies ao longo de todo o monitoramento realizado de dezembro de 2011 a outubro de 2017 foi de 6.465.

Visando comparar a composição de macrófitas aquáticas antes e após a formação dos reservatórios, foram elaborados gráficos com as frequências absolutas de ocorrência das principais famílias nas diferentes áreas de monitoramento durante as fases de pré-enchimento e enchimento e pós-enchimento, os quais estão apresentados nas **Figuras 11.4.2 - 2, 11.4.2 - 3 e 11.4.2 - 4**.

Par definição da criticidade, cada sítio de amostragem foi caracterizado quanto aos parâmetros: substrato, ocorrência de fontes pontuais ou difusas de poluição, vegetação marginal e ocupação da margem. Além disso, foi feita uma avaliação qualitativa, atribuindo-se a seguinte escala de valor (VEGA, 1997):

- Nível 0 = para a ausência de macrófitas
- Nível I = notada apenas a presença
- Nível II = infestação leve
- Nível III = infestação média
- Nível IV = infestação grave
- Nível V = infestação crítica

Na área a Montante do Reservatório Xingu (MRX), a família mais frequente tanto na fase de pré-enchimento, como nas fases de enchimento e pós-enchimento foi Rubiaceae, representada por 20% e 16% do total, respectivamente, cuja espécie observada com maior frequência foi *Diodia kuntzei*. Outras famílias que apresentaram ocorrências significativas na fase de pré-enchimento foram Asteraceae (11% do total), Oxalidaceae (11% do total) e Fabaceae (9% do total), sendo que na fase de pós-enchimento as famílias que apresentaram ocorrências significativas foram Cyperaceae (15% do total), Boraginaceae (7% do total), Fabaceae (7 % do total), Asteraceae (7% do total) e Poaceae (7 % do total). Considera-se ocorrência muito significativa no caso em que a proporção supera 20% do total, sendo que no caso em que a proporção supera 7% do total, considera-se como ocorrência significativa. As diferenças de proporções de ocorrência dessas famílias na área a MRX entre as fases de pré-enchimento e enchimento e pós-enchimento são, possivelmente, resultantes das variações naturais das condições das margens do rio Xingu nos diferentes períodos dos ciclos hidrológicos, as quais proporcionaram a ocupação por determinadas espécies melhor adaptadas a aquelas condições, uma vez que grande parte das macrófitas aquáticas é composta por plantas pioneiras e oportunistas. Uma vez que a área está localizada fora da influência do remanso do RX, não há relação dessas

distinções observadas entre as diferentes fases em relação à formação do reservatório.

Já na área do Reservatório Xingu (RX), a família mais frequente foi Cyperace, representada por 17% do total na fase de pré-enchimento e por 20% nas fases de enchimento e pós-enchimento, e cuja espécie observada com maior frequência foi *Cyperus luzulae*. Assim como verificada na área a MRX, os pontos monitorados na área do RX apresentaram algumas diferenças quando à proporção das principais espécies, muito em função das variações naturais das condições das margens do rio Xingu e de seus tributários, mas também resultantes da formação do RX, o qual proporcionou o surgimento de novos nichos. Não obstante, as famílias mais frequentemente observadas na fase de pré-enchimento foram também observadas em grande proporção nas fases de enchimento e pós-enchimento, tais como Poaceae, Fabaceae e Onagraceae e Araceae. A família Salviniaceae, referente a algumas espécies flutuantes livres com elevado potencial de infestação, tais como *Lemna aequinoctialis* e *Salvinia auriculata*, se manteve em proporções semelhantes, tanto na fase de pré-enchimento, como nas fases de enchimento e pós-enchimento (4% e 5% do total, respectivamente), sendo que a família Pontederiaceae, referente à espécie *Eichhornia crassipes*, também de alto potencial de infestação, foi muito pouco frequente durante as fases de enchimento e pós-enchimento na área do RX. Tais resultados demonstram a reduzida ocorrência das espécies flutuantes livres com alto potencial de infestação na área do RX como um todo, até a campanha de outubro de 2017, não evidenciando, portanto, a disseminação e infestação dessas plantas no sistema.

No Trecho de Vazão Reduzida (TVR), a família observada com maior frequência durante a fase de pré-enchimento foi Fabaceae (15% do total), seguida da família Poaceae (14% do total), da família Cyperaceae (14% do total) e Rubiaceae (8% do total), sendo que na fase de enchimento e pós-enchimento as famílias mais frequentemente observadas foram Cyperaceae (19% do total), Rubiaceae (14% do total), Fabaceae (13% do total), Euphorbiaceae (8% do total) e Poaceae (7% do total). Portanto, as espécies dessas famílias observadas com maior frequência ocorreram em proporções semelhantes tanto na fase de pré-enchimento como na fase de enchimento.

Na área do rio Bacajá as diferenças das proporções de ocorrência das diferentes famílias foram pequenas tanto na fase de pré-enchimento como na fase de enchimento e pós-enchimento, o que evidencia a não ocorrência de dominância de determinadas espécies.

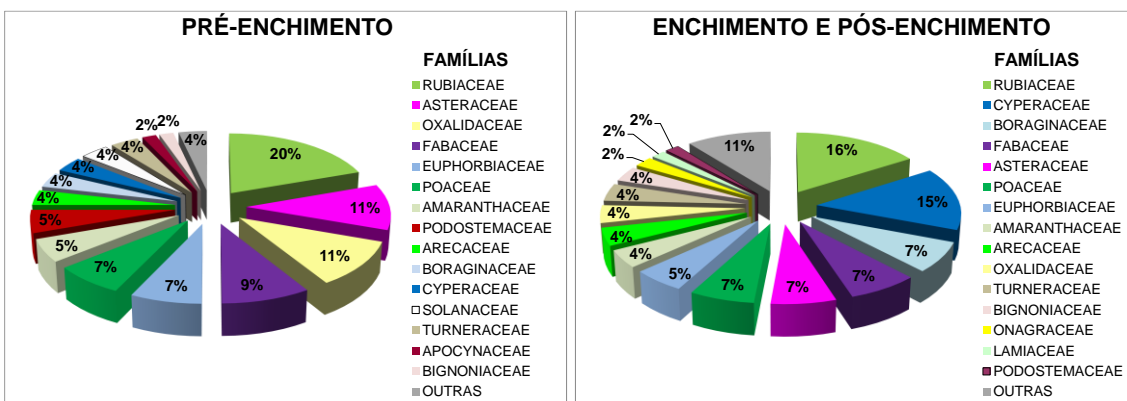
Padrão semelhante foi também observado nos Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI), cujas proporções de ocorrência das espécies das diferentes famílias foram semelhantes tanto na fase de pré-enchimento como na fase de enchimento e pós-enchimento, não evidenciando dominância de determinadas espécies. Tanto os pontos da área dos IID-RI como os pontos da área do rio Bacajá apresentaram ausência ou baixa ocorrência de famílias referentes a espécies com

elevado potencial de infestação nas fases de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento.

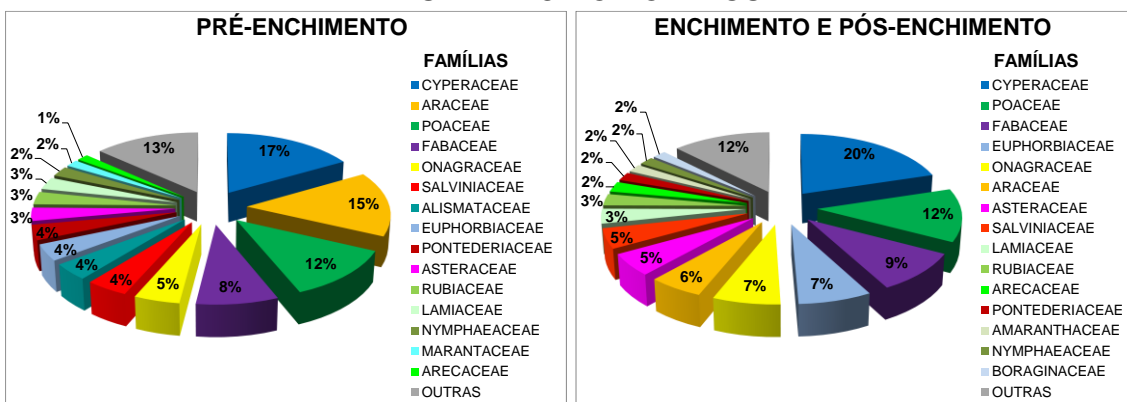
No Trecho de Restituição de Vazão (TRV), as famílias mais representativas na fase de pré-enchimento foram: Fabaceae (15% do total), Poaceae (14% do total), Cyperaceae (14 % do total), Rubiaceae (8% do total) e Araceae (7% do total), sendo que na fase de pós-enchimento as famílias mais representativas foram: Araceae (16% do total), Poaceae (15% do total), Fabaceae (13% do total), Rubiaceae (9% do total) e Pontederiaceae (8% do total), ou seja, as mesmas famílias mais representativas foram observadas nas duas fases, com exceção da família Pontederiaceae na fase de enchimento e pós-enchimento, apesar das pequenas diferenças nas proporções, as quais podem ser atribuídas às condições naturais de variação das margens do rio Xingu e de seus tributários determinadas pelo regime hidrológico do sistema, o qual tem nítida influência do rio Amazonas e de marés. No caso da família Pontederiaceae, a ocorrência se deve, em parte, à inclusão do ponto TUC 01 na malha amostral a partir de outubro de 2015, ou seja, no final da fase de pré-enchimento, o qual está localizado no igarapé Tucuruí e apresenta banco de macrófita aquática da espécie *Eichhornia azurea*. Essa espécie, da família Pontederiaceae, também passou a ocorrer no ponto TVR 09, localizado na foz do igarapé Tucuruí, ou seja: sem qualquer relação com o empreendimento da UHE Belo Monte. Já a elevada proporção de plantas da família Araceae se deve à ocorrência muito frequente da espécie *Montrichardia linifera* nessa área, melhor adaptada às condições de ria do rio Xingu e, portanto, também sem relação com o empreendimento.

Já no Reservatório Intermediário (RI), cujo monitoramento foi iniciado após a sua formação, a família mais representativa no período entre janeiro de 2016 a outubro de 2017 foram: Onagraceae, com 16% do total de ocorrência, seguida de Fabaceae (15% do total), por Cyperaceae (14% do total), Poaceae (12% do total) e Thelypteridaceae (11% do total). Tais espécies são as que ocorrem com maior frequência nos bancos flutuantes existentes nas margens do reservatório, haja vista que o esforço amostral nesses locais aumentou significativamente a partir de julho de 2017, conforme já mencionado anteriormente neste documento. Outra família com ocorrência significativa na área do RI foi Pontederiaceae (6 % do total), especificamente da espécie *Eichhornia crassipes*. Porém, a ocorrência dessa espécie se restringiu aos pontos localizados na bacia do igarapé Paquiçamba, tais como CANAL, Dique 29 e RI 40-MAC. Devido ao elevado potencial de infestação dessa espécie, esses locais estão sendo monitorados com maior atenção. Não obstante, até a campanha de outubro de 2017, os estandes nesses pontos têm se mantido praticamente estáveis, sem evidências de expansão para outras porções do RI.

MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU



RESERVATÓRIO DO XINGU



TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

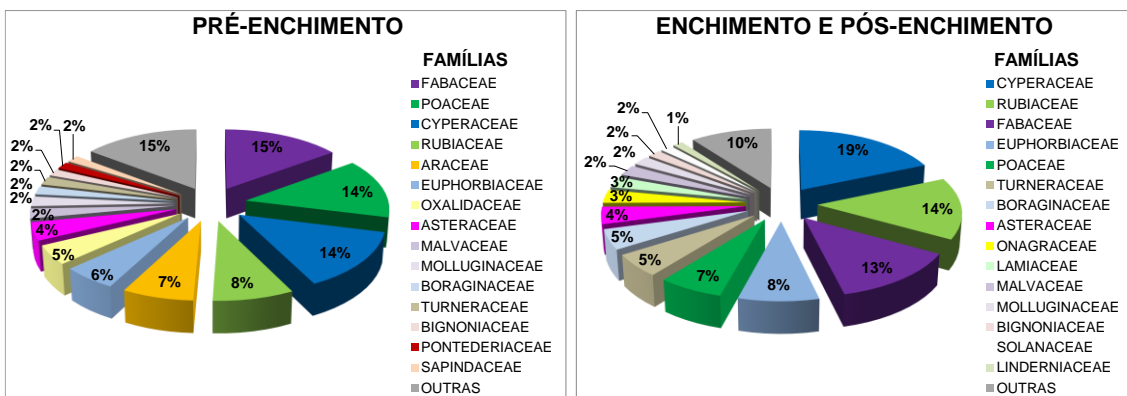
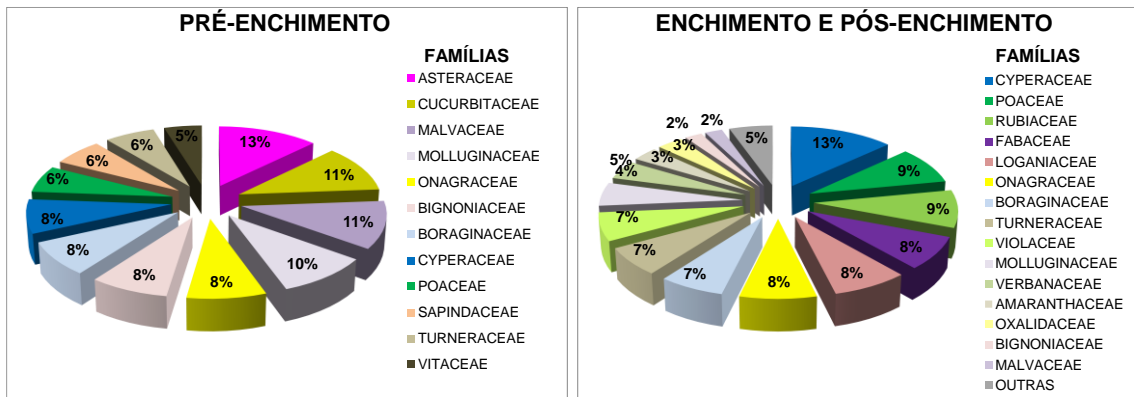
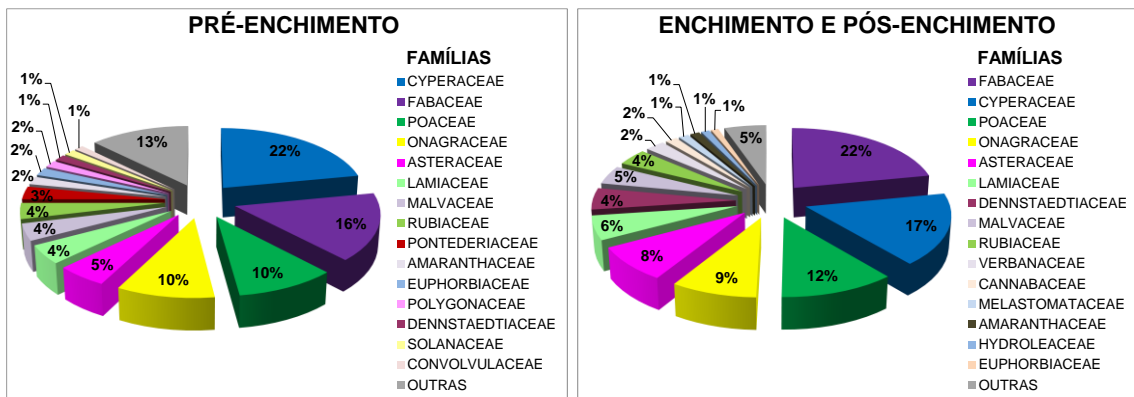


Figura 11.4.2-2 – Representatividade (%) do número de observações de macrófitas aquáticas por família na área a Montante do Reservatório Xingu e na área do Reservatório do Xingu durante as fases de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015) e enchimento e pós-enchimento (janeiro a outubro de 2017).

RIO BACAJÁ



IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES



TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

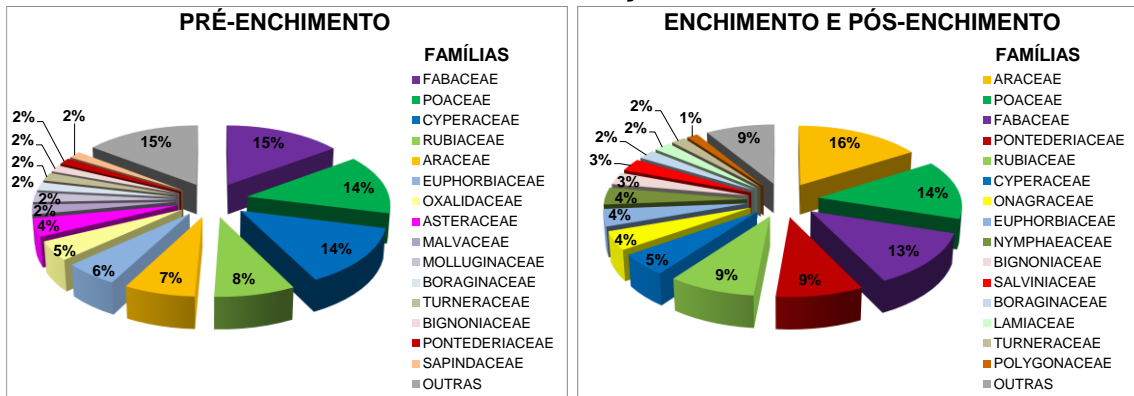


Figura 11.4.2-3 – Representatividade (%) do número de observações de macrófitas aquáticas por família nas áreas do Rio Bacajá, dos Igarapés Interceptados pelos Diques e Trecho de Restituição de Vazão durante as fases de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015) e enchimento e pós-enchimento (janeiro a outubro de 2017).

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO

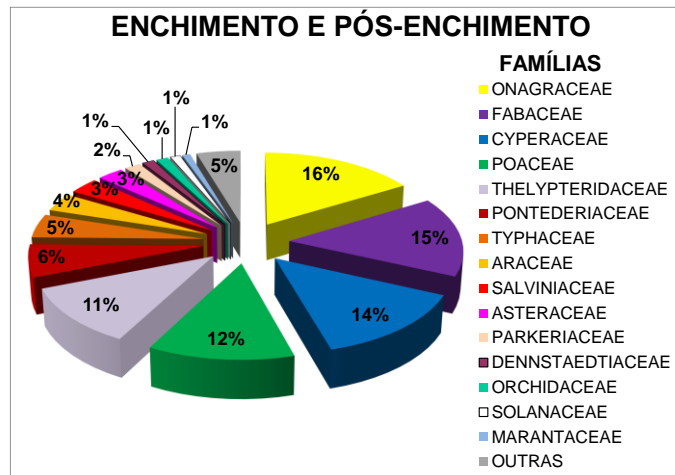
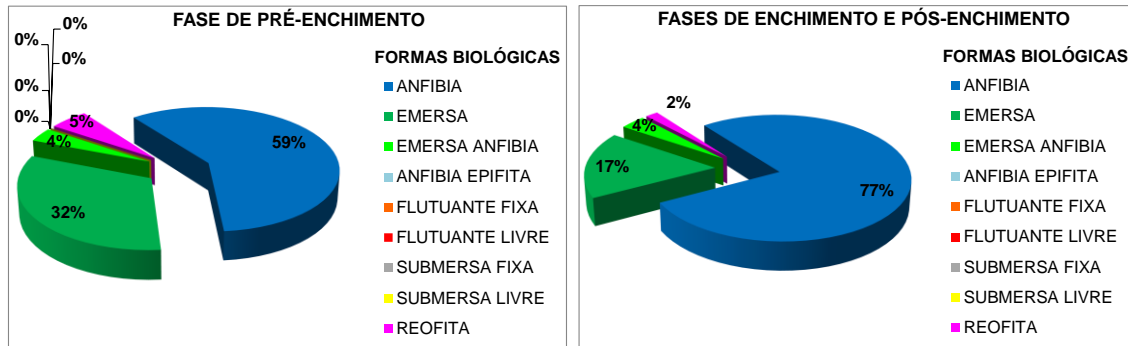


Figura 11.4.2-4 – Representatividade (%) do número de observações de macrófitas aquáticas por família na área do Reservatório Intermediário durante a fase de enchimento e pós-enchimento (janeiro a outubro de 2017).

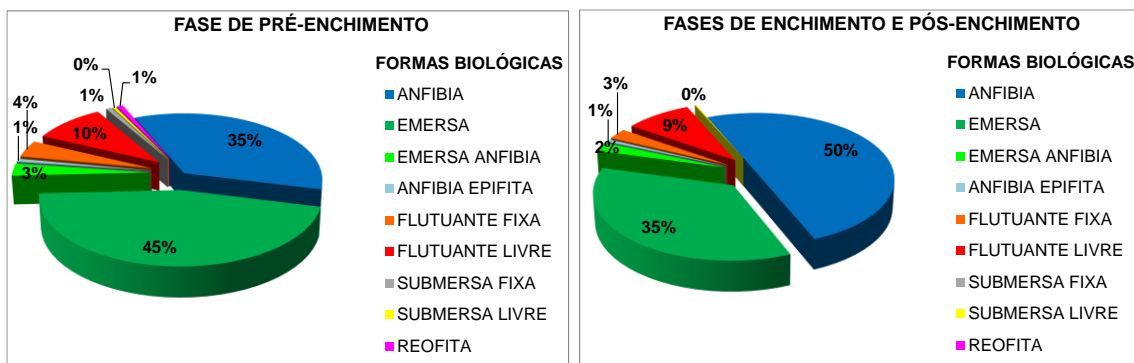
Os gráficos com as frequências de ocorrência das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas nas diferentes áreas de monitoramento durante a fase de pré-enchimento e durante as fases de enchimento e pós-enchimento são apresentados na **Figura 11.4.2 - 5 e 11.4.2 - 6**. As macrófitas de forma anfíbia foram, em geral, as que ocorreram com maior frequência tanto na fase de pré-enchimento como nas fases de enchimento e pós-enchimento, como nas áreas a Montante do Reservatório Xingu, do Trecho de Vazão Reduzia, do rio Bacajá e dos Igarapés Interceptados pelos Diques, bem como na área do Reservatório Xingu durante as fases de enchimento e pós-enchimento. Já as macrófitas de forma emersa foram dominantes nas fases de pré-enchimento na área do Reservatório Xingu, nas fases de pré-enchimento, enchimento e de pós-enchimento na área do Trecho de Restituição de Vazão, bem como no Reservatório Intermediário. Já as espécies de forma flutuante livre, as quais apresentam maior potencial de infestação, foram observadas em proporção significativa nas áreas do Reservatório Xingu, tanto durante a fase de pré-enchimento (10% do total) como nas fases de enchimento e pós-enchimento (9% do total). Proporção muito significativa das espécies de forma flutuante livre foram também observadas no Reservatório Intermediário (14% do total). As maiores ocorrências das formas flutuantes livres se deram, principalmente, durante a fase de enchimento e início da fase de pós-enchimento desses reservatórios, os quais apresentaram infestações importantes, principalmente nas margens e nos fundos dos braços, das espécies *Lemna aequinoctialis*, *Azolla filiculoides*, *Pistia stratiotes* e, no caso da bacia do igarapé Paquiçamba, no Reservatório Intermediário, de *Eichhornia crassipes*. Tais ocorrências eram previstas visto que essas espécies são melhores adaptadas às condições lânticas que se formaram durante e após o enchimento dos reservatórios. Porém, durante a fase de pós-enchimento, as infestações de algumas espécies flutuantes livres, em especial de *Lemna aequinoctialis* e de *Azolla filiculoides* retrocederam ou mesmo deixaram de existir em vários pontos do RX e do RI, em função da alteração progressiva das condições dos reservatórios, como diminuição da concentração de nutrientes na água. As plantas da espécie *Eichhornia crassipes*

continuam ocorrendo no RI, porém, restrita à bacia do igarapé Paquiçamba, como nos pontos CANAL, DIQUE 29 e RI 40-MAC.

MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU



RESERVATÓRIO DO XINGU



TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

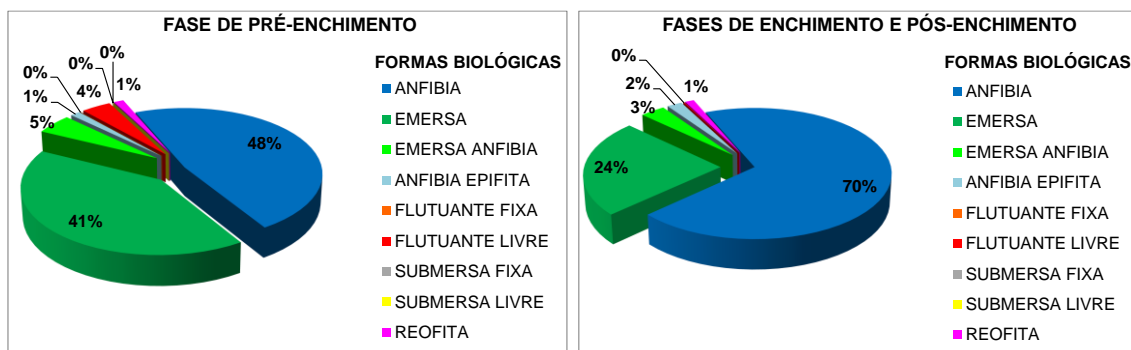
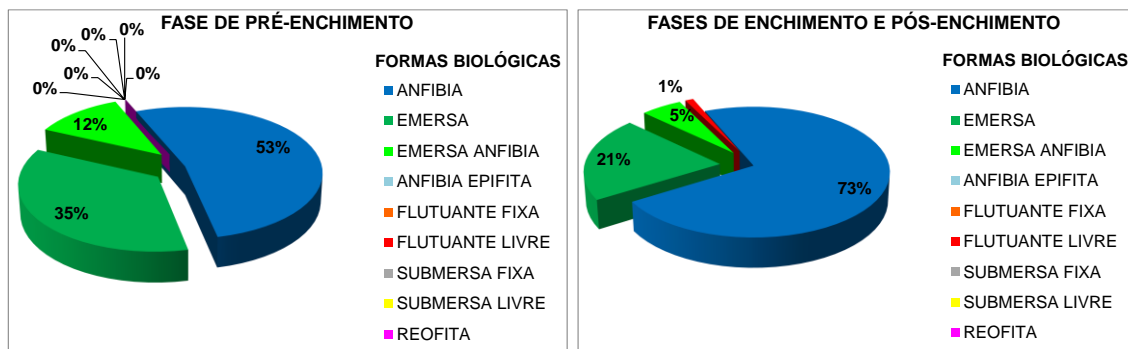


Figura 11.4.2-5 – Frequência de ocorrência (%) das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas nas áreas a montante do Reservatório Xingu, do Reservatório Xingu e do Trecho de Vazão Reduzida na fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015) e nas fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017).

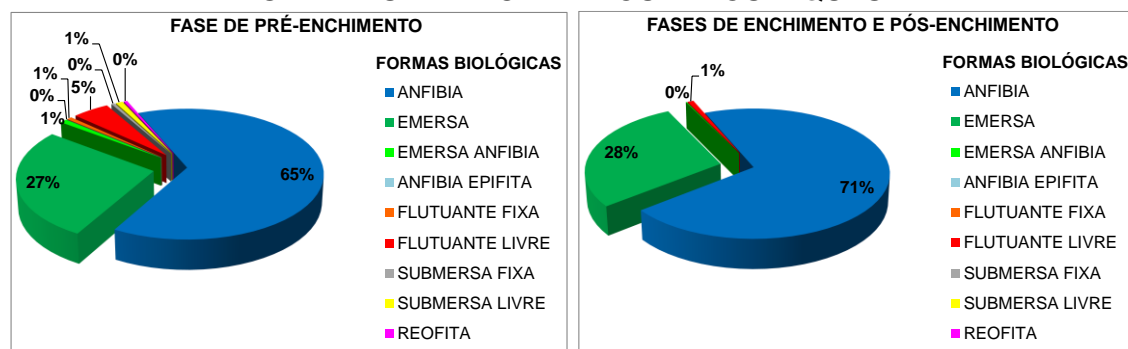
Na área do Trecho de Restituição de Vazão, as espécies de forma flutuante fixa, tais como: *Eichhornia azurea* e *Nymphaea amazonum*, as quais apresentam certo potencial de infestação, também foram frequentes tanto durante a fase de pré-enchimento, como nas fases de enchimento e pós-enchimento (14% e 12% do total, respectivamente), com ocorrência nos pontos IG 13 e TUC 01, localizados no igarapé

Tucuruí, próximo à cidade de Vitória do Xingu (PA). Nesse caso, a presença está relacionada às características do igarapé, favoráveis ao desenvolvimento dessas espécies, haja vista que tais ocorrências são verificadas desde o início do monitoramento, em dezembro de 2011, não havendo, portanto, qualquer relação com a formação dos reservatórios.

RIO BACAJÁ



IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES



TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

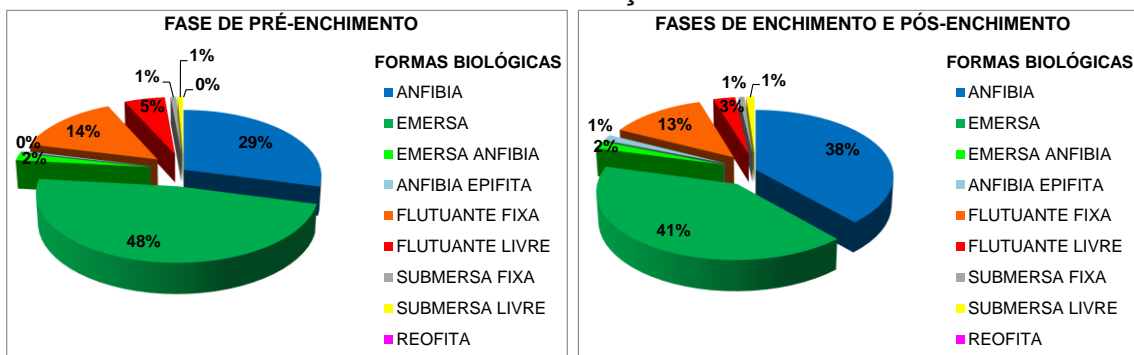


Figura 11.4.2-6 – Frequência de ocorrência (%) das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas nas áreas do Rio Bacajá, Igarapés Interceptados pelos Diques e Trecho de Restituição de Vazão na fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015) e nas fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017).

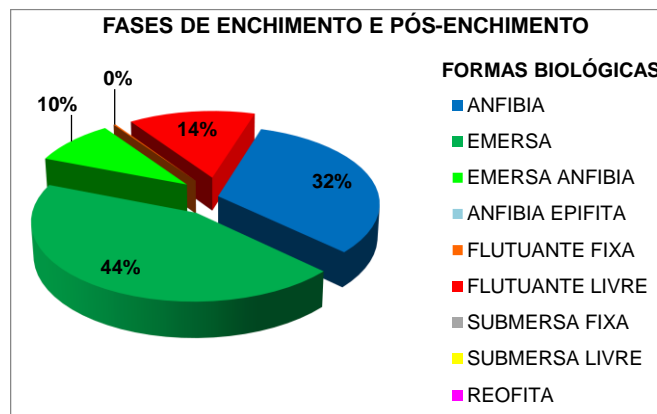


Figura 11.4.2-7 – Frequência de ocorrência (%) das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas na área do Reservatório Intermediário nas fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017).

11.4.2.2.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES

Na **Figura 11.4.2 - 8** apresenta-se o gráfico de riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas diferentes áreas de monitoramento nas 27 campanhas de campo realizadas.

A área do Reservatório Xingu (RX) foi a que apresentou, em geral, maior riqueza de espécies em praticamente todas as campanhas, cujo máximo valor (214 espécies) foi observado em janeiro de 2017, correspondente ao período de enchente do sexto ciclo hidrológico, já na fase de pós-enchimento dos reservatórios. Em abril de 2017, correspondente ao período de cheia do sexto ciclo hidrológico no RX, a riqueza observada também foi muito significativa (167 espécies). A elevada riqueza de espécies nessa área se deve, principalmente, por ali se localizar o maior número de pontos de amostragem, pela ocorrência de inúmeras lagoas marginais e diversidade de ambientes aquáticos, mas também pela formação do Reservatório Xingu, os quais apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas, como maior tempo de retenção, elevada ciclagem de nutrientes e de decomposição, principalmente, nos braços formados pelo reservatório (em níveis de maior profundidade), como nos igarapés Palhal e Bastião, na margem direita do RX.

Outra área que apresentou riqueza significativa foi referente aos Igarapés que são Interceptados pelos Diques, com riqueza de 73 espécies observadas em abril de 2017, bem como a área do Trecho de Vazão Reduzida, que em janeiro de 2017 apresentou riqueza de 73 espécies. Porém, a grande maioria das plantas observadas é composta por espécies com hábitos anfíbio e/ou emerso, como as das famílias Cyperaceae, Poaceae, Onagraceae e Fabaceae, as quais vivem nas várzeas dos igarapés e nas margens e ilhas do rio Xingu sem grande potencialidade de infestação.

Já os pontos localizados no Reservatório Intermediário apresentaram baixa riqueza de espécies em relação às demais áreas, muito em função do pouco tempo de formação do sistema. Porém, é possível verificar um pequeno aumento da riqueza de espécies

no RI ao longo do tempo, o que demonstra uma tendência de ocupação por novas espécies.

Os baixos valores de riqueza de espécies observados nas campanhas de abril e julho de 2014 se devem à ocorrência da grande cheia nesse período, o qual resultou no encobrimento de grande parte das plantas pela água. Já o aumento progressivo da riqueza de espécies de macrófitas aquáticas a partir de outubro de 2014 se deve à recuperação da ocupação da vegetação nas áreas monitoradas, bem como ao aumento dos esforços amostrais, haja vista que novos pontos foram sendo progressivamente incorporados na malha amostral visando a caracterização de áreas com novas infestações, bem como de estandes localizados próximos às áreas com ocupações humanas, visando à quantificação de fauna associada às macrófitas aquáticas.

As espécies com maior frequência de ocorrência nas 27 campanhas trimestrais monitoradas, até o momento, foram: *Montrichardia linifera*, planta emersa da família Araceae e conhecida popularmente como aninga, com 282 observações; *Mimosa pudica*, planta família Fabaceae, com 233 observações; *Paspalum repens*, planta emersa da família Poaceae, com 206 ocorrências; a espécie anfíbia *Cyperus luzulae* (família Cyperaceae), com 170 observações; a espécie flutuante livre *Salvinia auriculata* (família Salvinaceae), com 120 observações; a espécie emersa *Ludwigia leptocarpa*, com 117 observações; e a espécie *Caperonia castaneifolia*, planta emersa da família Euphorbiaceae, com 114 observações.

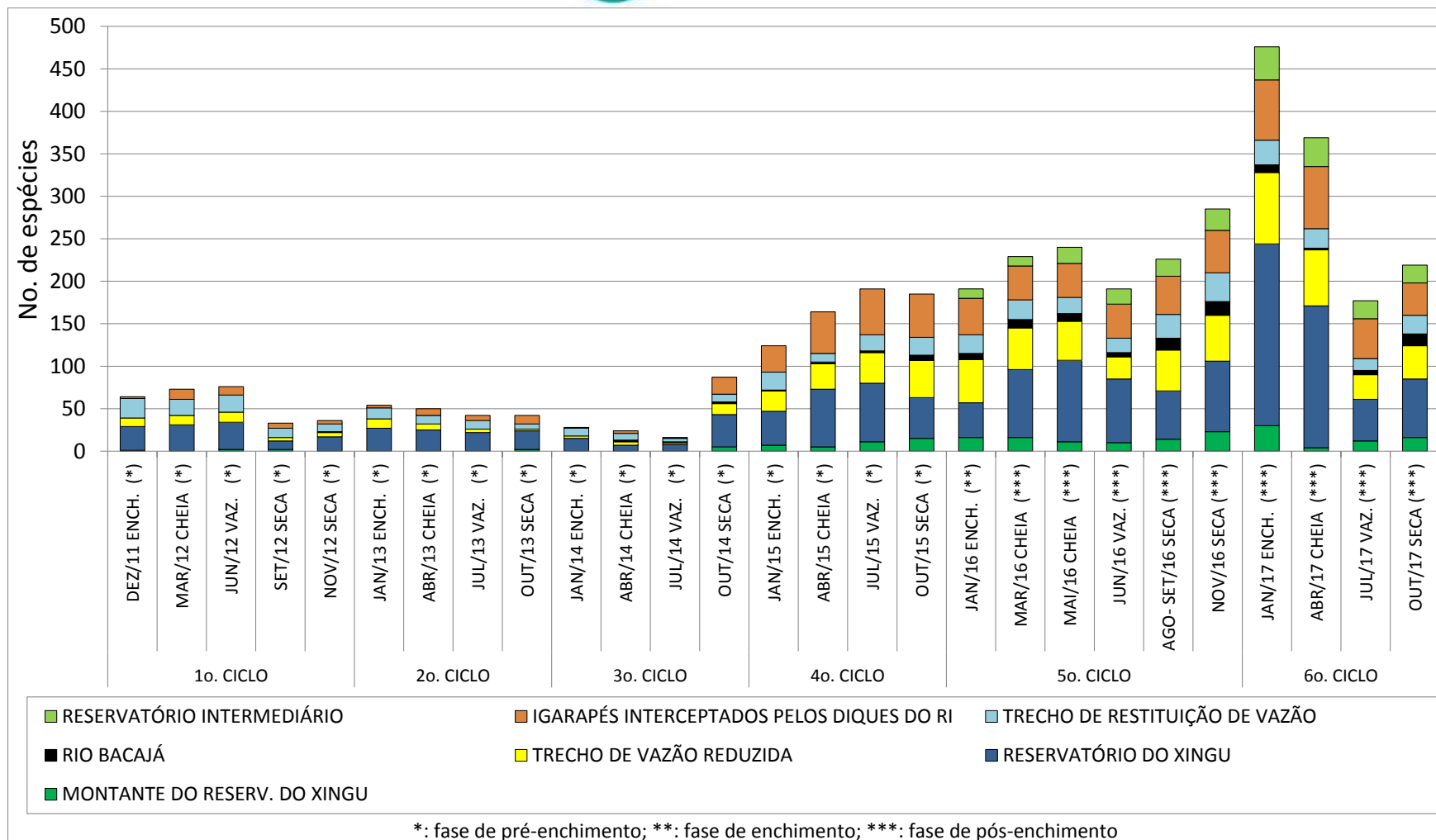


Figura 11.4.2-8 – Representação gráfica da riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas áreas de monitoramento nos ciclos hidrológicos avaliados (dezembro de 2011 a outubro de 2017). *: fase de pré-enchimento; **: fase de enchimento; *: fase de operação.**

Vale destacar o caráter de ampla distribuição da aninga (*M. linifera*), espécie que habita preferencialmente as margens de rios, igarapés e áreas alagadas periodicamente, como nas lagoas avaliadas a montante da cidade de Altamira. Como descrito por Macedo *et al.* (2005)², em seu hábitat natural. *M. linifera* encontra-se entre o ambiente terrestre e o aquático, geralmente em solos periodicamente ou permanentemente alagados ricos em matéria orgânica, apresentando ainda adaptações morfo-fisiológicas para sobrevivência em ambiente tão adverso.

Porém, atenção maior deverá ser direcionada, principalmente, às espécies flutuantes livres de elevada biomassa, tais como *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes*, as quais oferecem maior potencial de infestação e dificuldade de remoção, observadas nos igarapés urbanos, tais como Altamira e Ambé, bem como em alguns braços do RX, como Palhal e Bastião, e na bacia do igarapé Paquiçamba, no RI, a qual apresentou infestação da espécie *Eichhornia crassipes* em alguns pontos, tais como CANAL, DIQUE 29, RI 40-MAC e Ponto 07 durante e após o enchimento. Cabe destacar que as infestações identificadas tanto no RX como no RI durante a fase de enchimento, não se expandiram durante a fase de pós-enchimento, até outubro de 2017, mantendo-se estáveis, retrocedendo ou sendo sucedidas por outras espécies, como *Oxycaryum cubense* e *Ludwigia leptocarpa*, plantas emersas ou epífitas sobre outras espécies de macrófitas. Essas espécies epífitas, em geral, tendem a permanecer estáveis no local formando ilhas flutuantes, uma vez que apresentam baixo potencial de dispersão quando comparadas às espécies flutuantes livres, com maior potencial de dispersão e, conseqüentemente, de infestação. Não obstante, tais infestações continuarão sendo monitoradas ao longo do Projeto visando o acompanhamento da extensão dos estandes.

11.4.2.2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS – RIQUEZA DAS ESPÉCIES

11.4.2.2.2.1. FASE PRÉ-ENCHIMENTO

Para avaliar uma possível relação entre a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas, considerada como variável dependente, e as variáveis de qualidade da água, considerada como variável independente, uma análise de correlação linear foi realizada para os dados das primeiras 17 campanhas de campo realizadas, entre dezembro de 2011 a outubro de 2015, correspondentes à fase de pré-enchimento do Reservatório Xingu e do Reservatório Intermediário, bem como para os dados das campanhas 18 à 27, realizadas entre janeiro de 2016 a outubro de 2017, correspondentes às fases de enchimento e pós-enchimento, com a qual se obteve os coeficientes de correlação linear de Pearson (ZAR, 1999)³. Foram feitas, portanto, duas análises de correlação distintas: uma para a fase de pré-enchimento, e outra para as fases de enchimento e pós-enchimento, as quais foram mantidas juntas. Esta

² MACEDO, E. G; FILHO, B.G.S.; POTIGUARA, R.C.V.; SANTOS, D.S.B. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, jan-abr p. 19-43. 2005.

³ ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 4 ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey. 1999.

separação das fases foi empregada visando diferenciar as condições existentes antes e após a formação dos reservatórios.

No **Quadro 11.4.2 - 1** são apresentados, em vermelho, os coeficientes de correlação linear das variáveis de qualidade da água que apresentaram níveis de significância superiores a 5% com a variável dependente “riqueza de espécies” para os dados obtidos durante a fase de pré-enchimento.

Estas variáveis, que melhor se correlacionaram com a riqueza de espécies foram posteriormente utilizadas para aplicação da análise de regressão múltipla, passo a passo, de acordo com os procedimentos descritos em Valentin (2000)⁴.

A partir dessa análise, torna-se possível avaliar, em termos percentuais, o quanto cada variável independente influencia a variabilidade da riqueza de espécies, tomando-se como referência os valores dos coeficientes de determinação múltipla (r^2) obtidos em cada passo da análise de regressão. A somatória das porcentagens de cada variável independente, escolhida na análise, revela, portanto, a porcentagem total de explicação do modelo multilinear resultante sobre a variável dependente em questão.

Quadro 11.4.2-1 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente “riqueza de espécies de macrófitas” e as variáveis de qualidade da água (independentes), observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, nos ciclos hidrológicos monitorados durante a fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R	VALOR DE P
Clorofila-a	0,3332	0,000
Fluoreto	0,2569	0,000
Alcalinidade	0,1922	0,000
Fósforo total	0,1735	0,000
Condutividade	0,1625	0,000
Mat. susp. orgânico	0,1589	0,000
Amônio	0,1563	0,000
Cloreto	0,1363	0,002
Turbidez	0,1161	0,005
Mat. susp. inorgânico	0,1172	0,006
Profundidade	-0,1059	0,010
Lítio	0,0829	0,054
Transparência	-0,0750	0,071
Sulfato	0,0661	0,126
Temperatura	0,0462	0,263

⁴ VALENTIN, J. L. Ecologia Numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 117 p. 2000.

VARIÁVEL INDEPENDENTE	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R	VALOR DE P
Brometo	0,0436	0,314
Nitrito	0,0405	0,350
Cálcio	,0306	0,478
Fosfato	,0323	0,481
O2 dissolvido	-,0222	0,592
Magnésio	-,0178	0,680
Pot. sat. de O2	-,0163	0,693
DBO	-,0162	0,701
Potencial redox	,0137	0,740
Nitrogênio total Kjeldahl	-,0129	0,767
pH	-,0115	0,781
Sódio	,0090	0,835
Potássio	-,0023	0,957
Nitrato	,0013	0,976

Em vermelho: coeficientes que apresentaram correlação significativa ao nível de significância de 5%; p: nível descritivo ou probabilidade de significância (p-value).

No **Quadro 11.4.2 - 2** apresenta-se os resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada à variável dependente “riqueza de espécies” para os dados referentes às campanhas da fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015). Baseado no modelo multilinear obtido pela análise, a variável clorofila-a foi responsável por 11,10% da explicação, sendo que o fluoreto foi responsável por 5,05 %, o amônio por 0,56%, a profundidade (inversamente) por 0,67%, e a turbidez (inversamente) por 10,62%, os quais totalizaram 18,00% de explicação da variável riqueza de espécies.

É possível que, com a correlação observada entre a riqueza de espécies de macrófitas e as concentrações de clorofila-a, alguns íons como fluoreto e amônio estejam relacionados às características das lagoas marginais, tais como a lagoa Noronha, a lagoa do Valdir, a lagoa do Maradona e a lagoa do Arismar, uma vez que estas apresentaram, em geral, concentrações mais elevadas das variáveis independentes citadas e maior riqueza de espécies, influenciadas pelas condições lânticas desses sistemas. Assim, o confinamento das águas nas lagoas resultou em um aumento na concentração de íons, bem como no maior crescimento das comunidades fitoplanctônicas e de macrófitas aquáticas.

Por outro lado, deve-se ressaltar que, além da influência exercida pelas variáveis ambientais, as espécies avaliadas possuem distribuição cosmopolita, ocorrendo nos distintos habitats avaliados, tais como o rio Xingu, Igarapés, lagoas, áreas alagadas e praias, além de possuírem características adaptativas intrínsecas, tornando-as tolerantes a diferentes ambientes.

Além de fatores como água parada, como observado nas lagoas, a disposição de substrato a ser colonizado pelas espécies enraizadas nas ilhas e margens, bem como das formas e ciclos de vida de cada espécie são outros fatores que podem contribuir

para a determinação da forma de distribuição e colonização de espécies de macrófitas aquáticas.

Quadro 11.4.2-2 – Resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada para a variável dependente “riqueza de espécies” de macrófitas e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, nos quatro (4) ciclos hidrológicos monitorados (dezembro de 2011 a outubro de 2015), antes do enchimento

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
Clorofila-a (µg/L)	1	1,9137	0,0710	0,1110	66,0528	0,0000	11,10
Fluoreto (µg/L)	2		0,0071	0,1615	50,8308	0,0000	5,05
Amônio (µg-N/L)	3		0,0126	0,1671	35,2412	0,0022	0,56
Profundidade (m)	4		-0,1816	0,1738	27,6675	0,0157	0,67
Turbidez (NTU)	5		-0,0059	0,1800	23,0521	0,0469	0,62
Total de explicação (%):							18,00

Equação do modelo multilinear: Riqueza (nº. espécies) Pré-enchimento = 1,9137 + 0,0710 x Clorofila-a + 0,0071 x Fluoreto + 0,0126 x Amônio - 0,1816 x Prof. - 0,0059 x Turbidez; R²: coeficiente de determinação múltipla; F: valor de F do teste-F parcial; valor de p: nível descritivo (p-value); coeficiente B: coeficiente de contribuição relativa de cada variável independente sobre a predição da variável dependente.

11.4.2.2.2. FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO

No **Quadro 11.4.2 - 3** estão apresentados, em vermelho, os coeficientes de correlação linear das variáveis de qualidade da água que apresentaram níveis de significância superiores a 5 % com a variável dependente “riqueza de espécies” para os dados obtidos durante as campanhas das fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017). As variáveis que se correlacionaram significativamente com a riqueza de espécies nessas fases foram cálcio, condutividade, fluoreto, potássio, profundidade (correlação inversa), transparência da água (correlação inversa), turbidez, alcalinidade, sódio, cloreto, nitrito e magnésio.

Quadro 11.4.2-3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente “riqueza de espécies de macrófitas” e as variáveis de qualidade da água (independentes), observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu, reservatórios Xingu e Intermediária e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, nos ciclos hidrológicos monitorados durante as fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017)

Variável independente	Coeficiente de correlação R	Valor de p
Cálcio	0,2683	0,0000
Condutividade	0,1598	0,0000
Fluoreto	0,1586	0,0000
Potássio	0,2882	0,0000
Profundidade	-0,2749	0,0000
Transparência	-0,2764	0,0000
Turbidez	0,2139	0,0000
Alcalinidade	0,1249	0,0060
Sódio	0,1240	0,0060
Nitrito	-0,1189	0,0090
Cloreto	0,0980	0,0310
Magnésio	0,0895	0,0490
Fósforo total	0,0893	0,0500
Brometo	0,0873	0,0550
Potencial redox	-0,0875	0,0550
Temperatura	-0,0869	0,0560
Material em susp. total	0,0830	0,0680
Material em susp. inorgânico	0,0820	0,0720
Material em susp. orgânico	0,0817	0,0730
Nitrogênio total	0,0599	0,1890
pH	0,0429	0,3470
Clorofila-a	0,0323	0,4780
Saturação de O ₂	-0,0221	0,6280
Fosfato	0,0209	0,6460
Nitrato	0,0154	0,7360
Sulfato	0,0114	0,8030
O ₂ dissolvido	-0,0099	0,8290
Amônio	0,0075	0,8690
DBO	-0,0005	0,9920

Em vermelho: coeficientes que apresentaram correlação significativa ao nível de significância de 5%; p: nível descritivo ou probabilidade de significância (p-value).

Na análise de regressão múltipla passo a passo aplicada à variável riqueza de espécies na fase de enchimento e pós-enchimento, as variáveis potássio, profundidade (inversamente), turbidez, cálcio, magnésio (inversamente), transparência da água (inversamente) e sódio (inversamente) foram escolhidos pelo modelo linear, as quais foram responsáveis, juntas, por 18,99% de explicação da variabilidade da riqueza de espécies. As correlações inversas observadas no modelo linear da análise

de regressão múltipla indicam que, com o aumento dos valores de riqueza de espécies, os valores das variáveis correlacionadas diminuíram proporcionalmente. Tais resultados sugerem que as maiores riquezas durante as fases de enchimento e pós-enchimento ocorreram em locais com baixa profundidade, elevada turbidez, baixa transparência da água e baixas concentrações de magnésio e sódio, condições essas observadas durante os períodos de maior precipitação dos ciclos hidrológicos, tais como enchente e cheia. De fato, o gráfico de riqueza de espécies de macrófitas aquáticas apresentado na **Figura 11.4.1 - 8** confirma que os maiores valores foram observados nesses períodos, durante a fase de operação, possivelmente pelo benefício da abundância de água para as plantas, em especial nas áreas de várzea e nas lagoas marginais.

Quadro 11.4.2-4 – Resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada para a variável dependente “riqueza de espécies” de macrófitas e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu, reservatórios e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, na fase de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
Potássio	1	7,2696	1,0668	0,08185	47,5176	0,0002	8,19
Profundidade	2		-0,2781	0,12807	39,0693	0,0006	4,62
Turbidez	3		0,0147	0,14968	31,1568	0,0002	2,16
Cálcio	4		0,8772	0,16463	26,1265	0,0003	1,50
Magnésio	5		-1,7551	0,17781	22,8806	0,0063	1,32
Transparência	6		-0,8417	0,18370	19,8028	0,0318	0,59
Sódio	7		-0,2603	0,18992	17,5058	0,0447	0,62
Total de explicação (%):							18,99

Equação do modelo multilinear: Riqueza (no.de espécies) Enchimento e Pós-Enchimento = 7,2696 - 0,2781 x Profundidade + 0,0147 x Turbidez + 0,8772 x Cálcio - 1,7551 x Magnésio - 0,8417 x Transparência - 0,2603 x sódio; R²: coeficiente de determinação múltipla; F: valor de F do teste-F parcial; valor de p: nível descritivo (p-value); coeficiente B: coeficiente de contribuição relativa de cada variável independente sobre a predição da variável dependente.

11.4.2.2.3. ÍNDICE DE DIVERSIDADE

O **Quadro 11.4.2 - 5** apresenta os valores do índice de diversidade de Shannon (Shannon; Wiener, 1949)⁵ calculados para as distintas áreas avaliadas, de dezembro de 2011 a outubro de 2017, sendo que o gráfico correspondente está apresentado na **Figura 11.4.2 - 9**.

Em geral, a área do Reservatório Xingu apresentou maior diversidade de espécies em relação às demais áreas monitoradas, devendo-se ao fato de que ali se localiza o maior número de pontos monitorados, bem como grande parte das lagoas avaliadas

⁵ SHANNON, C.E.; WIENER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 1949.

no Projeto, tais como a lagoa do Noronha, lagoa do Valdir, lagoa do Maradona, lagoa do Arismar, lagoa do Vanderlan e a lagoa do Massanori, esta recentemente formada após a formação do RX em uma área de várzea. Todas as lagoas apresentam condições favoráveis ao crescimento das macrófitas, como descritas no item anterior.

Já as áreas à Montante do Reservatório Xingu e no rio Bacajá apresentaram baixa diversidade ou até mesmo ausência de espécies de macrófitas aquáticas em alguns períodos, muito em função das condições lóticas e desfavoráveis, independentemente da formação do reservatório, para o estabelecimento da maioria das espécies de plantas.

No período entre janeiro e julho de 2014 verificou-se uma baixa diversidade de espécies, relacionada ao volume de água registrado pela grande cheia do rio Xingu em 2014, antes da formação dos reservatórios, onde esta situação fez com que muitas espécies emersas ficassem encobertas nos ambientes avaliados.

Comparando-se os valores de índices de diversidade entre a fase de pré-enchimento, compreendido entre as campanhas realizadas de dezembro de 2011 até outubro de 2015, com uma campanha realizada na fase de enchimento (janeiro de 2016) e com as sete campanhas da fase de pós-enchimento (março de 2016 a outubro de 2017), verifica-se que houve um ligeiro aumento da diversidade de espécies no RX, nas fases de enchimento e pós-enchimento, bem como no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e no rio Bacajá (**Figura 11.5.2 - 9**). O aumento da diversidade na área do RX se deve, possivelmente, ao aumento de habitats após a formação do reservatório, possibilitando, assim, uma ocorrência mais ampla e diversa de plantas aquáticas. Por outro lado, o aumento da diversidade de espécies de macrófitas aquáticas observado no TVR e no rio Bacajá nas fases de enchimento e pós-enchimento é um demonstrativo que o represamento do rio Xingu, pela Barragem Principal, em Pimental, não resultou em alterações na comunidade de macrófitas aquáticas, representadas naquelas áreas quase que exclusivamente por espécies anfíbias ou emersas, caso contrário, a diversidade teria diminuído.

Da mesma forma, verifica-se um pequeno aumento dos valores de índice de diversidade no RI da fase de enchimento para a fase de pós-enchimento, resultante da ocupação gradual de uma maior diversidade de espécies de macrófitas aquáticas que gradualmente vão ocupando o novo ambiente formado.

De forma semelhante aos padrões de variação observados para riqueza de espécies, o aumento progressivo da diversidade de espécies de macrófitas aquáticas, a partir de outubro de 2014, se deve à recuperação da ocupação das plantas nas áreas monitoradas após a grande cheia ocorrida em abril de 2014, bem como ao aumento dos esforços amostrais com a incorporação de novos pontos na malha amostral para a caracterização de outras áreas com infestações, bem como de estandes localizados próximos às áreas com ocupações humanas visando a quantificação de fauna associada às macrófitas aquáticas.

Já os valores de índice de diversidade nos Igarapés Interceptados pelos Diques e no Trecho de Restituição de Vazão (TRV) se mantiveram praticamente inalterados durante as fases de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento, o que demonstra que a formação do RI também não alterou a diversidade de espécies de macrófitas aquáticas nos igarapés interceptados pelos diques do RI e nem no TRV no rio Xingu.

Esses resultados são importantes do ponto de vista da diversidade da comunidade biótica como um todo, haja vista que as macrófitas aquáticas atuam como habitats para outras formas biológicas, como insetos, peixes, aves, répteis, mamíferos, entre outras.

Quadro 11.4.2-5 – Valores (bits.ind⁻¹) do índice de diversidade de Shannon calculado para a comunidade de macrófitas aquáticas nas áreas de monitoramento durante o período de dezembro de 2011 a outubro de 2017, no contexto do PBA da UHE Belo Monte

CICLO HIDROLÓGICO	PERÍODO	MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU	RESERVATÓRIO DO XINGU	TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA	RIO BACAJÁ	TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO	IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI	RESERVATÓRIO INTEMEDIÁRIO
1°	DEZ/2011 ENCHENTE (*)	0,00	3,30	1,79	0,00	3,03	0,69	-
	MAR/2012 CHEIA (*)	0,00	3,23	2,37	0,00	2,97	2,37	-
	JUN/2012 VAZANTE (*)	0,69	3,30	2,44	0,00	2,87	2,40	-
	SET/2012 SECA (*)	0,69	2,06	1,33	0,00	2,31	1,80	-
	NOV/2012 SECA (*)	0,00	2,55	1,56	0,00	2,08	1,39	-
2°	JAN/2013 ENCHENTE (*)	0,00	2,97	2,25	0,00	2,48	1,10	-
	ABR/2013 CHEIA (*)	0,00	3,02	1,91	0,00	2,21	2,08	-
	JUL/2013 VAZANTE (*)	0,00	2,90	1,33	0,00	2,21	1,79	-
	OUT/2013 SECA (*)	0,69	2,86	0,64	0,00	1,83	2,27	-
3°	JAN/2014 ENCHENTE (*)	0,00	2,34	0,64	0,00	2,11	0,00	-
	ABR/2014 CHEIA (*)	0,00	1,57	1,27	0,69	2,10	0,00	-
	JUL/2014 VAZANTE (*)	0,00	2,08	0,69	0,00	1,39	0,00	-
	OUT/2014 SECA (*)	1,61	3,66	2,57	0,69	2,20	3,00	-
4°	JAN/2015 ENCHENTE (*)	1,95	3,64	3,00	0,00	3,22	3,43	-
	ABR/2015 CHEIA (*)	1,61	4,14	3,14	0,00	2,71	3,74	-
	JUL/2015 VAZANTE (*)	2,40	4,23	3,58	0,69	2,94	3,99	-
	OUT/2015 SECA (*)	2,71	3,87	3,78	1,79	3,05	3,93	-
5°	JAN/16 ENCH. (**)	3,00	4,49	4,75	1,95	3,43	3,584	2,407
	MAR/16 CHEIA (***)	2,83	5,15	4,41	2,30	3,37	3,557	2,415
	MAI/16 CHEIA (***)	2,40	5,45	4,47	2,20	3,14	3,667	2,847
	JUN/16 VAZ. (***)	2,104	5,133	3,34	1,437	3,078	3,608	2,721
	AGO- SET/16 SECA (***)	2,613	4,721	4,444	2,547	3,39	3,807	2,875
	NOV/16 ENCH. (***)	3,085	4,066	3,828	2,773	3,349	3,823	3,015

CICLO HIDROLÓGICO	PERÍODO	MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU	RESERVATÓRIO DO XINGU	TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA	RIO BACAJÁ	TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO	IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI	RESERVATÓRIO INTEMEDIÁRIO
6°	JAN/2017 ENCHENTE (***)	3,401	5,366	4,431	2,197	3,367	4,263	3,664
	ABR/2017 CHEIA (**)	1,386	5,118	4,19	0,6931	3,135	4,29	3,526
	JULHO/17 VAZ. (**)	2,458	3,575	3,069	1,609	2,5	2,371	3,719
	OUT/17 SECA (***)	2,718	3,899	3,446	2,639	2,946	2,471	3,486

RI: Reservatório Intermediário; *: fase de pré-enchimento; **: fase de enchimento; ***: fase de pós-enchimento.

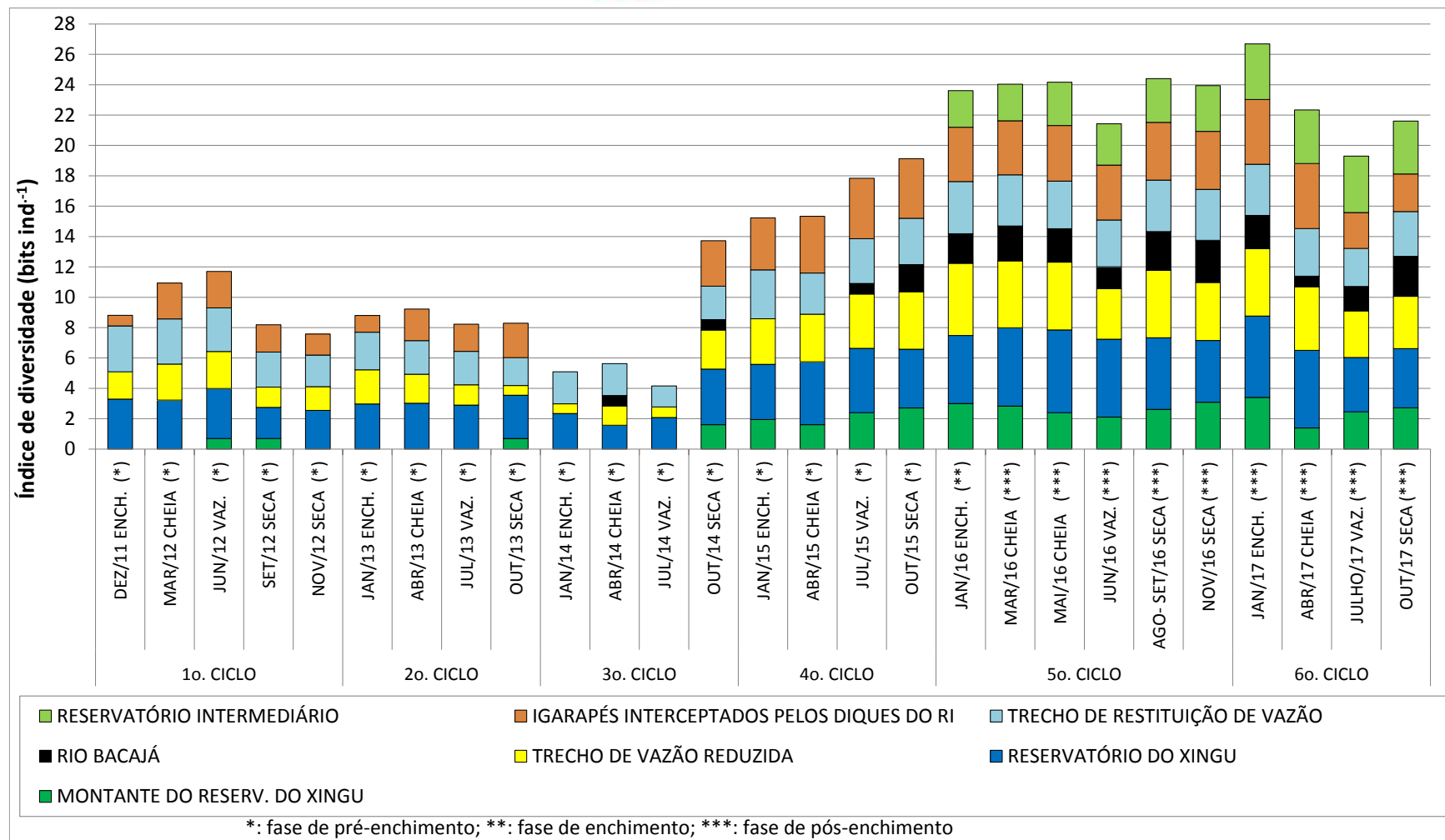


Figura 11.4.2 - 9 – Gráfico de diversidade de espécies de macrófitas aquáticas nas áreas de monitoramento no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte (dezembro de 2011 a outubro de 2017). *: fase de pré-enchimento; **: fase de enchimento; *: fase de operação.**

11.4.2.2.4. SIMILARIDADE DE ESPÉCIES

Para avaliar a similaridade de espécies entre as diferentes áreas avaliadas, foram feitas duas análises distintas: uma referente à fase de pré-enchimento, correspondente ao período entre dezembro de 2011 a outubro de 2015, e outra referente à fase de operação, que compreende o período entre janeiro de 2016 a outubro de 2017.

A **Figura 11.4.2 - 10** apresenta o gráfico de similaridade de espécies entre as áreas avaliadas referente à fase de pré-enchimento. A quantidade de espécies, aliada a distribuições pontuais em uma ampla malha amostral contribuíram para um relativo baixo valor de similaridade entre as áreas avaliadas. Mesmo assim, notou-se uma maior similaridade entre a área do Reservatório Xingu (RX) e o Trecho de Vazão Reduzida (TVR), com 42% de similaridade, sendo que esse cluster formado apresentou similaridade de 30% com o Trecho de Restituição de Vazão. Essas similaridades estão relacionadas à condição do rio Xingu na fase de pré-enchimento, o qual ainda se apresentava contínuo, sem a interrupção da barragem. Já o rio Bacajá apresentou a menor similaridade em relação às demais áreas, muito em função das suas características distintas, tais como: maiores concentrações de íons como cloreto, sódio, potássio, magnésio e cálcio, maiores condutividades, maiores alcalinidades e maiores turbidez da água.

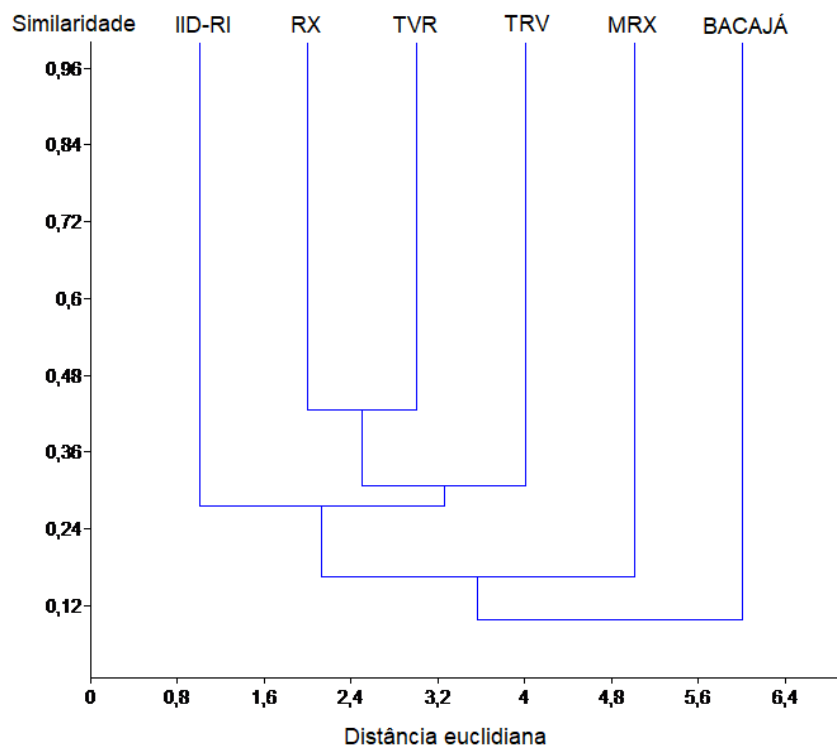


Figura 11.4.2-10 – Dendrograma de similaridade (índice de Jaccard) da comunidade de macrófitas aquáticas entre as áreas da UHE Belo Monte durante a fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015). MRX: Montante do Reservatório Xingu; RX: Reservatório Xingu; TVR: Trecho de Vazão Reduzida; BACAJÁ: Rio Bacajá; TRV: Trecho de Restituição de Vazão; RI: Reservatório Intermediário; IID-RI: Igarapés Interceptados pelos Diques do RI.

Já na fase de operação (**Figura 11.4.2 – 11**), verifica-se novamente maior similaridade entre a área do RX e a área do TVR (43%) que, por sua vez, apresentou maior similaridade com a área dos igarapés interceptados pelos diques do RI. Tal similaridade se deve, possivelmente, em função da elevada riqueza de espécies observada tanto no RX, como no TVR e nos IID-RI. De forma inversa, as áreas da MRX e rio Bacajá apresentaram similaridade de 37%, muito em função dos baixos valores de riqueza ali observados.

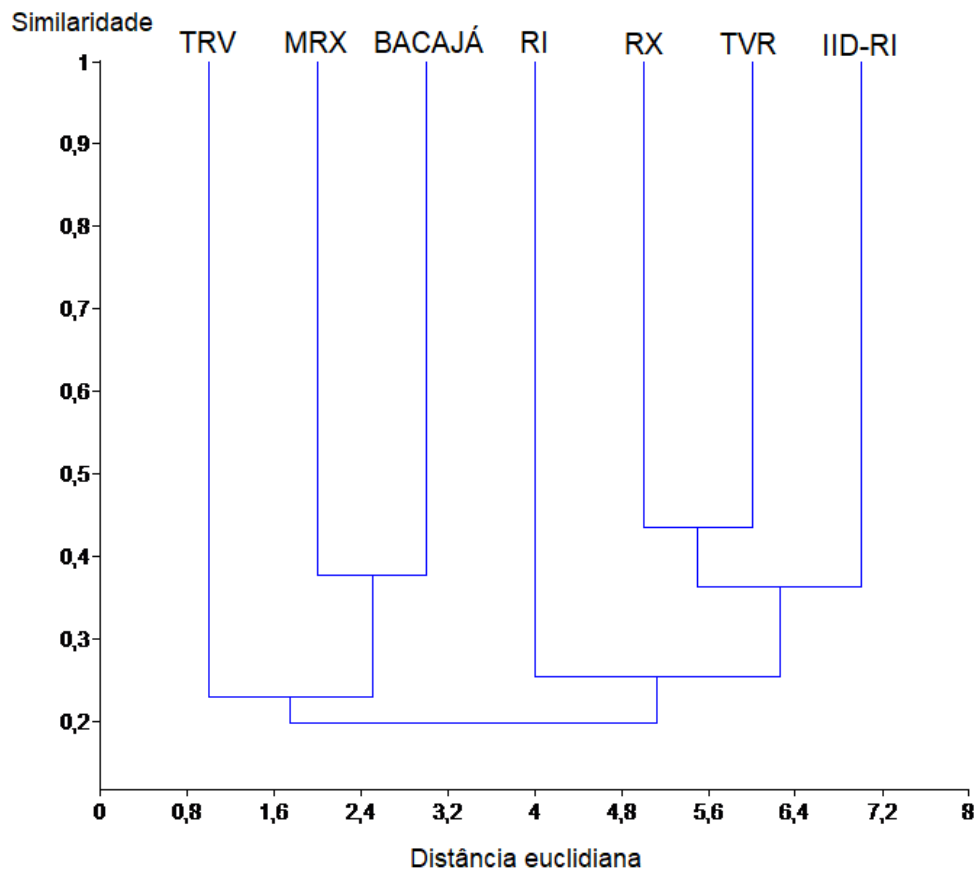


Figura 11.4.2-11 – Dendrograma de similaridade (índice de Jaccard) da comunidade de macrófitas aquáticas entre as áreas de monitoramento da UHE Belo Monte durante a fase de enchimento e operação (janeiro de 2016 a outubro de 2017). MRX: Montante do Reservatório Xingu; RX: Reservatório Xingu; TVR: Trecho de Vazão Reduzida; BACAJÁ: Rio Bacajá; TRV: Trecho de Restituição de Vazão; RI: Reservatório Intermediário; IID-RI: Igarapés Interceptados pelos Diques do RI.

11.4.2.2.5. NÍVEL DE INFESTAÇÃO

11.4.2.2.5.1. FASE DE PRÉ-ENCHIMENTO – NÍVEL DE INFESTAÇÃO

O **Anexo 11.4.2 - 5** apresenta o nível de infestação de macrófitas aquáticas estimado para a área de influência da UHE Belo Monte, nos períodos avaliados de dezembro de 2011 a outubro de 2015 (pré-enchimento), sendo que o **Anexo 11.4.2 - 7** apresenta o detalhamento das ocorrências dos estandes de macrófitas com níveis de infestação entre médio e crítico.

Deve-se destacar que os níveis elevados de infestação apresentados neste documento, tais como graves e críticos, são referentes a uma área de ocorrência específica, ou seja, em um local restrito sem, necessariamente, denotar que esteja causando interferência ambiental na qualidade da água, na biota aquática, na saúde pública e nos usos múltiplos dos reservatórios ou dos demais corpos de água. Esses níveis elevados são, portanto, apenas um indicativo de que, em determinados locais, houve uma expansão anormal inicial dos estandes de macrófitas aquáticas que deverão ser acompanhados ao longo do tempo para monitorar caso se expandir ainda mais e, futuramente, causar interferências ambientais e impactos aos usos múltiplos dos reservatórios, onde serão necessárias medidas de controle. É importante ressaltar também que, até o momento (outubro de 2017), após a formação dos reservatórios, não se verificaram locais com estandes de macrófitas em expansão permanente e fora do controle. Ao contrário, todos os estandes classificados como graves ou críticos se mantiveram estáveis ou mesmo apresentaram retração, sendo que alguns deixaram de existir, como no braço formado pelo igarapé Di Maria e no ponto **Canteiro Canais**, localizado em uma área inundada paralela ao Canal de Derivação.

Os pontos que apresentaram infestação grave no período monitorado, antes do enchimento dos reservatórios, foram: **LA 03** em cinco (5) campanhas (abril, julho e outubro de 2013 e janeiro e outubro de 2014); **LA 04** em abril de 2013, ambos na área do Reservatório Xingu a montante de Altamira (PA); **TVR 09**, próximo a Vitória do Xingu (PA), em grande parte das campanhas; **DI 03** em junho e novembro de 2012 e abril de 2013; **DI 04** em setembro de 2012, janeiro abril e julho de 2013 e outubro de 2014, ambos em igarapés, na área do futuro Reservatório Intermediário; na **lagoa próxima ao igarapé Paquiçamba**, que apresentou níveis graves e críticos de infestação em sete (7) das quinze campanhas realizadas na referida área, antes da formação do reservatório (no entanto, a lagoa foi drenada e aterrada para a construção do Dique 28 que intercepta o igarapé Paquiçamba e deixou de existir em abril de 2015); no ponto **ETE PIM**, em abril de 2015, localizado em um braço do rio Xingu, barrado pela ensecadeira (utilizado para construção da Barragem Principal em Pimental) e, próximo de onde havia a saída de efluentes da ETE do canteiro de Pimental.

Outra área que apresentou infestações importantes de macrófitas aquáticas foi a do “Trecho de Restituição de Vazão - TRV”, na qual ocorreram estandes homogêneos e

relativamente extensos durante toda a fase de pré-enchimento. Esta área, aparentemente, apresenta condições mais favoráveis ao estabelecimento de determinadas espécies e a formação de densos estandes de macrófitas aquáticas em relação às outras áreas avaliadas no rio Xingu, muito em função da formação de extensos remansos e ilhas colonizáveis, em virtude da influência do rio Amazonas e de marés e não devido ao empreendimento da UHE Belo Monte. Visualmente, foi possível constatar que nesta área, no sentido montante-jusante, à medida que se aproxima da região dos “Tabuleiros do Embaubal”, aumenta a quantidade e extensão dos estandes de macrófitas próximos às margens ou colonizando ilhas, como o ponto **TVR 09**, localizado próximo à foz do igarapé Tucuruí, em Vitória do Xingu, e colonizado basicamente por uma espécie de capim (*Echinochloa polystachya*), conforme já citado em relatórios anteriores. Porém, esse grande estande está restrito à ilha, sem evidências de expansão para outras áreas do entorno.

11.4.2.2.5.1.A. ANÁLISE ESTATÍSTICA – FASE DE PRÉ-ENCHIMENTO – NÍVEL DE INFESTAÇÃO

Para avaliar se o nível de infestação de macrófitas, em todos os pontos monitorados, na fase de pré-enchimento, está relacionado às variáveis de qualidade da água, foi aplicada novamente a análise de regressão múltipla, passo a passo, para os dados obtidos na fase de pré-enchimento, da mesma forma como aplicada para a riqueza de espécies de macrófitas.

Assim, realizou-se, inicialmente, uma análise de correlação linear para os dados da fase de pré-enchimento para se obter as variáveis independentes que melhor se correlacionaram com o nível de infestação das macrófitas, cujos resultados estão apresentados no **Quadro 11.4.2 - 6**.

Quadro 11.4.2-6 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente “nível de infestação de macrófitas” e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte durante a fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R	VALOR DE P
O2 dissolvido	-0,2176	0,000
Pot. sat. de O2	-0,1827	0,000
Clorofila-a	0,1816	0,000
pH	-0,1516	0,000
Amônio	0,1416	0,001
Mat. susp. orgân.	0,1406	0,001
Turbidez	0,0928	0,024
Fósforo total	0,0967	0,025
Mat. susp. inorgân.	0,0823	0,056
Profundidade	-0,0734	0,076
Brometo	-0,0748	0,084

VARIÁVEL INDEPENDENTE	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R	VALOR DE P
Condutividade	0,0681	0,099
Fluoreto	0,0673	0,119
Cloreto	0,0661	0,126
Alcalinidade	0,0625	0,138
Transparência	-0,0350	0,400
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,0265	0,544
Nitrato	-0,0241	0,578
Sódio	0,0215	0,617
Magnésio	-0,0148	0,731
Temperatura	-0,0125	0,763
Lítio	0,0114	0,791
Nitrito	0,0109	0,802
Sulfato	0,0095	0,827
Potencial redox	0,0089	0,829
Potássio	-0,0081	0,851
Cálcio	0,0023	0,958
DBO	0,0001	0,997
Fosfato	-0,0001	0,998

Em vermelho: coeficientes que apresentaram correlação significativa ao nível de significância de 5 %

No **Quadro 11.4.2 - 7** estão apresentados os resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada para a variável dependente “nível de infestação” de macrófitas com os dados obtidos na fase de pré-enchimento. Baseada na análise, a concentração de oxigênio dissolvido foi responsável por 4,74% de explicação da variabilidade do nível de infestação, sendo que a concentração de clorofila-a foi responsável por 3,17%, o pH por 1,01% e o amônio por 0,94% de explicação. Essas variáveis, juntas, foram responsáveis por 9,86% da variabilidade do nível de infestação de macrófitas nos pontos monitorados durante a fase de pré-enchimento.

Esses resultados demonstram que as maiores infestações, na fase de pré-enchimento, ocorreram em locais com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, bem como concentrações mais elevadas de clorofila-a, amônio e pH mais elevado, condições estas características das lagoas marginais, tais como a lagoa do Maradona e a lagoa do Arismar, bem como dos igarapés urbanos, como Altamira, Ambé e Tucuruí, e também de alguns locais do Reservatório Xingu, como no **Ponto ETE PIM**, o qual apresentou infestação grave em abril de 2015, antes do enchimento do reservatório.

Quadro 11.4.2-7 – Resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada para a variável dependente “nível de infestação” de macrófitas e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta no rio Xingu, reservatórios Xingu e Intermediário, e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, na fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2015)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
O2 dissolvido (mg/L)	1	3,2342	-0,1407	0,0474	26,5004	0,0000	4,74
Clorofila-a (µg/L)	2		0,0102	0,0790	22,8670	0,0001	3,17
pH	3		-0,1781	0,0891	17,3199	0,0146	1,01
Amônio (µg-N/L)	4		0,0024	0,0986	14,4878	0,0189	0,94
Total de explicação (%):							9,86

Equação do modelo multilinear: Nível de infestação na fase de pré-enchimento = 3,2342 - 0,1407 x O2 dissolvido + 0,0102 x Clorofila-a - 0,1781 x pH + 0,0024 x Amônio; R²: coeficiente de determinação múltipla; F: valor de F do teste-F parcial; valor de p: nível descritivo (p-value); coeficiente B: coeficiente de contribuição relativa de cada variável independente sobre a predição da variável dependente.

11.4.2.2.5.2. FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO – NÍVEL DE INFESTAÇÃO

Após a formação do Reservatório Xingu, alguns pontos localizados nos braços inundados apresentaram níveis elevados de infestação, tais como: **Ponto 02**, localizado no braço do igarapé Palhal, o qual apresentou infestação crítica em março e maio de 2016, com predominância por macrófitas aquáticas da espécie *Salvinia auriculata*; **Ponto 03**, localizado no braço Bastião, o qual apresentou infestação crítica por macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes* em março de 2016, mas cujos estandes passaram a ser dominados por plantas da espécie *Oxycarium cubense* em maio de 2016; **Ponto 04**, localizado no fundo do braço formado pelo igarapé Bastião, o qual apresentou infestação crítica predominantemente por plantas da espécie *Salvinia auriculata* em março de 2016, sendo posteriormente sucedida a partir de maio de 2016 por plantas da espécie *Oxycarium cubense*; **Ponto 04 B**, localizado em uma reentrância do braço Bastião, próximo ao **Ponto 04**, o qual apresentou infestação severa de plantas da espécie *Salvinia auriculata* em maio de 2016; **Ponto 05**, localizado no Canteiro Pimental, o qual apresentou infestação crítica em março e maio de 2016 pela espécie *Lemna aequinoctialis*. Outro ponto que apresentou infestação grave a partir de janeiro de 2016 foi o **BANCO ILHA RX**, localizado em uma ilha que teve a vegetação suprimida a jusante cerca de 13 km da cidade de Altamira. Esse local apresentou estandes dominados pelas espécies emersas *Paspalum repens* e *Panicum dichotomiflorum* da família Poaceae, muito em função do aumento do nível do RX durante os períodos de enchente e cheia e que possibilitou o desenvolvimento dessas espécies sobre a ilha inundada. Já o **ponto ALT MÉDIO**, localizado no igarapé Altamira, passou a apresentar infestação grave a partir de agosto/setembro de 2016, com estandes dominados principalmente por espécies emersas da Família Poaceae, tais como *Paspalum repens*, *Hymenachne amplexicaulis*, assim permanecendo até abril de 2017. Diante desse fato, em junho de 2017 toda a extensão do igarapé na área urbana de Altamira que apresentava infestação passou pelo processo de remoção mecânica dos bancos de macrófitas aquáticas ali existentes, executado pela

Norte Energia, sendo que na campanha de julho de 2017, o local deixou de apresentar bancos de macrófitas. Porém, em outubro de 2017, correspondente ao período de seca, as macrófitas enraizadas voltaram a ocupar as margens e as ilhas formadas no leito do igarapé em função da baixa vazão e baixo nível de água do igarapé, passando, assim, a apresentar, agora, nível médio de infestação. O detalhamento da infestação no ponto **ALT MEDIO** está apresentado no **Anexo 11.4.2-7** do presente Relatório Consolidado.

No Reservatório Intermediário, os locais que apresentaram níveis significativos de infestação foram: **Pontos Canal** em maio de 2016, e **Dique 29** em abril de 2017, localizados na bacia do igarapé Paquiçamba, os quais apresentaram infestação grave por plantas da espécie *Eichhornia crassipes*; e **Ponto Canteiro Canais**, localizado em um igarapé inundado no Sítio Canais, o qual apresentou infestação crítica por plantas da espécie *Azolla filiculoides* em março de 2016, porém, deixando de existir a partir de maio de 2016 até abril de 2017. Nos pontos Canal e Dique 29, os estandes de *E. crassipes* sofreram grande retração em agosto e setembro de 2016, causada pela ação herbívora de gafanhotos. Com esse evento, o nível de infestação no **Ponto Canal** entre novembro de 2016 a abril de 2017 passou a ser médio, voltando a ser grave em julho de 2017, porém, retornando para o nível médio em outubro de 2017. Já no **Ponto Dique 29** o nível de infestação passou a ser médio em novembro de 2016, porém, com o aumento do nível do reservatório em janeiro de 2017, os estandes voltaram a apresentar nível grave a partir de janeiro de 2017, permanecendo até outubro de 2017. Outros locais que apresentaram níveis significativos de infestação de macrófitas no RI foram os novos pontos incorporados na malha amostral, dos quais dezoito (18) apresentaram nível médio e cinco (5) apresentaram nível grave de infestação. O detalhamento das infestações desses pontos no RI está apresentado no **Anexo 11.4.2 - 7** do presente Relatório Consolidado.

No Trecho de Restituição de Vazão, o **ponto TVR 09**, localizado próximo à foz do igarapé Tucuruí e colonizado predominantemente pela espécie *Echinochloa polystachya*, que já apresentava níveis graves de infestação durante a fase de pré-enchimento, continuou apresentando as mesmas condições durante a fase de pós-enchimento, até setembro de 2016. Porém, em novembro de 2016 ocorreu uma grande queimada no local, que resultou na devastação de grande parte do estande. Nesse mês, o nível de infestação para esse ponto foi classificado como médio. Já nos meses de janeiro a outubro de 2017, o estande de *Echinochloa polystachya* voltou a apresentar valores de biomassa equivalentes àqueles observados nos períodos anteriores à ocorrência da queimada.

11.4.2.2.5.2.A. ANÁLISE ESTATÍSTICA – FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO – NÍVEL DE INFESTAÇÃO

No **Quadro 11.4.2 - 8** estão apresentados os resultados da análise de correlação linear entre a variável dependente “nível de infestação” e as variáveis de qualidade da água dos dados obtidos durante as fases de enchimento e pós-enchimento.

As maiores correlações da variável “nível de infestação” na fase de enchimento e pós-enchimento foram observadas com as variáveis amônio, fósforo total, magnésio, nitrogênio total Kjeldahl, material em suspensão orgânico, DBO, porcentagem de saturação de oxigênio e oxigênio dissolvido (inversamente), nitrito, brometo, condutividade e temperatura, ou seja, em grande parte aquelas que caracterizam ambientes eutrofizados. Tais condições foram observadas em alguns locais do Reservatório Xingu, tais como os **Pontos 02, 03, 04 e 05**, e do Reservatório Intermediário, como no ponto **Canteiro Canais** em março de 2016, os quais apresentaram níveis elevados de infestação de macrófitas. O **Ponto 05**, por exemplo, localizado no Canteiro Pimental, o qual teve infestação crítica de macrófita aquática da espécie *Lemna aequinoctialis*, apresentou concentrações de amônio sempre superiores a 800 µg-N/L, entre março e novembro de 2016, que correspondem aos valores mais elevados observados dentre todos os pontos monitorados desde dezembro de 2011. Valores elevados de DBO e de fósforo total também foram observados neste ponto no mesmo período. Tais condições, características de ambientes eutrofizados e, portanto, favoráveis ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas, ocorreram em função da circulação restrita do corpo de água em uma área de várzea inundada após a formação do Reservatório Xingu. Porém, deve-se destacar que a infestação crítica por *Lemna aequinoctialis* observada entre janeiro e julho de 2016 no **Ponto 05** regrediu consideravelmente após o deplecionamento do RX e o secamento de parte das margens do referido corpo de água durante o período de seca, passando para nível leve em agosto e setembro de 2016 e para nível médio entre novembro de 2016 a outubro de 2017, ou seja, em melhores condições quando comparado ao período entre março e julho de 2016.

11.4.2.2.5.2.B. ANÁLISE ESTATÍSTICA – FASE DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO – NÍVEL DE INFESTAÇÃO

No **Quadro 11.4.2 - 9** estão os resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, para a variável dependente “nível de infestação” e as variáveis ambientais que apresentaram correlação significativa com esta variável. As variáveis ambientais utilizadas no modelo linear foram amônio, fósforo total e magnésio, os quais, no total, responsáveis por 9,48% da variabilidade do nível de infestação de macrófitas aquáticas nas áreas de influência dos reservatórios da UHE Belo Monte durante as fases de enchimento e pós-enchimento.

Tais resultados indicam, conforme já mencionado, que as maiores infestações ocorreram em ambientes mais pobres em oxigênio dissolvido e com concentrações mais elevadas de amônio e fósforo total, ou seja, em um ambiente redutor, típico de locais mais estagnados e eutrofizados, tais como observados nos pontos localizados nos braços formados pelos igarapés Palhal e Bastião no RX, bem como no **Ponto 05**, localizado no Canteiro Pimental, os quais apresentaram grandes infestações de macrófitas aquáticas.

Quadro 11.4.2-8 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente “nível de infestação de macrófitas” e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta na área de influência da UHE Belo Monte durante as fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R	VALOR DE P
Amônio	0,2468	0,0000
Fósforo total	0,2368	0,0000
Magnésio	0,1612	0,0000
Nitrogênio total	0,3948	0,0000
Material em susp. orgânico	0,1418	0,0020
DBO	0,1280	0,0050
O2 dissolvido	-0,1256	0,0060
Nitrito	0,1186	0,0090
Brometo	0,1160	0,0110
Saturação de O2	-0,1082	0,0170
Condutividade	0,0998	0,0280
Temperatura	0,0943	0,0380
Cálcio	0,0843	0,0640
Cloreto	0,0728	0,1100
Fluoreto	0,0609	0,1820
Potássio	0,0541	0,2350
Alcalinidade	0,0438	0,3370
pH	-0,0425	0,3510
Material em susp. total	0,0356	0,4350
Turbidez	-0,0170	0,7090
Material em susp. inorgânico	0,0128	0,7780
Nitrato	-0,0112	0,8070
Sódio	0,0103	0,8210
Profundidade	-0,0102	0,8230
Potencial redox	0,0093	0,8380
Fosfato	0,0054	0,9060
Sulfato	0,0038	0,9330
Transparência	-0,0028	0,9520
Clorofila-a	0,0010	0,9830

Quadro 11.4.2-9 – Resultados da análise de regressão múltipla, passo a passo, aplicada para a variável dependente “nível de infestação” de macrófitas e as variáveis de qualidade da água (independentes) observadas em todos os pontos de coleta na área de influência da UHE Belo Monte, nas fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro de 2016 a outubro de 2017)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
Amônio	1	-1,33439	0,01895	0,0612	31,8982	0,0001	6,12
P total	2		0,02391	0,0867	23,1571	0,0025	2,54
Magnésio	3		2,32384	0,0948	17,0090	0,0366	0,82
Total de explicação (%):							9,48

Equação do modelo multilinear: Nível de infestação nas fases de Enchimento e Pós-Enchimento = -1,33439 + 0,01895 x Amônio + 0,2391 x P total + 2,32384 x Magnésio; R²: coeficiente de determinação múltipla; F: valor de F do teste-F parcial; valor de p: nível descritivo (p-value); coeficiente B: coeficiente de contribuição relativa de cada variável independente sobre a predição da variável dependente.

11.4.2.2.6. BIOMASSA

No **Anexo 11.4.2 - 6** estão apresentados os resultados da determinação da biomassa das macrófitas aquáticas coletadas nas campanhas realizadas no período entre dezembro de 2011 a outubro de 2017.

Os maiores estandes de macrófitas aquáticas foram observados em alguns locais do RX, como no **Ponto 02** em março, maio e julho de 2016, localizado no braço formado pelo igarapé Palhal, **Ponto 03** em maio e julho de 2016, **Ponto 04**, **Ponto 04B** em maio e julho de 2016, localizados no braço formado pelo igarapé Bastião, e nos pontos Canal em julho e janeiro de 2017 e Dique 29 em janeiro e abril de 2017, localizados também na bacia do igarapé Paquiçamba, na área do Reservatório Intermediário. A descrição desses estandes está apresentada no **Anexo 11.4.2 - 6** deste documento, englobando os registros fotográficos nos locais em que foram verificadas infestações importantes por macrófitas aquáticas.

Deve-se ressaltar que as áreas ocupadas pelos estandes observados tanto no RX como no RI se mantiveram praticamente inalteradas e restritas aos locais ocupados durante a fase de pós-enchimento, sendo que alguns estandes apresentaram retração, como no caso do **Ponto Canteiro Canais**.

Estandes importantes foram, também, verificados, ao longo do monitoramento, na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV), distante aproximadamente 40 km a jusante da Casa de Força Principal em Belo Monte. No ponto **TRV 09**, localizado em uma ilha junto à foz do igarapé Tucuruí, próximo à cidade de Vitória do Xingu (PA), a espécie *Echinochloa polystachya* apresentou elevada infestação e grande quantidade de biomassa, em todos os levantamentos, que ocupou praticamente toda a ilha. De acordo com Junk e Piedade (1993)⁶, na bacia Amazônica, esta espécie chega a

⁶ JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F. Herbaceous plants on the Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. Amazoniana, v. 12, n.3/4, p. 466-484. 1993.

produzir até 100 t de massa seca/ha/ano. A espécie *Eichhornia azurea*, amostrada no ponto **IG 13**, localizado no igarapé Tucuruí, também ocorreu em todos os levantamentos. Em ambos os casos (**TRV 09** e **IG 13**), as maiores biomassas foram observadas nas campanhas de cheia do quarto e quinto ciclos hidrológicos (abril de 2015 e março de 2016), porém, não indicando haver qualquer relação de produção de biomassa e sazonalidade. A ocorrência desses estandes de macrófitas aquáticas possivelmente está relacionada à influência do igarapé Tucuruí, o qual passa pela área urbana de Vitória do Xingu e recebe cargas importantes de nutrientes que favorecem o desenvolvimento dessas plantas. Porém, deve-se destacar que essas infestações não têm relação alguma com o empreendimento, uma vez que ocorrem em áreas muito distantes da Casa de Força Principal no Reservatório Intermediário e estão sob influência do rio Amazonas e de marés.

Na calha do rio Xingu, tanto a montante da cidade de Altamira (PA), como a jusante, e também no Trecho de Vazão Reduzida (TVR), são raras as formações de estandes de macrófitas. Apenas no ponto **TVR 08**, logo a jusante das cachoeiras da localidade de Belo Monte, foi possível verificar a presença maciça da espécie *Cyperus articulatus*, em boa parte dos períodos monitorados, exceto nas cheias, cujo estande se encontra totalmente encoberto pelas águas.

Nas lagoas localizadas na área do Reservatório Xingu ocorreram extensos estandes de macrófitas aquáticas nos períodos de maiores cheias do rio durante a fase de pré-enchimento, sendo que, na seca, algumas destas espécies se encontravam em estado de senescência ou ausentes, impossibilitando a avaliação de suas biomassas. A biomassa da espécie *Salvinia auriculata* foi quantificada no ponto **LA 03** em sete (7) das 23 campanhas realizadas, cuja biomassa máxima foi observada no período de vazante de 2013. Por outro lado, grandes infestações nessas lagoas deixaram de ocorrer a partir de meados de 2015, possivelmente resultante dos períodos de seca prolongados que ocorreram nos últimos anos na região, os quais podem ter resultado no perecimento de grande parte das plantas e retardamento da recomposição dos estandes.

11.4.2.2.7. FAUNA ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS

No **Anexo 11.4.2 - 8** estão apresentados os dados de fauna associada às macrófitas obtidos em amostras coletadas nas campanhas de janeiro de 2015 a outubro de 2017.

Os organismos dominantes na maioria dos estandes de macrófitas aquáticas foram Oligochaeta e Chironomidae. Larvas de insetos da família Culicidae, cujas fêmeas adultas na sua maioria são sugadoras de sangue e, portanto, potenciais vetores de doenças como malária, febre amarela e dengue, foram raras nas amostras coletadas tanto nas campanhas realizadas na fase de pré-enchimento como nas campanhas realizadas nas fases de enchimento e pós-enchimento. Ocorrências mais significativas de larvas de insetos Culicidae durante a fase de pré-enchimento foram verificadas nos seguintes locais: Ponto **ETE PIM** em abril de 2015 (29 ind./m²), no qual foi verificada infestação da espécie *Pistia stratiotes*, e no **Ponto LA 03** (11 ind./m²), no qual foi

verificada ocorrência de estande da espécie *Salvinia auriculata*, também em abril de 2015.

Durante a fase de enchimento (janeiro de 2016), ocorrência de larvas de Culicidae foi observada no ponto **IG 04** (igarapé Trindade), em janeiro de 2016, no qual foram observados 80 ind./m² em um estande de *Sapium glandulosum*. Já em março de 2016, na fase de pós-enchimento, foram observados, também no ponto **IG 04**, 10 ind./m² de larvas de Culicidae em um estande da espécie *Paspalum conspersum*, sendo que em novembro de 2016, foram observados 20 ind./m² em um estande de *Salvinia auriculata* e em abril de 2017, apenas 1 ind./m² em um estande da mesma espécie nesse ponto. Em julho e outubro de 2017 não mais se verificaram estandes importantes de macrófitas aquáticas no ponto **IG 04**. No ponto **IG 01**, localizado na foz do igarapé Panelas, em Altamira, foram observados 25 ind./m² em um estande de plantas da espécie *Nymphaea belophyla* em março de 2016. Em janeiro de 2017, foram observados 2 ind./m² em um estande de *Paspalum repens* no ponto **IG 01**, sendo que nas campanhas de abril, julho e outubro de 2017 não mais se verificou ocorrência de larvas de Culicidae nesse ponto. Portanto, apesar das ocorrências de larvas de Culicidae em alguns pontos, elas não foram recorrentes ao longo da 6ª campanha (ano de 2017), correspondente ao segundo ano da fase de operação dos reservatórios. As ocorrências de larvas de Culicidae nesses locais podem estar, também, relacionadas a fatores como cavas pré-existentes no solo associadas à atividade de olarias (com água parada) no entorno, e não à formação dos reservatórios, haja vista que ao longo do ano de 2017 poucos foram os locais em que se observaram larvas de Culicidae, sendo que em outubro de 2017 não se verificou ocorrência.

Considerando-se o elevado número de pontos na malha amostral do Projeto, a frequência de ocorrências de larvas de Culicidae pode ser considerada muito reduzida. Esses resultados demonstram que as macrófitas aquáticas existentes nos pontos monitorados não abrigam populações significativas desses vetores, dada a reduzida ocorrência em todas as campanhas monitoradas. A baixa ocorrência de larvas de insetos Culicidae, durante a fase de pré-enchimento, foi atribuída às condições de maior velocidade das águas do rio Xingu e dos igarapés, condições essas desfavoráveis à ocorrência das espécies de Culicidae, as quais preferem, em grande parte, ambientes com águas mais estagnadas. Porém, mesmo após o enchimento dos reservatórios, que resultou na formação de locais com água mais estagnada e favoráveis ao desenvolvimento desses organismos, houve ocorrências mais importantes apenas em duas localidades, possivelmente relacionadas a outras atividades, como já mencionadas, ou seja, em um número reduzido de pontos em consideração à malha amostral do Projeto. Não obstante, deve-se considerar que, nos locais em que foram verificadas ocorrências de larvas de Culicidae, mesmo que em números reduzidos, há a potencialidade de transmissão de doenças veiculadas por esses organismos na fase adulta, sobretudo em áreas com aglomerações rurais ou urbanas. Desta forma, a coleta de fauna associada às macrófitas aquáticas está sendo continuada no Projeto (PBA 11.4.2), visando a detecção desses vetores, principalmente em locais próximos às áreas com ocupações humanas, haja vista que

a permanência das áreas inundadas com águas mais estagnadas, eventualmente, pode favorecer o surgimento das larvas de insetos Culicidae.

11.4.2.2.8. ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS

Durante as 27 campanhas realizadas pelo Projeto, foram identificadas, até o momento, 305 espécies pertencentes a 69 famílias. Houve variações das frequências de ocorrência das famílias de macrófitas aquáticas para as diferentes áreas monitoradas, influenciadas pelas características ambientais distintas. No RI, por exemplo, os bancos de macrófitas foram representados principalmente por ilhas flutuantes existentes em diversas porções, cujas espécies mais frequentes foram da família Fabaceae, Cyperaceae, Poaceae e Telypteridaceae (samambaias), sendo que, no TRV, a maior frequência de *M. linifera* se deve às características de ria naquela porção do rio Xingu, mais favoráveis à ocorrência dessa espécie.

Por outro lado, foram identificadas diversas espécies que apresentaram níveis muito significativos de infestação, tais como *Salvinia auriculata*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Azolla filiculoides*, *Lemna aequinoctialis* e *Oxycaryum cubense*, principalmente durante e após a formação do Reservatório do Xingu e do Reservatório Intermediário. Tais espécies, com elevado potencial de dispersão e de infestação, deverão ser monitoradas continuamente para se evitar consequências negativas aos usos múltiplos dos reservatórios, tais como: problemas com a geração de energia, caso as plantas cheguem às turbinas, alterações na hidrodinâmica e na navegação, aumento do crescimento de insetos que causam desconforto, ou mesmo que atuam como vetores de doenças, às populações que vivem no entorno, sombreamento excessivo da lâmina de água, afetando a biota aquática, e esgotamento do oxigênio dissolvido com a morte maciça e decomposição das plantas que podem resultar em mortandade de peixes. Deve-se ressaltar, ainda, que a Norte Energia realizou a remoção mecânica de macrófitas aquáticas em alguns locais mais críticos já na fase inicial de formação do RX e RI, junto com retirada de resíduos de madeira. Em alguns locais, como no ponto **IDM** localizado no igarapé Di Maria, **Ponto 09**, localizado na bacia do igarapé Cobal, e na área junto ao Dique 29, localizado na bacia do igarapé Paquiçamba, as infestações deixaram de existir.

O igarapé Altamira, que atravessa toda a cidade de Altamira-PA, é um local propício ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas infestantes devido às reduzidas profundidade e vazão. Entre as campanhas de agosto-setembro de 2016 e a de abril de 2017 verificou-se uma expansão dos estandes de macrófitas aquáticas no igarapé resultante do baixo nível da água causado pela estiagem e pelo deplecionamento do RX, condições essas que favoreceram o crescimento das plantas. Porém, em junho de 2017 a Norte Energia realizou a remoção dos bancos de macrófitas existentes no igarapé Altamira, por questões, principalmente estéticas no contexto do PBA 5.1.8, nada relacionado à qualidade da água. Após a ação de remoção, em julho de 2017 os bancos de macrófitas estiveram completamente ausentes, porém, voltando a ocorrer em menor nível de infestação (médio) em outubro de 2017 nas margens e em ilhas formadas no leito do igarapé em função da redução do nível da água no período de seca. Já no ponto **IG 02**, localizado na foz do igarapé Altamira, os níveis de infestação

sempre permaneceram entre leve e médio, sendo que após a remoção mecânica dos bancos de macrófitas realizadas pela Norte Energia em junho de 2017, as infestações deixaram de existir até outubro de 2017 naquele local.

Ao longo das 27 campanhas de monitoramento, 61 estandes de macrófitas foram identificados nas áreas monitoradas, até o momento, com elevado nível de infestação. Os levantamentos são realizados de forma a investigar possíveis origens, acompanhamento da evolução dos estandes, além de possibilidade de comprometimento à qualidade da água e ou interferências com ocupações humanas. Desta forma, espera-se com este monitoramento, antever possíveis problemas associados à proliferação de macrófitas aquáticas e sugerir medidas adequadas ao controle, caso detectadas infestações que possam interferir na qualidade da água e/ou na população do entorno.

Finalmente, ressalta-se que a interface entre o Meio Físico e Socioeconômico, especificamente, entre o Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas – PBA 11.4.2, com o Programa de Vigilância Epidemiológica, Prevenção e Controle de Doenças – PBA 8.2 (Monitoramento de Vetores) na área de influência do empreendimento foi novamente efetivada com o repasse de informações atualizadas deste Projeto à equipe que executa o monitoramento de vetores, bem como, por meio de reuniões periódicas. O monitoramento de vetores transmissores de doenças, pelo PBA 8.2, especialmente na região dos igarapés de Altamira (PA) e na orla dessa cidade, é realizado nas mesmas áreas de monitoramento da comunidade de macrófitas aquáticas, no contexto do PBA 11.4.2.

Nessa integração, o foco é de fato nos estandes de macrófitas de elevado nível de infestação, próximos às áreas de ocupação humana. No entanto, como já mencionado anteriormente, os levantamentos relacionados à fauna associada mostram que os estandes de macrófitas aquáticas existentes nos pontos monitorados, não abrigam populações significativas desses vetores, dada à reduzida ocorrência. Mesmo após a formação dos reservatórios, que teoricamente teria resultado no surgimento de ambientes mais favoráveis ao desenvolvimento desses organismos, verificou-se que apenas os pontos **IG 01**, localizado na foz do igarapé Panelas, e **IG 04**, localizado no igarapé Trindade, ambos na cidade de Altamira, apresentaram ocorrências com certa importância durante essa fase, sem que, no entanto, configurem interferências à população humana.

11.4.2.2.9. COMPROVANTE DE REGISTRO PARA COLETA DE MATERIAL BOTÂNICO, FÚNGICO E MICROBIOLÓGICO EMITIDO PELO ICMBIO-MMA

No **Anexo 11.4.2 - 9** está apresentado o Comprovante de Registro para Coleta de Material Botânico, Fúngico e Microbiológico emitido pelo ICMBIO-MMA para o Titular: Donato Seiji Abe, Pesquisador Responsável Técnico pela coleta dos exemplares de macrófitas aquáticas no presente Projeto.

No **Anexo 11.4.2 - 10** está apresentada uma Nota Técnica “Ações para o manejo de estandes de macrófitas nas áreas dos reservatórios da UHE Belo Monte visando a prevenção de infestações na fase de operação”, referente às ações para o manejo de estandes de macrófitas nas áreas dos reservatórios da UHE Belo Monte, a qual foi elaborada visando a prevenção de infestações severas durante e após a fase de enchimento e que possam prejudicar as atividades múltiplas nesses sistemas. Algumas das ações de controle de infestações de macrófitas aquáticas apresentadas na Nota Técnica seguem abaixo.

Controle indireto

Uma das formas para se evitar infestações severas de macrófitas aquáticas é a manutenção da qualidade da água nos futuros reservatórios, baseada no controle das cargas de nutrientes, tais como lançamento de efluentes domésticos e industriais, de fontes difusas. Paralelamente ao controle da eutrofização, torna-se necessário o monitoramento da qualidade da água, principalmente das concentrações de nitrogênio e fósforo. Assim, a detecção de concentrações elevadas desses nutrientes e das principais fontes torna-se fundamental para tomadas de ações que visem a mitigação dos aportes desses elementos nos sistemas. Tais ações vêm sendo realizadas tanto no âmbito do atual projeto (PBA 11.4.2) como no do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial (PBA 11.4.1).

Controle direto com remoção manual

Os estandes de macrófitas aquáticas no Reservatório do Xingu, assim como no Reservatório Intermediário deverão ser periodicamente monitorados, tanto em termos de novos surgimentos como de alterações da extensão daqueles já existentes, visando realizar rápidas ações de remoção para que as infestações não se alastrem e fujam do controle. Nesta fase inicial, na qual ocorrem pequenos bancos, a remoção das plantas poderá ser manual, com a utilização de instrumentos adequados que possibilitem a retirada destas para a margem ou para uma embarcação.

Controle direto com remoção com máquinas

Caso os estandes se multipliquem de forma significativa, torna-se necessária a remoção mecânica, que poderá ser executada com instrumentos (colheitadeiras ou dragas adaptadas para este fim) acionados de uma embarcação (balsas). Caso haja acesso por terra, os instrumentos poderão ser acionados a partir da margem próxima ao local com infestação.

Todo o material removido deverá ser devidamente acondicionado/depositado, de forma a evitar que os propágulos das plantas e a biomassa retornem aos corpos de água, os quais irão resultar em novas infestações e no aumento da eutrofização. O material poderá ser depositado em aterros sanitários, ou mesmo reaproveitado como fertilizantes, como por exemplo, para recomposição de áreas degradadas ou de APP no entorno dos reservatórios.

Deve-se considerar que o custo das operações de remoção mecânica pode se tornar muito oneroso em função da logística necessária, que prevê o uso de máquinas de grande porte, balsas, mobilização de funcionários, gastos com combustíveis, transporte e disposição das plantas, entre outras. Portanto, quanto mais precoces forem as ações de controle, menores serão os custos para a remoção das macrófitas dos reservatórios e demais corpos hídricos da região e, também maiores serão as chances de combate à proliferação das mesmas.

Outras formas de controle

Outras formas de controle, tais como uso de agentes químicos como herbicidas não são indicadas, uma vez que esses podem causar riscos à fauna e flora nativas. Da mesma forma, o uso de agentes biológicos, em especial espécies exóticas, não é indicado para o controle das macrófitas, haja vista que tais aplicações exigem um estudo mais aprofundado das interações que possam ocorrer com as comunidades nativas.

11.4.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E METAS DO PROJETO

O quadro de atendimento aos objetivos e metas do Projeto é apresentado na sequência.

OBJETIVOS E METAS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
Monitorar e identificar possíveis alterações nos padrões de distribuição e composição da comunidade de macrófitas aquáticas na área de influência da UHE Belo Monte, face às alterações na qualidade da água.	Execução das coletas trimestrais em andamento. As atividades de monitoramento são realizadas conforme previsto no Projeto.
Além disso, ainda como objetivo do projeto, tem-se a proposição de mecanismos de controle caso ocorra a proliferação de macrófitas, sobretudo de espécies flutuantes devido ao processo de eutrofização.	Não foram verificadas alterações significativas quanto ao desenvolvimento de macrófitas ou alteração na qualidade da água junto aos estandes identificados.
Realizar levantamento da cobertura, composição e estrutura da comunidade (análises de composição, biomassa, dominância, diversidade, similaridade e riqueza) de macrófitas aquáticas no rio Xingu, lagoas e afluentes, nos trechos restritos à área de influência do empreendimento, respeitando a sazonalidade.	Levantamento em andamento e realizado em coletas trimestrais. As atividades de monitoramento são realizadas conforme previsto no Projeto.
Realizar campanhas bimestrais, durante um ano, em trechos a jusante dos igarapés barrados pelos diques e em trecho a jusante da barragem do Sítio Pimental no Trecho de Vazão Reduzida (TVR).	A frequência bimestral ocorreu a partir de janeiro de 2016 até janeiro de 2017.
Realizar campanhas de campo bimestrais, durante um ano, após início do enchimento dos reservatórios (fase enchimento/início da estabilização), nos reservatórios do Xingu e Intermediário.	A frequência bimestral ocorreu a partir de janeiro de 2016 até janeiro de 2017.
Realizar campanhas de campo trimestrais, durante os anos de operação (fase reservatório), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca, em pontos localizados nos reservatórios do Xingu e Intermediário, canal de derivação e a jusante dos reservatórios nas áreas propícias ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas.	As campanhas da fase de operação dos reservatórios já iniciaram, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca, em pontos localizados nos reservatórios do Xingu e Intermediário, canal de derivação e a jusante dos reservatórios nas áreas propícias ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas.
Determinar a biomassa e área de estandes na área de influência direta do empreendimento ao longo do período de monitoramento.	A determinação da biomassa vem sendo realizada em estandes com níveis de infestação grave e crítica, conforme prevista no Projeto.
Efetuar a coleta e análise de dados, visando a comparação das variações de composição, biomassa, dominância, similaridade, diversidade e riqueza de espécies e área de ocupação dos estandes em função da velocidade da correnteza e altura da coluna d'água durante os períodos de construção e enchimento dos reservatórios trimestralmente.	Coleta e análise dos dados durante os períodos de construção foram realizadas trimestralmente, sendo que durante a formação dos reservatórios foram realizadas com campanhas bimestrais.
Relacionar as variáveis temperatura, nutrientes (fósforo e nitrogênio total), pH, condutividade, turbidez, transparência, potencial redox, concentrações de oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, material em suspensão e clorofila a com a composição, diversidade, similaridade, biomassa, dominância e riqueza das espécies e área de ocupação dos estandes,	A análise relacionando as variáveis da qualidade da água com a ocorrência das macrófitas aquáticas durante o período de construção e fase de enchimento dos reservatórios foram executadas trimestralmente, conforme prevista no projeto, sendo que durante a fase de enchimento foi realizada bimestralmente e trimestralmente nos anos seguintes, após um ano de

OBJETIVOS E METAS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
durante os períodos de construção e enchimento dos reservatórios (bimestralmente durante o enchimento e trimestralmente nos anos seguintes).	formação dos reservatórios..
Mapeamento de estandes através de imagens de satélite e fotografias aéreas, quando necessário.	O mapeamento dos estandes de macrófitas aquáticas foi realizado mensalmente por sobrevoos de helicóptero no período entre janeiro a maio de 2016, referente às fases de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios. Já o mapeamento com uso de imagens de satélite foi apresentado no 1º Relatório do PER, porém em virtude da grande quantidade de nuvens na fase de enchimento e início da fase de pós-enchimento, as quais impediram a obtenção de boas imagens de satélite para a caracterização dos estandes, optou -se pelo monitoramento de sobrevoos de helicoptero.
Criação de um banco de dados georreferenciado para mapeamento das regiões de ocorrência de macrófitas aquáticas, na área de influência do empreendimento, que será alimentado com os resultados do monitoramento a médio e longo prazos. Utilizar o banco de dados gerado pelo Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água para realizar análises de correlação e análises preditivas, relacionados à dinâmica de macrófitas aquáticas, potencial de proliferação, absorção de poluentes e ciclagem de nutrientes.	O banco de dados está sendo alimentado e revisado trimestralmente conforme previsto no Projeto.
Utilizar as informações sobre a cobertura vegetal e processos erosivos das margens do reservatório geradas pelo Programa de Desmatamento do reservatório e Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos para realizar análises de correlação e análises preditivas, relacionados à dinâmica de macrófitas aquáticas, potencial de proliferação e ocupação das margens.	Tais informações sobre a cobertura vegetal e processos erosivos das margens do reservatório estão sendo organizadas para correlacionar com os dados referentes às macrófitas aquáticas visando a predição do potencial de proliferação e ocupação das margens, cuja apresentação será realizada no relatório consolidado referente a quatro ciclos hidrológicos completos.
Fornecer informações sobre a ocorrência de estandes de macrófitas aquáticas de interesse para saúde pública, locais de alimentação, reprodução e refúgio da ictiofauna e organismos que por ventura utilizem estes recursos.	Tais informações estão sendo apresentadas aos demais Programas e Projetos, conforme previstas.
Integralização dos dados dos Programas e Projetos disponibilizando informações sobre as áreas objetos de estudo do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.	A integração dos dados é apresentada semestralmente.
Elaboração de Projetos específicos para o controle e manejo das macrófitas aquáticas a partir das informações geradas pelo Monitoramento.	Projetos específicos já foram elaborados, por meio de Nota Técnica e Plano de Trabalho já encaminhados ao IBAMA. Assim será executado sempre que necessário.

11.4.2.4. ATIVIDADES PREVISTAS

As atividades previstas para o próximo período são aquelas que propiciarão a continuidade do monitoramento proposto, considerando os ajustes de cronograma abaixo destacado para a etapa de operação.

As atividades detalhadas no âmbito deste Projeto, na fase de enchimento e de início da operação, foram encaminhadas ao IBAMA (NORTE ENERGIA, 2017)⁷. Ressalta-se que a partir de janeiro de 2016 a frequência das campanhas deste Projeto passou a ser de trimestral para bimestral em todas as áreas monitoradas, após a formação dos reservatórios. Tal frequência de campanhas, como previsto no PBA, teve como objetivo um melhor acompanhamento da ocorrência de infestações de macrófitas aquáticas na fase de enchimento e início da fase de operação dos reservatórios. A partir de abril de 2017, também seguindo a previsão do PBA, após um ano de operação dos reservatórios, as campanhas do Projeto voltaram a ter frequência trimestral em todas as áreas monitoradas.

11.4.2.5. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O Cronograma das Atividades Previstas, apresentado abaixo, para a continuidade do Projeto não sofreu qualquer tipo de adequação ou modificação em relação aquele que foi encaminhado por meio do documento de atendimento ao item 2 do Ofício OF 02001.006165/2015-03 DILIC/IBAMA.

⁷ Plano de Gestão de Recursos Hídricos, Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água, Plano de Trabalho Detalhado – PTD – 11.4.2 – Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas. Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental (AIIEGA) / Norte Energia S. A. Código do Documento DS-S-238-2016, janeiro de 2017.

11.4.2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos e metas estabelecidos no presente Projeto (PBA 11.4.2) estão sendo atingidos com qualidade e dentro dos prazos preconizados em seu cronograma.

Após a formação do Reservatório do Xingu, alguns pontos localizados nos braços inundados apresentaram níveis elevados de infestação. O **Ponto 02**, localizado no braço do igarapé Palhal, apresentou infestação crítica com predominância por macrófitas aquáticas da espécie *Salvinia auriculata* em março de 2016, sendo que em agosto e setembro de 2016, com o rebaixamento do nível do RX, devido ao intenso período de seca, houve uma drástica redução da área do estande. Já a partir de novembro de 2016 até outubro de 2017, com o aumento gradual do nível do reservatório, os estandes voltaram a se expandir, porém, em nível inferior quando comparado a julho de 2016. O **Ponto 03**, localizado no braço Bastião, apresentou infestação crítica por macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes* em março de 2016, e da espécie *Oxycaryum cubense* em maio e julho de 2016, sendo que em agosto e setembro de 2016, tais estandes sofreram grande retração causada pelo rebaixamento do nível do RX, porém, voltando a ocorrer em nível de infestação grave em abril de 2017. O **Ponto 04**, localizado no fundo (montante) do braço formado pelo igarapé Bastião, o qual apresentou infestação crítica predominantemente por plantas da espécie *Salvinia auriculata*, em março de 2016, sendo posteriormente sucedida em maio e julho de 2016 por plantas da espécie *Oxycaryum cubense*, também sofreu secamento causado pelo rebaixamento do nível do RX, cujos estandes voltaram em nível grave de infestação em abril de 2017 com o aumento do nível do reservatório. O **Ponto 05**, localizado no Canteiro Pimental, apresentou início de infestação por plantas da espécie *Lemna aequinocialis* entre janeiro a julho de 2016, a qual sofreu grande retração com o secamento da maior parte do corpo de água, sendo que de novembro de 2016 a abril de 2017 apresentou nível médio de infestação. O ponto **ALT MÉDIO**, localizado no igarapé Altamira, apresentou infestação grave a partir de agosto/setembro de 2016 até abril de 2017, sendo que em junho de 2017 toda a extensão do igarapé na área urbana de Altamira que apresentava infestação passou pelo processo de remoção mecânica dos bancos de macrófitas aquáticas ali existentes, e na campanha de julho de 2017 o local deixou de apresentar bancos de macrófitas, passando a apresentar nível médio de infestação em outubro de 2017.

No Reservatório Intermediário, os locais que apresentaram níveis significativos de infestação foram: **Ponto Canal e Ponto Dique 29**, localizados na bacia do igarapé Paquiçamba, em uma área próxima ao Canal de Derivação, o qual apresentou infestação grave por plantas da espécie *Eichhornia crassipes* de fevereiro a julho de 2016, sendo que em agosto e setembro de 2016 os estandes sofreram grande retração causada pela ação herbívora de gafanhotos, e cujo nível de infestação observada em novembro de 2016 a abril de 2017 no **Ponto Canal** foi médio, sendo que no **Ponto Dique 29** voltou a apresentar nível grave em janeiro de 2017, com o aumento do nível do reservatório, porém, sem evidência de expansão em abril de 2017. Já o **Ponto Canteiro Canais**, localizado em um igarapé (Paquiçamba) inundado no Sítio Canais, o qual apresentou infestação crítica por plantas da espécie *Azolla*

filiculoides, em março de 2016, sendo que a infestação deixou de existir em maio de 2016 e assim permanecendo até abril de 2017. Em julho de 2017, 22 novos pontos identificados com bancos de macrófitas no RI foram incorporados à malha amostral.

Portanto, a maior parte das infestações observadas, tanto no Reservatório Xingu, como no Reservatório Intermediário, durante a fase de enchimento e início da fase de pós-enchimento sofreu grande retração, permanecendo em níveis médios de infestação e estáveis, sem evidências de expansão até outubro de 2017.

A malha amostral original de coleta, determinada no PBA na área de influência do empreendimento, foi cumprida em todas as 27 campanhas trimestrais realizadas desde o início do Projeto, exceto em alguns locais de difícil acesso ou que só puderam ser visitados em períodos de cheia, mas cujos registros de ocorrência foram obtidos sem que houvesse comprometimento do acompanhamento da evolução dos estandes. Pontos adicionais foram incluídos no monitoramento, em especial após a formação do RX e do RI, bem como nas localidades com ocupações humanas significativas, visando à quantificação da biomassa dos estandes e à caracterização da fauna associada às macrófitas, com ênfase à ocorrência de larvas de vetores transmissores de doenças.

Os levantamentos realizados no Projeto possibilitaram a identificação dos estandes de macrófitas existentes em todas as áreas monitoradas, com dados sobre riqueza de espécies, índice de diversidade, similaridade, níveis de infestação e, nos estandes mais significativos, valores de biomassa e de fauna associada. As informações obtidas durante a fase de operação, até outubro de 2017, demonstram que os reservatórios da UHE Belo Monte apresentam poucos locais com infestação de macrófitas aquáticas, considerando-se a dimensão da área de influência, os quais, em grande parte, apresentaram retração das áreas ocupadas pelos estandes ou permanecem estáveis, sem evidência de expansão. A boa qualidade das águas do rio Xingu e de seus tributários possivelmente seja o fator determinante pela ausência de grandes infestações na área de influência da UHE Belo Monte.

As informações obtidas pelo presente Projeto estão sendo disponibilizadas para o Programa de Vigilância Epidemiológica, Prevenção e Controle de Doenças (PBA 8.2), uma vez que algumas espécies de macrófitas aquáticas servem como habitats para uma grande variedade de animais, incluindo insetos que atuam como vetores transmissores de doenças.

Além disso, em atendimento à recomendação estabelecida pelo IBAMA, no Parecer nº 02001.003622/2015-08 (análise de solicitação a LO – 10/09/2015), relacionada à apresentação do detalhamento das medidas de monitoramento e controle de macrófitas aquáticas a serem executadas, notadamente na região dos igarapés de Altamira, após o enchimento do Reservatório Xingu, visando evitar a proliferação de mosquitos, foi elaborada uma Nota Técnica específica para esta finalidade. O **Anexo 11.4.2 - 10** apresenta o conteúdo da referida Nota Técnica, onde são estabelecidas e caracterizadas as ações para manejo de estandes de macrófitas aquáticas nas áreas dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Para equalizar o número de pontos da malha amostral do PBA 11.4.2 para um montante em torno de 77, após novas incorporações de pontos ao longo do monitoramento na fase de operação, que em outubro de 2017 somam 100 pontos, foi encaminhado ao IBAMA, através da CE 0957/2017 – SSI, a Nota Técnica NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017, a qual propõe-se a exclusão dos pontos que nunca apresentaram níveis elevados de infestação e os pontos que ficaram submersos após a formação do RX, cujas as justificativas de exclusão são informadas no referido documento, sendo que a cópia está apresentada no Anexo 11.4.1 - 11 do presente RC.

11.4.2.7. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

NOME DO PROFISSIONAL (a)	FUNÇÃO NO PACOTE DE TRABALHO (b)	FORMAÇÃO PROFISSIONAL (c)	ALOCAÇÃO DO PROFISSIONAL (d)	REGISTRO PROFISSIONAL (e)	CTF IBAMA (f)
Dr. José Galizia Tundisi	Coordenador Geral	Ciências Naturais	São Carlos-SP	CRBio: 33693/01-D	296428
Dr. José Eduardo Tundisi	Diretor Financeiro	Engenheiro Mecânico	São Carlos-SP		310382
Dr. Donato Seiji Abe	Pesquisador, Gestor do Programa	Biólogo	São Carlos-SP	CRBio: 06075/01-D	311398
Fernando de Paula Blanco	Especialista de campo e de laboratório	Engenheiro de Produção	São Carlos-SP	CREA: 5069060871	311418
Dra Corina V. Sidagis Galli	Pesquisadora	Bióloga	São Carlos-SP	CRBio: 086833/01-D	3781165
Ricardo Milanetti Degani	Especialista em fauna associada às macrófitas	Biólogo	São Carlos-SP		4925742
Cileise Priscila Pereira de Lima	Técnica de Laboratório	Bióloga	São Carlos-SP		5223059
Valéria Teixeira da Silva	Técnica de Laboratório	Bióloga	São Carlos-SP		311376
Carlos Rogério Lopes Faria	Gestor do Programa	Biólogo	SÃO CARLOS-SP/ ALTAMIRA-PA	-	3780938
Lisbeth Podanoschi Faria	Técnica de Campo e Laboratório	Técnica em Meio Ambiente	SÃO CARLOS-SP/ ALTAMIRA-PA	CRQ: 04489963	5007175
Haren Santos	Técnica de Laboratório	Bióloga	Altamira-PA		6321756
Leandro Cesar Lima	Técnico de Campo	Tecnólogo em Gestão Ambiental	Altamira-PA		6338856
Graciele Podanoschi	Técnica de Campo e Laboratório	Técnica em Meio Ambiente	Altamira-PA		6388573

11.4.2.8. ANEXOS

Anexo 11.4.2-1/2018 – Materiais e Métodos Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas – PBA da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.2-2/2018 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no rio Xingu e tributários na área de influência da UHE Belo Monte, amostrados no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle das Macrófitas Aquáticas (PBA) durante as campanhas realizadas em 2011 a 2017

Anexo 11.4.2-3/2018 – Mapa da área de monitoramento do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas do PBA da UHE Belo Monte (IMPRESSO)-

Anexo 11.4.2-4/2018 – Inventário de Espécies do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas – PBA da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.2-5/2018 – Nível de infestação de macrófitas aquáticas na área de influência da UHE Belo Monte no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA)

Anexo 11.4.2-6-/2018 – Biomassa das espécies de macrófitas na área de influência da UHE Belo Monte monitoradas no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas da UHE Belo Monte (PBA)

Anexo 11.4.2-7/2018 – Detalhamento dos estandes de macrófitas que apresentaram elevado nível de infestação em trechos do rio Xingu e tributários na área de influência da UHE Belo Monte no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA)

Anexo 11.4.2-8/2018 – Fauna associada às macrófitas aquáticas na área de influência da UHE Belo Monte monitorada no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas da UHE Belo Monte (PBA)

Anexo 11.4.2-9/2018 – Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico emitido pelo ICMBIO-MMA

Anexo 11.4.2-10/2018 – Nota Técnica - Ações para manejo de estandes de macrófitas nas áreas dos futuros reservatórios da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.2-11 – NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017