

SUMÁRIO – PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

11.4.2. PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	11.4.2-1
11.4.2.1. INTRODUÇÃO	11.4.2-1
11.4.2.1.1. REFORMULAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL DO MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS	11.4.2-2
11.4.2.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.4.2-3
11.4.2.2.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	11.4.2-7
11.4.2.2.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	11.4.2-10
11.4.2.2.3. ÍNDICE DE DIVERSIDADE	11.4.2-15
11.4.2.2.4. SIMILARIDADE DE ESPÉCIES.....	11.4.2-19
11.4.2.2.5. NÍVEL DE INFESTAÇÃO	11.4.2-20
11.4.2.2.6. BIOMASSA.....	11.4.2-26
11.4.2.2.7. FAUNA ASSOCIADA ÀS MACRÓFITAS.....	11.4.2-30
11.4.2.2.8. ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS	11.4.2-31
11.4.2.2.9. MONITORAMENTO DOS LOCAIS DE INFESTAÇÃO DE MACRÓFITAS aquáticas COM SOBREVIVOS DE HELICÓPTERO ..	11.4.2-33
11.4.2.2.10. COMPROVANTE DE REGISTRO PARA COLETA DE MATERIAL BOTÂNICO, FÚNGICO E MICROBIOLÓGICO EMITIDO PELO ICMBIO-MMA.	11.4.2-33
11.4.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS...	11.4.2-35
11.4.2.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS	11.4.2-37
11.4.2.5. ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.2-41
11.4.2.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.2-42
11.4.2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.4.2-44
11.4.2.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.4.2-46
11.4.2.9. ANEXOS	11.4.2-47

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 ou nos igarapés (igarapés de Altamira, igarapé Galhoso 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.

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.

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.

O Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PMCMA – PBA 11.4.2) vem sendo executado visando monitorar as comunidades de macrófitas aquáticas distribuídas em igarapés, lagoas, no rio Xingu, Reservatório do Xingu e no Reservatório Intermediário, na área de influência da UHE Belo Monte. O presente relatório consolidado apresenta os resultados das 20 campanhas realizadas até o momento, executadas nas fases anterior, 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, e o quinto ciclo, parcial, pelos dados de janeiro a maio de 2016, que representam, portanto, quatro e meio ciclos hidrológicos na região. Ressalta-se que após a formação dos reservatórios as campanhas passaram a ser bimestral.

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, 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 do Xingu e do Reservatório Intermediário 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 última campanha de campo realizada em maio de 2016, o Projeto (PBA 11.4.2) avaliou 77 pontos de coleta.

11.4.2.1.1. REFORMULAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL DO MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Desde o início do monitoramento do Projeto, em dezembro de 2011, vários pontos têm apresentado baixos níveis de infestação, ou mesmo ausência de ocorrência de macrófitas aquáticas, principalmente nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu e no Trecho de Vazão Reduzida. Por outro lado, outros pontos localizados nos braços e reentrâncias formados no Reservatório do Xingu e no Reservatório Intermediário, bem como nas lagoas marginais, têm apresentado infestações importantes, as quais exigem maior acompanhamento e controle para se evitar futuros problemas para os usos múltiplos desses sistemas, tais como interferências na geração de energia elétrica e na navegação, proliferação de mosquitos, mortandade de peixes, entre outros.

Neste sentido, a partir da próxima campanha de campo bimestral do projeto, prevista para o início de julho de 2016, os esforços amostrais do monitoramento de macrófitas aquáticas vão ser direcionados a 50 pontos na atual área de abrangência, enfatizando,

principalmente, aqueles que apresentam ou apresentaram, em algum momento, níveis de infestação importantes.

A malha amostral reformulada, sugerida para o Projeto (PBA 11.4.2), a partir da próxima campanha de campo bimestral está apresentada no **Anexo 11.4.2 - 1** do presente Relatório Consolidado.

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 formato digital, encaminhado ao IBAMA semestralmente.

O **Anexo 11.4.2 - 2** apresenta a listagem e caracterização dos 77 pontos de coleta do PBA 11.4.2 que estão distribuídos no rio Xingu, no Reservatório Intermediário, nos igarapés e lagoas presentes, nas áreas de influência do empreendimento UHE Belo Monte, e que já foram visitados pelo menos uma vez nas campanhas trimestrais, onde foram realizadas tentativas de amostragem dos mesmos, considerando 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 6 (seis) pontos foram amostrados de forma aleatória, sem continuidade, ou deixaram de ser coletados por inacessibilidade, ou, ainda, não mais tiveram ocorrência de macrófitas.

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 foram empregados nesta seção do relatório e são apresentados na **Figura 11.4.2 - 1**.

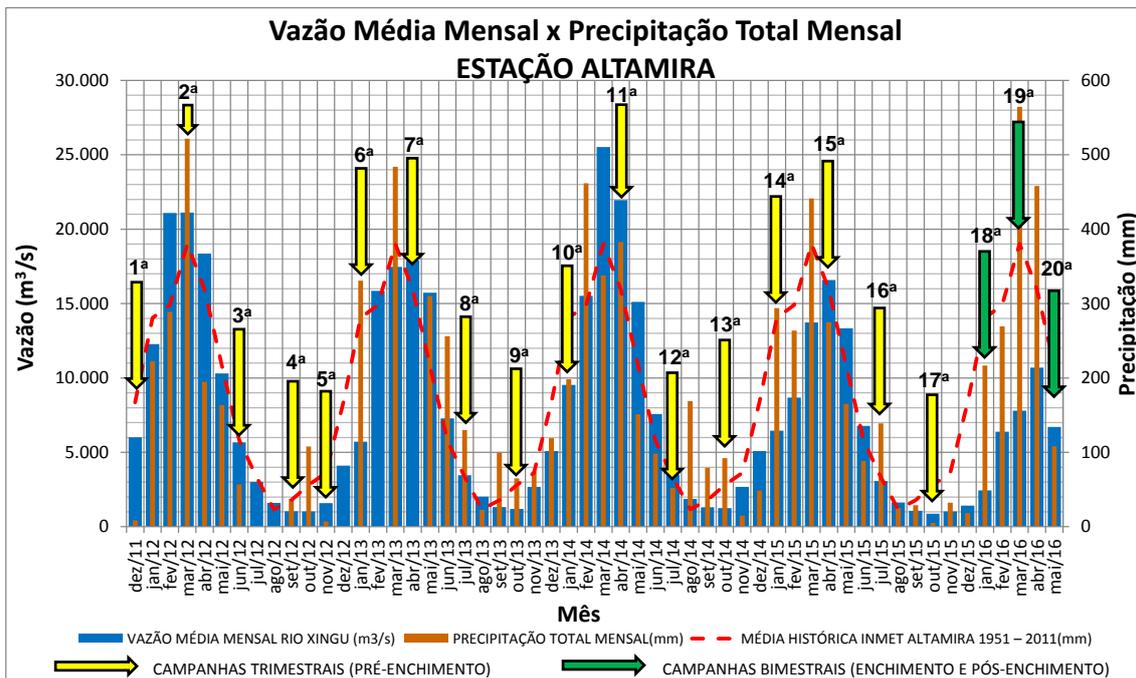


Figura 11.4.2 - 1 – Representação gráfica da vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a maio de 2016².

Ao longo das 20 campanhas realizadas, foram identificadas, no total, 275 espécies de macrófitas aquáticas pertencentes a 66 famílias (**Anexo 11.4.2 - 4**).

O número total de ocorrências de macrófitas aquáticas ao longo das 20 campanhas de campo foi de 3.302. O gráfico com a frequência absoluta de ocorrências das principais famílias está apresentado na **Figura 11.4.2 - 2**. A família mais representativa foi Cyperaceae, com 16,1% do total de ocorrência, seguida pela família Poaceae (12%) e pela família Fabaceae (11,2 %). Outras famílias com números significativos de ocorrência foram Araceae (8,2 %), Onagraceae (6,0 %), Rubiaceae (4,9 %), Euphorbiaceae (4,8 %), Asteraceae (4,4 %), Lamiaceae e Pontederiaceae (2,9 %) e Salviniaceae (2,6 % do total de ocorrência).

² Critérios adotados para elaboração da figura: o total diário é igual à soma de registros horários (pluviógrafo); se o dia não tiver 24 horas de registros o total diário é igual à soma dos registros de leiturista (pluviômetro); se os registros de leiturista estiverem incompletos, o total diário é igual ao total diário; a média mensal é igual à média dos dias com registros completos do mês; e, na inexistência de algum registro em algum dia, foi decidido pela exclusão do mês e substituição por média histórica do respectivo mês, cujos dados são oriundos de INMET ALTAMIRA 1951 - 2011. Na ocorrência de subestimação de dados de chuva com o método acima, ajustou-se os dados para melhor aderência à média histórica (INMET ALTAMIRA 1951 - 2011).

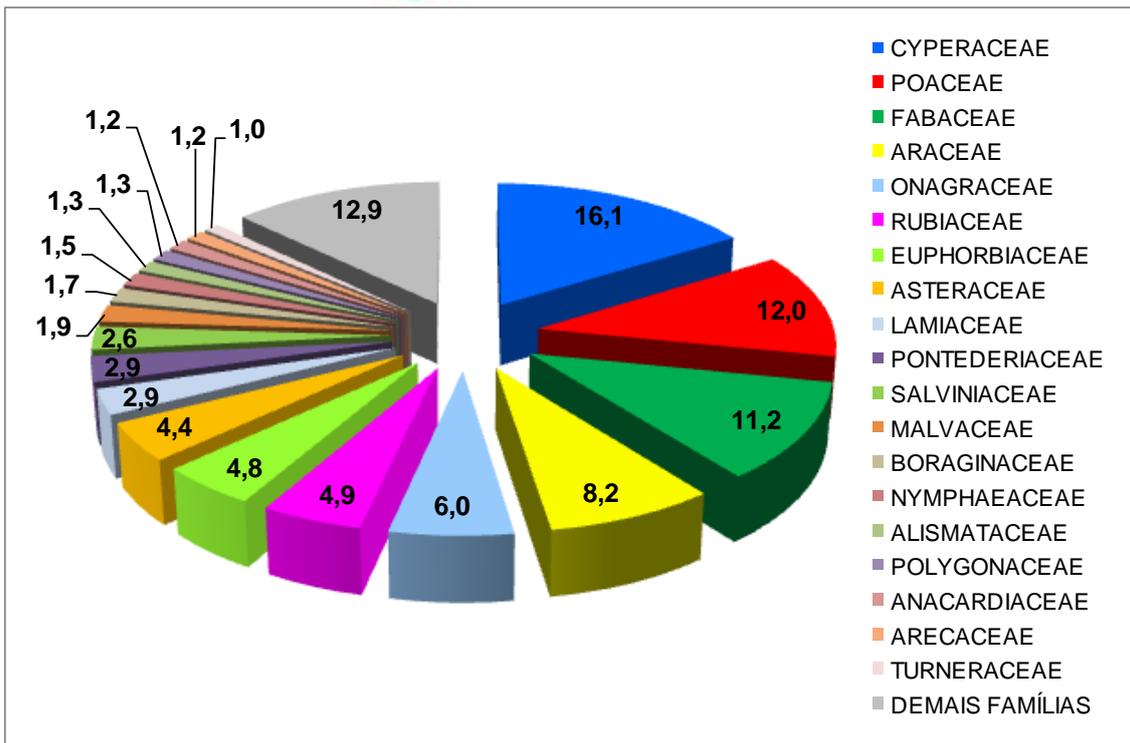


Figura 11.4.2 - 2 – Representatividade (%) do número de observações de macrófitas aquáticas por família (dezembro de 2011 a maio de 2016).

As famílias de macrófitas aquáticas mais representativas observadas nas áreas de influência da UHE Belo Monte pelo presente Projeto (PBA 11.4.2) são basicamente as mesmas observadas por Moura Júnior *et al.* (2015)³, referentes a uma listagem atualizada de espécies de macrófitas aquáticas da região Norte do Brasil, elaborada a partir de bancos de dados de herbários e de artigos publicados entre 1980 e 2000. Os autores verificaram que as famílias mais representativas foram Poaceae (17 %), Podostemaceae (10%), e Cyperaceae e Fabaceae (9 % do total). Exceção foi verificada, no presente Projeto, em relação à família Podostemaceae, a qual foi representada por apenas 0,5 % do total de plantas observadas. Os autores destacam a riqueza sem precedentes da família Podostemaceae, no referido artigo, devido aos seus próprios esforços para coleta em ambientes favoráveis à ocorrência dessas plantas. De fato, no Projeto de Monitoramento das Formações Pioneiras da UHE Belo Monte (PBA 13.1.2), no qual são feitas coletas de plantas em áreas de pedrais em trechos com corredeiras do rio Xingu, na área de influência direta do reservatório, foram observadas 15 espécies de Podostemaceae, ou seja, um número bastante significativo. Ao longo do monitoramento do atual Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2) foram observadas seis espécies de Podostemaceae (formas reófitas). O menor número de espécies desta família

³ MOURA JÚNIOR, E. g.; PAIVA, R. M. S.; FERREIRA, A. C.; PACOPAHYBA, L. D.; TAVARES, A. S.; FERREIRA, F. A.; POTT, A. Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. *Acta Amazonica* 45(2): 111-132, 2015.

observada no presente Projeto se deve ao fato de que o foco e os esforços amostrais foram predominantemente direcionados às espécies com elevado potencial de infestação durante e após a fase de enchimento dos reservatórios, como espécies flutuantes livres e fixas, principalmente em locais propícios à ocorrência destas, tais como lagoas marginais, proximidades de áreas povoadas, em igarapés urbanos e na área dos reservatórios do Xingu e Intermediário.

O gráfico com a frequência de ocorrência das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas é apresentado na **Figura 11.4.2 - 3**. Do total de plantas observadas, 50 % foram representadas por formas anfíbias, 36 % por formas emersas, 7 % por formas flutuantes livres, 3 % por formas flutuantes fixas e emersas/anfíbias e 1 % por formas anfíbias epífitas. As demais formas, como reófitas, submersas fixas e submersas livres foram representadas, cada qual, com menos de 1 % do total de ocorrências. Portanto, a grande maioria (89 %) das espécies observadas durante as 20 campanhas é composta por formas anfíbias e/ou emersas. Não obstante, deve-se ressaltar a proporção significativa das formas flutuantes livres (7 %) verificadas, as quais apresentam maior potencialidade de infestação. O número significativo das formas flutuantes livres se deve principalmente à formação do Reservatório do Xingu e do Reservatório Intermediário, os quais apresentaram, principalmente durante a fase de enchimento, infestações 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 lênticas que se formaram durante e após o enchimento dos reservatórios. Porém, durante a fase de pós-enchimento, as infestações de algumas espécies, 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.

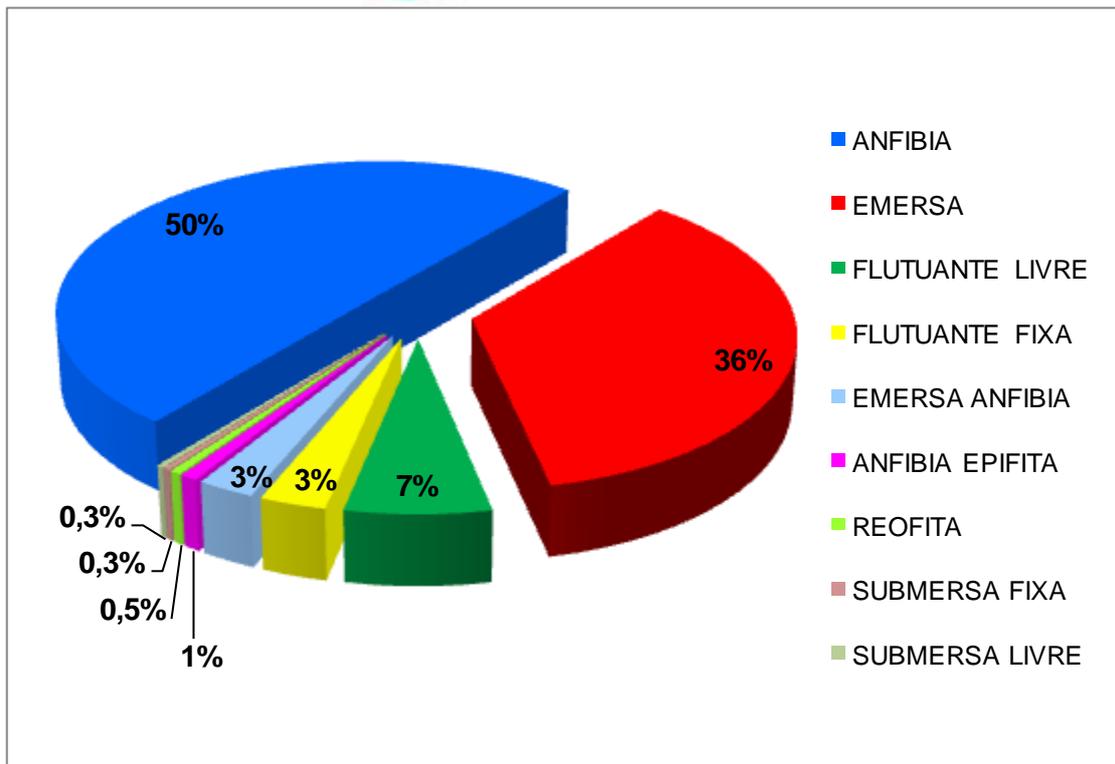


Figura 11.4.2 - 3 – Frequência de ocorrência (%) das formas biológicas (hábitos) das macrófitas aquáticas na área de monitoramento (dezembro de 2011 a maio de 2016).

11.4.2.2.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES

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, todos os pontos localizados no rio Xingu, nos principais igarapés e nas lagoas. Desta forma, os pontos de coleta foram assim agrupados e avaliados:

- Montante do Reservatório do Xingu: área localizada a montante do limite de influência do remanso do Reservatório do Xingu;
- Reservatório do 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 a montante da Casa de Força Principal;
- 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);
- Trecho de Restituição de Vazão - TRV (Jusante da Casa de Força Principal): área que vai desde a jusante da Casa de Força Principal até à região a jusante de Vitória do Xingu-PA.

Na **Figura 11.4.2 - 4** está apresentado o gráfico de riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas diferentes áreas monitoradas nos quatro ciclos hidrológicos monitorados.

A área do Reservatório do Xingu (RX) foi a que apresentou, em geral, maior riqueza de espécies em praticamente todas as campanhas, cujo máximo valor (96 espécies) foi observado em maio de 2016, correspondente ao final do período de cheia do quinto ciclo hidrológico, já na fase de pós-enchimento dos reservatórios. Em março de 2016, também correspondente ao período de cheia da fase de pós-enchimento no RX, a riqueza observada também foi muito significativa (80 espécies). A elevada riqueza de espécies nessa área em março e maio de 2016 se deve, principalmente, por ali se localizar o maior número de pontos de amostragem, pela ocorrência de inúmeras lagoas marginais, mas também pela formação do Reservatório do 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 alguns pontos com riquezas significativas, independentemente da formação do reservatório, foi a do Reservatório Intermediário (RI), em especial os pontos DI 01, localizado no igarapé Santo Antônio, com riqueza máxima de 28 espécies observadas tanto em julho de 2015, como em outubro de 2015, e o ponto DI 03, localizado no igarapé Cajueiro, que apresentou riqueza máxima de 20 espécies em outubro de 2015. 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 sem grande potencialidade de infestação.

As espécies com maior frequência de ocorrência nas 20 campanhas trimestrais monitoradas, até o momento, foram: *Montrichardia linifera*, planta emersa da família Araceae e conhecida popularmente como aninga, com 223 observações distribuídas em 22 pontos de coleta; *Paspalum repens*, planta emersa da família Poaceae, com 76 ocorrências distribuídas em 26 pontos de coleta; *Mimosa pudica*, planta família Fabaceae, com 67 observações distribuídas em 29 pontos de coleta; *Caperonia castaneifolia*, planta emersa da família Euphorbiaceae, com 58 observações em 18 pontos de coleta; a espécie anfíbia *Cyperus luzulae* (família Cyperaceae), com 55 observações em 21 pontos de coleta; a espécie flutuante livre *Salvinia auriculata* (família Salviniaceae), com 44 observações distribuídas em 15 pontos de coleta; e a espécie flutuante livre *Eichhornia crassipes* (Família Pontederiaceae), com 38 observações distribuídas em nove (09) pontos de coleta.

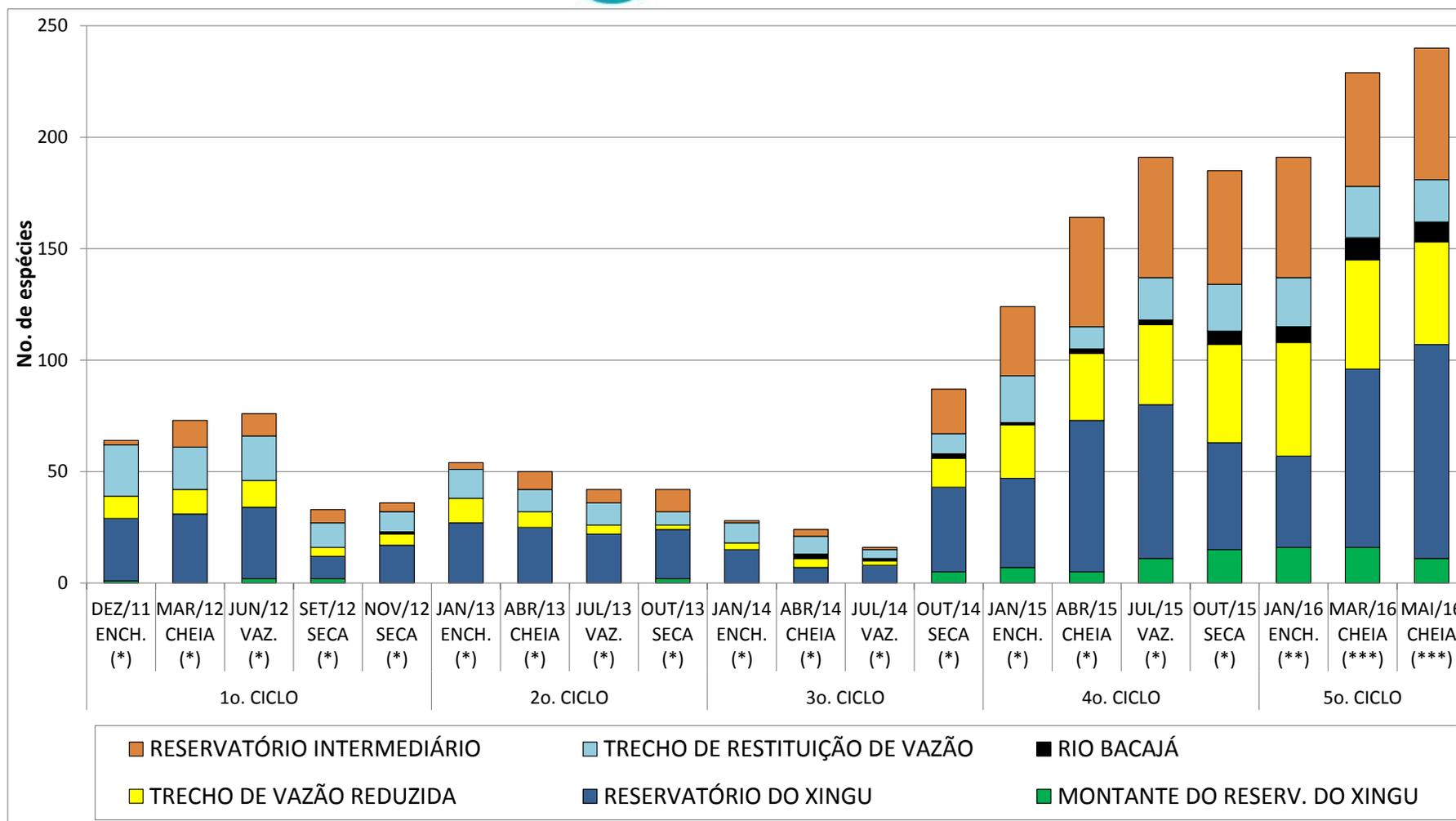


Figura 11.4.2 - 4 – Representação gráfica da riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas áreas de influência da UHE Belo Monte nos ciclos hidrológicos avaliados (dezembro de 2011 a maio de 2016). *: fase de pré-enchimento; **: fase de enchimento; ***: fase de pós-enchimento.

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)⁴, 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, Ambé e Tucuruí, 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 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, mantendo-se estáveis, retrocederam ou estão sendo sucedidas por outras espécies, como *Oxycarium cubense*, planta emersa ou epífita sobre outras espécies de macrófitas. 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

Para se 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 do Xingu e do Reservatório Intermediário, bem como para os dados das campanhas 18, 19 e 20, realizadas em janeiro, março e maio de 2016, correspondentes às fases de enchimento e pós-enchimento, com a qual se obteve os coeficientes de correlação linear de Pearson (ZAR, 1999⁵). 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 mantidas juntas. Esta separação das fases foi empregada visando diferenciar as condições existentes antes e após a formação dos reservatórios.

No **Quadro 11.4.2 - 1** estão apresentados, em vermelho, os coeficientes de correlação linear das variáveis de qualidade da água que apresentaram níveis de significância

⁴ 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.

⁵ ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 4 ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey. 1999.

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)⁶.

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	Coefficiente de correlação R	Valor de p
Clorofila-a	0,3332	p=0,000
Fluoreto	0,2569	p=0,000
Alcalinidade	0,1922	p=0,000
Fósforo total	0,1735	p=0,000
Condutividade	0,1625	p=0,000
Mat. susp. orgânico	0,1589	p=0,000
Amônio	0,1563	p=0,000
Cloreto	0,1363	p=0,002
Turbidez	0,1161	p=0,005
Mat. susp. inorgânico	0,1172	p=0,006
Profundidade	-0,1059	p=0,010
Lítio	0,0829	p=0,054
Transparência	-0,0750	p=0,071
Sulfato	0,0661	p=0,126
Temperatura	0,0462	p=0,263
Brometo	0,0436	p=0,314
Nitrito	0,0405	p=0,350
Cálcio	,0306	p=,478
Fosfato	,0323	p=,481
O2 dissolvido	-,0222	p=,592

⁶ VALENTIN, J. L. Ecologia Numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 117 p. 2000.

Variável	Coefficiente de correlação R	Valor de p
Magnésio	-,0178	p=,680
Pot. sat. de O2	-,0163	p=,693
DBO	-,0162	p=,701
Potencial redox	,0137	p=,740
Nitrogênio total Kjeldahl	-,0129	p=,767
pH	-,0115	p=,781
Sódio	,0090	p=,835
Potássio	-,0023	p=,957
Nitrato	,0013	p=,976

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

No **Quadro 11.4.2 - 2** estão apresentados 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 esteja relacionada 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)

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.

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, março e maio de 2016). As únicas variáveis que se correlacionaram com a riqueza de espécies nessas fases foram cálcio, profundidade, potássio, sulfato e brometo.

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 e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, nos ciclos hidrológicos monitorados durante as fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro a maio de 2016)

Variável	Coeficiente de correlação R	Valor de p
Cálcio	0,356	p=0,000
Profundidade	-0,234	p=0,002
Potássio	0,248	p=0,004
Sulfato	0,206	p=0,019
Brometo	0,197	p=0,025
Magnésio	0,185	p=0,035
Turbidez	0,148	p=0,053
Condutividade	0,143	p=0,062
pH	-0,100	p=0,193
Alcalinidade	0,110	p=0,207
Temperatura	-0,096	p=0,211
Clorofila-a	-0,095	p=0,220
Fósforo total	0,105	p=0,239
Cloreto	0,102	p=0,248
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,092	p=0,301
DBO	-0,088	p=0,331

Variável	Coefficiente de correlação R	Valor de p
Mat. susp. orgân.	0,101	p=0,346
Sódio	0,083	p=0,350
Pot. sat. de O2	0,070	p=0,366
O2 dissolvido	-0,063	p=0,411
Lítio	0,043	p=0,631
Mat. susp. inorgân.	0,043	p=0,685
Transparência	0,025	p=0,749
Fosfato	0,026	p=0,768
Nitrito	0,019	p=0,831
Fluoreto	-0,016	p=0,858
Potencial redox	-0,014	p=0,861
Nitrato	-0,004	p=0,968
Amônio	0,000	p=0,998

Na análise de regressão múltipla passo a passo aplicada à variável riqueza de espécies na fase de enchimento e pós-enchimento, apenas as variáveis cálcio e a profundidade (inversamente) foram escolhidos pelo modelo linear, as quais foram responsáveis por 12,65 % e 3,52 % de explicação da variabilidade da riqueza de espécies, respectivamente, as quais totalizaram 16,17 % de explicação.

Tais resultados sugerem que as maiores riquezas durante as fases de enchimento e pós-enchimento ocorreram em locais ricos em cálcio e com baixa profundidade. Porém, o baixo número de variáveis ambientais que se correlacionaram com a riqueza de espécies, bem como o reduzido número e variáveis utilizados pelo modelo linear aplicados aos dados das fases de enchimento e pós-enchimento possivelmente está relacionado às condições de transição da qualidade da água nesse período, ainda na fase inicial de formação do reservatório, condições essas que, aparentemente, não afetaram a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas existentes nas áreas monitoradas. Além disso, o número de observações existentes, referentes a apenas três campanhas de campo, possivelmente não foram suficientes para resultar em uma análise estatística consistente. É possível que, com a inclusão das demais campanhas bimestrais do ciclo hidrológico atual (julho e setembro de 2016), os resultados dessas análises se tornem mais consistentes.

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 e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, na fase de enchimento e pós-enchimento (janeiro, março e maio de 2016)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
Cálcio (mg/L)	1	4,9811	1,3802	0,1265	18,5361	0,0001	12,65
Profundidade (m)	2		-0,2692	0,1617	12,2451	0,0226	3,52
Total de explicação (%):							16,17

Equação do modelo multilinear: Riqueza (no.de espécies) Enchimento e Pós-Enchimento = $4,9811 + 1,3802 \times \text{Cálcio} - 0,2692 \times \text{Profundidade}$; 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, 1949⁷) calculados para as distintas áreas avaliadas, de dezembro de 2011 a maio de 2016, sendo que o gráfico correspondente está apresentado na **Figura 11.4.2 - 5**.

Em geral, a área do Reservatório do 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 no Projeto, tais como a lagoa do Noronha, lagoa do Valdir, lagoa do Maradona e lagoa do Arismar, as quais apresentam condições favoráveis ao crescimento das macrófitas, como descritas no item anterior.

Já as áreas a Montante do Reservatório do Xingu e no rio Bacajá apresentaram baixa diversidade ou até mesmo ausência de espécies de macrófitas aquáticas em alguns períodos, isto posto em função do reduzido número de pontos monitorados.

Vale destacar que, na maioria das áreas avaliadas, houve um aumento da diversidade de espécies nos períodos de cheia, principalmente em abril de 2015 e em março de 2016, quando comparados aos meses de seca. Tais resultados estão relacionados aos fatores sazonais, ou seja, os períodos mais chuvosos possibilitam a ocorrência de uma maior diversidade de espécies de macrófitas aquáticas. A elevada diversidade observada em abril de 2016 demonstra que a formação dos reservatórios não resultou na diminuição da diversidade de espécies nas áreas monitoradas.

Em contrapartida, a exceção se deu no período entre janeiro e julho de 2014, onde a baixa diversidade de espécies está relacionada ao volume de água registrado pela grande cheia do rio Xingu em 2014, 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 até outubro de 2015, com a campanha realizada na fase de enchimento (janeiro de 2016) e com a fase de pós-enchimento (março e maio de 2016), 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 - 5**). O aumento da diversidade na área do RX se deve, possivelmente, ao aumento de habitats após a formação do

⁷ SHANNON, C.E.; WIENER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 1949.

reservatório, possibilitando, assim, uma ocorrência mais ampla e diversa de plantas. 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 do Pimental não resultou em impactos negativos na comunidade de macrófitas aquáticas, representadas naquelas áreas quase que exclusivamente por espécies anfíbias ou emersas, caso contrário, a diversidade teria diminuído.

Já os valores de índice de diversidade no RI 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 afetou 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 (dezembro de 2011 a maio de 2016), 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	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/2016 ENCHENTE	3,00	4,49	4,75	1,95	3,43	4,82
	MAR/2016 CHEIA	2,83	5,15	4,41	2,30	3,37	4,62
	MAI/2016 VAZANTE	2,40	5,45	4,47	2,20	3,14	4,76

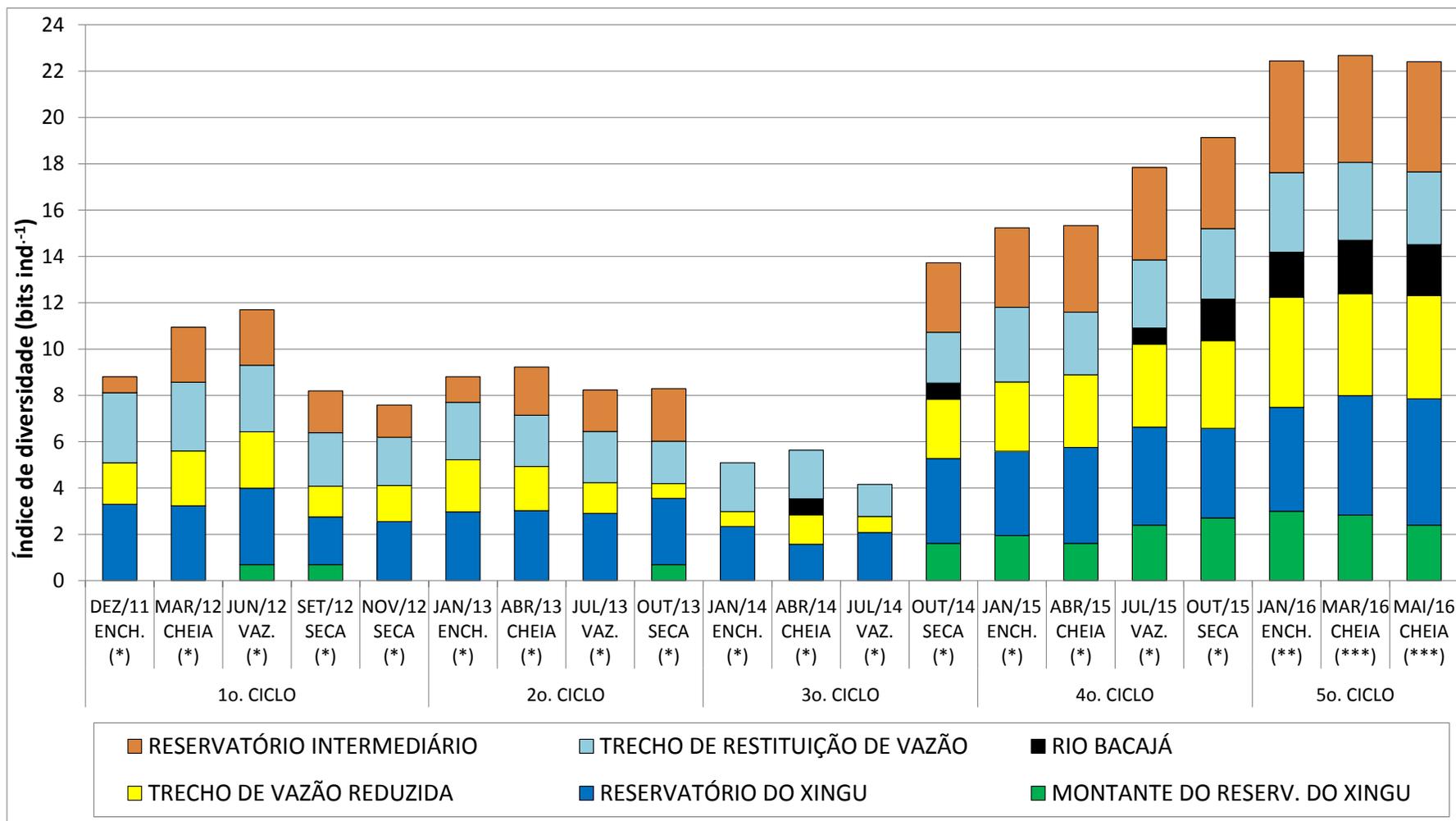


Figura 11.4.2 - 5 – Gráfico de diversidade de espécies de macrófitas aquáticas nas áreas de monitoramento no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte (dezembro de 2011 a maio de 2016).

11.4.2.2.4. SIMILARIDADE DE ESPÉCIES

A **Figura 11.4.2 - 6** apresenta o gráfico de similaridade de espécies entre as áreas avaliadas. 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 Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e a área do Reservatório Intermediário (77 % de similaridade), bem como entre este *cluster* e a área a do Trecho de Restituição da Vazão (TRV), com 54 % de similaridade. A proximidade entre essas áreas deve ter influenciado nesta maior similaridade. Já a área do Reservatório do Xingu apresentou menor similaridade entre as demais áreas (40 %), possivelmente em função da sua distinção por apresentar inúmeras lagoas com elevada riqueza de espécies na sua porção mais a montante, bem como pela ocorrência de infestações antes, durante e após a fase de enchimento do reservatório. As demais áreas (Rio Bacajá e Montante do Reservatório do Xingu), devido à baixa riqueza de espécies, também apresentaram baixa similaridade.

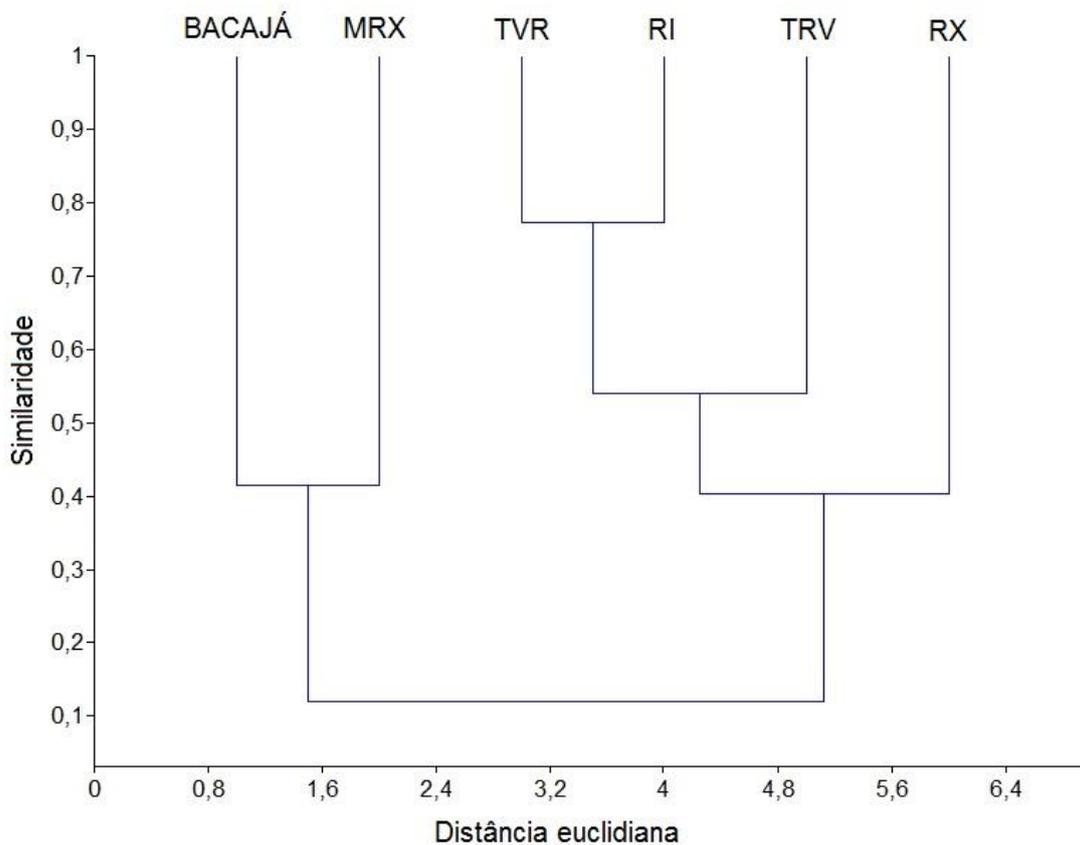


Figura 11.4.2 - 6 – Dendrograma de similaridade (índice de Jaccard) da comunidade de macrófitas aquáticas entre as áreas de monitoramento no rio Xingu e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte (dezembro de 2011 a maio de 2016). MRX: Montante do Reservatório do Xingu; RX: Reservatório do Xingu; TVR: Trecho de Vazão Reduzida; BACAJÁ: Rio Bacajá; TRV: Trecho de Restituição de Vazão; RI: Reservatório Intermediário.

11.4.2.2.5. NÍVEL DE INFESTAÇÃO

O **Anexo 11.4.2 - 5** apresenta o nível de infestação de macrófitas aquáticas estimado na área de influência da UHE Belo Monte, nos períodos avaliados de dezembro de 2011 a maio de 2016, sendo que o **Anexo 11.4.2 - 7** apresenta o detalhamento das ocorrências dos 18 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 são 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 evitar que possam se expandir ainda mais e, futuramente, causar interferências ambientais e impactos aos usos múltiplos dos reservatórios. É importante ressaltar também que, até o momento, 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 CANAL, localizado em uma área inundada paralela ao Canal de Derivação.

Os pontos que apresentaram infestação grave no período monitorado 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 do 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 na área do 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 do eixo Pimental e próximo à saída de efluentes da ETE do canteiro Pimental.

Após a formação do Reservatório do 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 em 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 moderada em janeiro de 2016 e infestação crítica em março e maio de 2016 pela espécie *Lemna aequinoctialis*.

No Reservatório Intermediário, os locais que apresentaram níveis significativos de infestação foram: **Pontos Canal e 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* em maio de 2016; e **Ponto Canteiro Canais**, localizado em um igarapé inundado no Sítio Canais, o qual apresentou infestação crítica por plantas da espécie *Azolla filiculoides*.

Outra área que apresentou infestações importantes de macrófitas aquáticas foi a do “Trecho de Restituição de Vazão - TRV (Jusante da Casa de Força Principal)”, na qual ocorrem estandes homogêneos e relativamente extensos. 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 não devido ao empreendimento de 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 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.

Para avaliar se o nível de infestação de macrófitas, em todos os pontos monitorados, 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 e nas fases de enchimento e pós-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 2016)

Variável	Coefficiente de correlação R	Valor de p
O2 dissolvido	-0,2176	p=0,000
Pot. sat. de O2	-0,1827	p=0,000
Clorofila-a	0,1816	p=0,000
pH	-0,1516	p=0,000
Amônio	0,1416	p=0,001
Mat. susp. orgân.	0,1406	p=0,001
Turbidez	0,0928	p=0,024
Fósforo total	0,0967	p=0,025
Mat. susp. inorgân.	0,0823	p=0,056
Profundidade	-0,0734	p=0,076
Brometo	-0,0748	p=0,084
Condutividade	0,0681	p=0,099
Fluoreto	0,0673	p=0,119
Cloreto	0,0661	p=0,126
Alcalinidade	0,0625	p=0,138
Transparência	-0,0350	p=0,400
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,0265	p=0,544
Nitrato	-0,0241	p=0,578
Sódio	0,0215	p=0,617
Magnésio	-0,0148	p=0,731
Temperatura	-0,0125	p=0,763
Lítio	0,0114	p=0,791
Nitrito	0,0109	p=0,802
Sulfato	0,0095	p=0,827
Potencial redox	0,0089	p=0,829
Potássio	-0,0081	p=0,851
Cálcio	0,0023	p=0,958
DBO	0,0001	p=0,997
Fosfato	-0,0001	p=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 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 do Xingu, como no Ponto ETE PIM, o qual apresentou infestação grave em abril de 2015.

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 e tributários, na área de influência da UHE Belo Monte, na fase de pré-enchimento (dezembro de 2011 a outubro de 2016)

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 = 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.

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, DBO, fluoreto, saturação de oxigênio (inversamente), e fósforo total, ou seja, variáveis que caracterizam ambientes eutrofizados. Tais condições foram observadas em alguns pontos do Reservatório do 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 de 832,97 µg-N/L em março de 2016 e 978,86 µg-N/L em maio de 2016, que correspondem aos valores máximos observados durante todo o monitoramento desde dezembro de 2011. Tais ocorrências estão relacionadas à um curso de água que recebia aporte de efluente da estação de tratamento de esgotos do canteiro, o qual foi inundado após a formação do RX e resultou na formação de um corpo de água muito eutrofizado e favorável ao crescimento da macrófita aquática.

No **Quadro 11.4.2 - 9** estão apresentados 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 que entraram no modelo linear foram amônio, responsável por 26,76 % de explicação, fluoreto, responsável por 6,94 % de explicação, temperatura, responsável por 2,82 % de explicação, saturação de oxigênio, responsável, inversamente, por 1,83 % de explicação, e DBO, responsável por 0,83 % de explicação. No total, essas variáveis foram responsáveis por 39,18 % 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.

Deve-se ressaltar que os pontos localizados no RX e no RI, que apresentaram infestações importantes de macrófitas aquáticas, passaram a ser monitorados apenas a partir de março de 2016, com a formação dos reservatórios e após a identificação dos locais por meio de sobrevoos de helicóptero. Portanto, o número de observações desses locais, com elevada infestação no RX e RI, é pequeno quando comparado ao número de observações realizadas, desde o início do monitoramento, em todas as áreas de influência do empreendimento, sendo, nesta fase inicial da formação dos reservatórios, ainda pouco influentes nas análises estatísticas empregadas. Mesmo assim, tais resultados foram suficientes para sensibilizar a análise estatística realizada para a variável “nível de infestação”, uma vez que a resposta das macrófitas aquáticas em termos de crescimento, principalmente das espécies flutuantes livres e oportunistas como *Lemna aequinoctialis*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* possuem rápido crescimento em resposta ao aumento da concentração de nutrientes na água.

Tal resposta não foi verificada para a riqueza de espécies durante as fases de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, uma vez que a grande maioria das espécies de macrófitas aquáticas existentes nas áreas monitoradas é composta por espécies anfíbias e emersas, as quais não apresentam rápido crescimento em resposta ao aumento da concentração de nutrientes como as espécies flutuantes livres.

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 nas áreas de influência da UHE Belo Monte durante as fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro, março e maio de 2016)

Variável	Coefficiente de correlação R	Valor de p
Amônio	0,517	p=0,000
DBO	0,356	p=0,000
Fluoreto	0,351	p=0,000
Pot. sat. de O2	-0,312	p=0,000
Fósforo total	0,254	p=0,004
Potássio	0,240	p=0,006

Variável	Coefficiente de correlação R	Valor de p
Cálcio	0,239	p=0,006
Mat. susp. orgânico	0,284	p=0,007
Brometo	0,228	p=0,009
Magnésio	0,226	p=0,010
Temperatura	0,184	p=0,016
O2 dissolvido	-0,182	p=0,017
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,126	p=0,159
Lítio	0,121	p=0,169
Profundidade	-0,105	p=0,170
Alcalinidade	0,117	p=0,178
pH	-0,090	p=0,243
Sulfato	0,087	p=0,325
Nitrato	-0,062	p=0,485
Mat. susp. inorgân.	0,067	p=0,528
Turbidez	-0,044	p=0,565
Sódio	0,040	p=0,652
Fosfato	-0,038	p=0,665
Clorofila-a	0,023	p=0,768
Transparência	-0,020	p=0,791
Condutividade	0,019	p=0,809
Nitrito	-0,020	p=0,818
Pot.redox	0,016	p=0,838
Cloreto	-0,001	p=0,993

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 nas áreas de influência da UHE Belo Monte, na fases de enchimento e pós-enchimento (janeiro, março e maio de 2016)

VARIÁVEL INDEPENDENTE	PASSO	INTER-CEPTO	COEF. B	R ²	F	VALOR DE p	% DE EXPLICAÇÃO
Amônio (µg-N/L)	1	-1,98017	0,00273	0,2676	43,4791	0,000067	26,76
Fluoreto (µg/L)	2		0,00354	0,3370	29,9871	0,004956	6,94
Temperatura (°C)	3		0,14019	0,3652	22,4399	0,004257	2,82
Sat. De O ₂ (%)	4		-0,00635	0,3835	18,0425	0,096647	1,83
DBO (mg/L)	5		0,00783	0,3918	14,8161	0,021398	0,83
Total de explicação (%):							39,18

Equação do modelo multilinear (Nível de infestação) Fases de Enchimento e Pós-enchimento = - 1,98017 + 0,00273 x Amônio + 0,00354 x Fluoreto + 0,14019 x Temperatura - 0,00635 x Sat. O₂ + 0,00783 x DBO; 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 maio de 2016.

Os maiores estandes de macrófitas aquáticas foram observados em alguns locais do RX, como nos **Pontos 2, 3, 4, 4B e 5 (Figura 11.4.2 - 7)**, bem como, ponto **Canteiro Canais**, localizado no igarapé Paquiçamba (atualmente braço do Reservatório Intermediário) no Sítio Canais (**Figura 11.4.2 - 8**), e nos pontos Canal e Dique 29, localizados na bacia do igarapé Paquiçamba, na área do Reservatório Intermediário (**Figura 11.4.2 - 9**). A descrição desses estandes está apresentado no **Anexo 11.4.2 - 9** deste documento, englobando os registros fotográficos dos sobrevoos de helicóptero, 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.

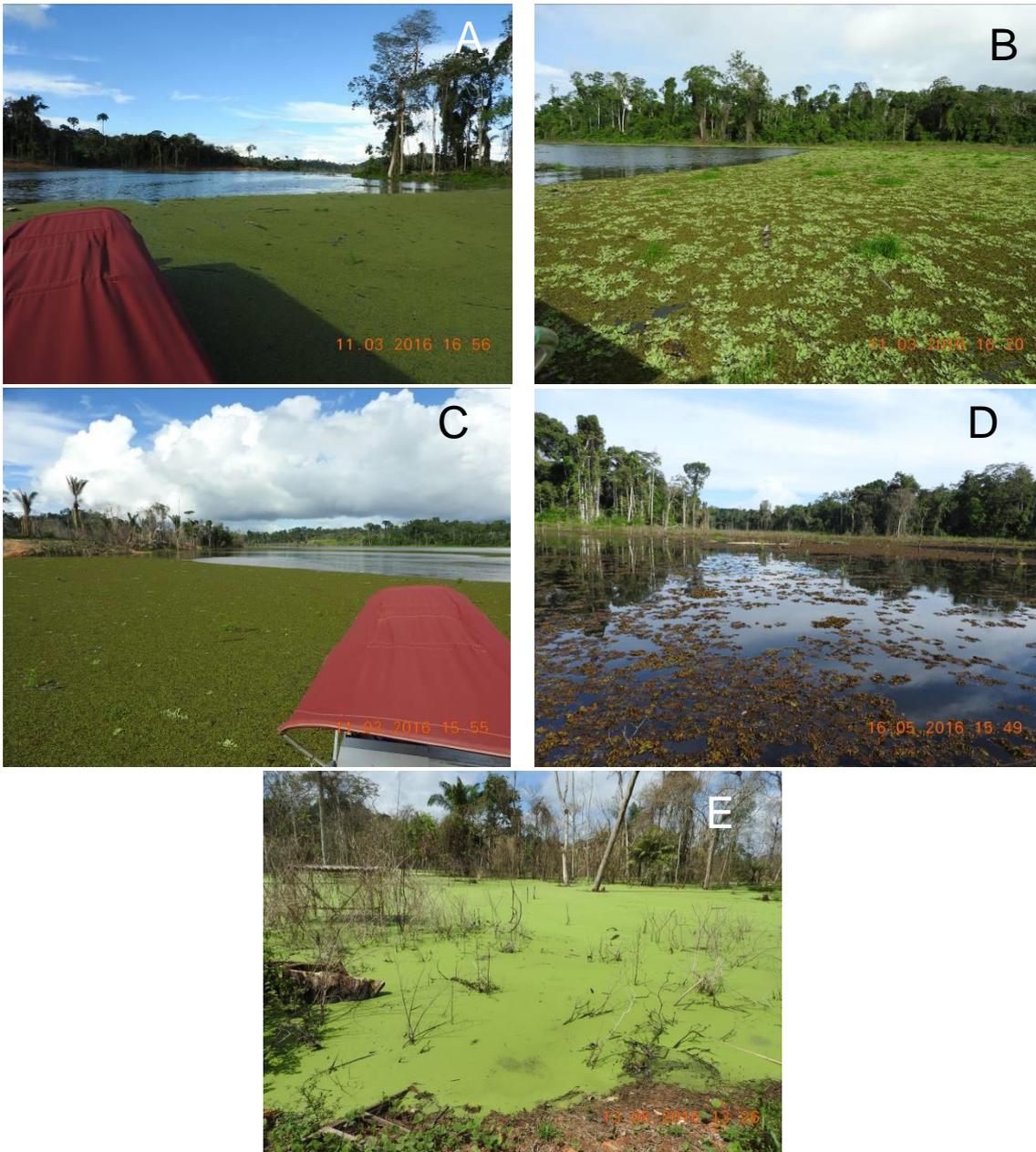


Figura 11.4.2 - 7 – Registros fotográficos de estandes de macrófitas aquáticas observados no Reservatório do Xingu na fase de pós-enchimento. A: Ponto 02 (espécie *Salvinia auriculata* no braço do igarapé Palhal); B: Ponto 03 (espécies *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes* no braço do igarapé Bastião); C: Ponto 04 (espécie *Salvinia auriculata* braço do igarapé Bastião); D: Ponto 04 B (espécie *Salvinia auriculata* no braço do igarapé Bastião); E: Ponto 05 (espécie *Lemna aquinoctialis* área inundada próxima aos alojamentos do Sítio Pimental).



Figura 11.4.2 - 8 – Registro fotográfico de estande de macrófita aquática da espécie *Azolla filiculoides* (A e B) observado em março de 2016 e imagem (C) de sobrevoo em maio de 2016 evidenciando a redução significativa do estande de macrófitas no Ponto Canteiro Canais, localizado no igarapé Paquiçamba (atualmente braço do Reservatório Intermediário) no Sítio Canais.



Figura 11.4.2 - 9 – Registro fotográfico de estandes de macrófita aquática da espécie *Eichhornia crassipes* observados nos pontos Canal (A) e Dique 29 (B) em maio de 2016.

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 (**Figura 11.4.2 - 10**). De acordo com Junk e Piedade (1993)⁸, na bacia Amazônica, esta espécie chega a produzir até 100 t de massa seca/ha/ano. A espécie *Eichhornia azurea*, amostrada no ponto IG 13, localizado no igarapé Tucuruí (**Figura 11.4.2 - 11**), 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 tem relação alguma com o empreendimento, uma vez que ocorrem em áreas muito distantes do RI.



Figura 11.4.2 - 10 – Registro fotográfico do estande de macrófita aquática da espécie *Echinochloa polystachya* em maio de 2016 no ponto TVR 09, localizado em uma ilha junto à foz do igarapé Tucuruí, próximo à cidade de Vitória do Xingu-PA.

⁸ 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.



Figura 11.4.2 - 11 – Registro fotográfico do estande de macrófita aquática da espécie *Eichhornia azurea* em maio de 2016 no ponto IG 13, localizado no igarapé Tucuruí, na cidade de Vitória do Xingu-PA.

Na calha do rio Xingu, tanto a montante da cidade de Altamira-PA, como a jusante, bem como 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 encontrava totalmente encoberto pelas águas.

Nas lagoas localizadas na área do Reservatório do Xingu ocorreram extensos estandes de macrófitas aquáticas nos períodos de maiores cheias do rio, 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 20 campanhas realizadas, cuja biomassa máxima foi observada no período de vazante de 2013.

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 maio de 2016.

Os organismos dominantes na grande maioria dos estandes de macrófitas 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, tais como: malária, febre amarela e dengue, foram raras nas amostras coletadas. Ocorrências mais significativas foram verificadas nos seguintes locais: Ponto ETE PIM (29 ind./m²), no qual foi verificada infestação da espécie *Pistia stratiotes*, e Ponto LA 03 (11 ind./m²), sendo que foi verificada ocorrência de estande da espécie *Salvinia auriculata*, ambos em abril de 2015; no ponto IG 04 (igarapé Trindade) em janeiro de 2016, em que foram observados 80 ind./m² em um estande de *Sapium glandulosum*; e no Ponto IG 01 (foz do igarapé Panelas), no qual foram observados 25 ind./m² em um estande de plantas da espécie *Nymphaea belophyla*, bem como no ponto IG 04, com 10 ind./m² em um estande da espécie *Paspalum conspersum*, ambos em março de 2016.

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, ocorrências significativas em janeiro, março e maio de 2016 não foram observadas. Mesmo assim, a coleta de fauna associada às macrófitas aquáticas será 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 podem favorecer o surgimento das larvas de insetos Culicidae.

11.4.2.2.8. ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS

Durante as 20 campanhas realizadas pelo Projeto, foram identificadas, até o momento, 275 espécies pertencentes a 66 famílias. A família mais representativa, considerando-se o total de ocorrências, foi Cyperaceae, com 16,1% do total, seguida pela família Poaceae (12%) e pela família Fabaceae (11,2 %). Outras famílias com números significativos de ocorrência foram Araceae (8,2 %), Onagraceae (6,0 %), Rubiaceae (4,9 %), Euphorbiaceae (4,8 %), Asteraceae (4,4 %), Lamiaceae e Pontederiaceae (2,9 %) e Salviniaceae (2,6 % do total de ocorrência).

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 *Oxycarium cubense*, principalmente durante e após a formação do Reservatório do Xingu e do Reservatório Intermediário. Tais espécies, com elevado potencial de dispersão e infestação, deverão ser monitorados 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 conforme mencionado e registrado no Anexo 11.4.2 - 9, referente ao monitoramento dos locais de infestação de macrófitas aquáticas com sobrevoo de helicóptero, a Norte Energia já vem realizando a remoção mecânica de macrófitas aquáticas em alguns locais mais críticos já na fase inicial de formação do RX e RI, sendo que em alguns locais, como no 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 à reduzida profundidade e vazão. No entanto, baseadas nas visitas realizadas em campo e por sobrevoos de helicóptero, verificou-se que os bancos de macrófitas aquáticas existentes no igarapé não têm se expandido, sendo que na porção baixa, próxima à foz, verificou-se uma redução da área ocupada pelos bancos. Tais observações são consequências das intervenções que vêm sendo realizadas pela Norte Energia, como a conclusão da implantação do sistema de saneamento, bem como, a remoção das palafitas antes da formação do reservatório, na qual ocorreu, também, a limpeza e recuperação das margens dos igarapés.

Ao longo das 20 campanhas monitoradas, 18 estandes de macrófitas foram identificados nas seis (6) áreas monitoradas, até o momento, com elevado nível de infestação. Os levantamentos são realizados de forma a investigar possíveis origens e acompanhamento da evolução dos estandes. Desta forma, espera-se com este monitoramento, antever possíveis problemas associados à proliferação de macrófitas aquáticas e sugerir medidas adequadas ao controle.

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, especialmente na região dos igarapés de Altamira (PA) e em sua orla, é realizado nas mesmas áreas de monitoramento da comunidade de macrófitas aquáticas, no contexto do PBA 11.4.2..

Nesta integração, o foco é de fato nos estandes de macrófitas de elevado nível de infestação, próximos às áreas de ocupação humana. Como já apresentado em Relatórios Consolidados anteriores, apenas dois estandes nessas condições foram identificados e estão localizados na área urbana de Altamira-PA, um na foz do igarapé Altamira e o outro no igarapé Ambé. No entanto, como já indicado acima, não foram verificadas alterações significativas, quanto ao desenvolvimento de macrófitas ou alteração na qualidade da água, junto aos estandes na área da cidade de Altamira.

Os levantamentos relacionados à fauna associada às infestações de macrófitas, realizados nas campanhas de janeiro a maio de 2016 mostram que as macrófitas aquáticas existentes nos pontos monitorados nos reservatórios (RX e RI) e no próprio rio Xingu e em seus tributários não abrigam populações significativas desses vetores, dada a reduzida ocorrência. Mesmo assim, a coleta de fauna associada às macrófitas aquáticas será continuada no presente Projeto, visando à detecção desses vetores, principalmente em locais próximos às áreas com ocupações humanas.

11.4.2.2.9. MONITORAMENTO DOS LOCAIS DE INFESTAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS COM SOBREVOS DE HELICÓPTERO

No **Anexo 11.4.2 - 9** estão apresentadas as informações obtidas com o monitoramento dos locais de infestação de macrófitas aquáticas identificados com sobrevoos de helicóptero durante e após a formação do Reservatório do Xingu e do Reservatório Intermediário, realizados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 2016, em conjunto com as informações obtidas com monitoramento por meio dos sobrevoos, para confirmação das ocorrências e identificação das espécies infestantes de macrófitas aquáticas.

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

No **Anexo 11.4.2 - 10** 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 - 11** está apresentada uma Nota Técnica 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 o controle de infestações de macrófitas aquáticas são 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, das fontes difusas, bem como a supressão da vegetação e retirada da biomassa nas áreas a serem inundadas na fase de pré-enchimento, de forma a se evitar a eutrofização dos sistemas. 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.

Controle direto com remoção manual

Os estandes de macrófitas aquáticas no Reservatório do Xingu como no Reservatório Intermediário deverão ser periodicamente monitorados tanto em termos de novos surgimentos como de alterações da extensão daqueles já existentes, visando tomadas rápidas de ações 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 a embarcação.

Controle direto com remoção com máquinas

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

No caso das formas flutuantes fixas ou submersas, a remoção poderá ser realizada através da diminuição do nível da água do reservatório, deixando-as expostas para posterior retirada mecânica com a utilização de máquinas como tratores ou colheitadeiras.

Todo o material removido deverá ser devidamente acondicionado, 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 acondicionado em aterros sanitários, ou mesmo reaproveitado como fertilizantes, como por exemplo, para recomposição de florestas no entorno dos reservatórios.

Deve-se considerar que o custo das operações de remoção mecânica pode se tornar muito oneroso em função da necessidade do uso de maquinarias sofisticadas de grande porte, balsas, mobilização de funcionários, gastos com combustíveis, transporte e disposição das plantas, entre outras. Nos reservatórios do rio Paraíba do Sul, por exemplo, são retirados, anualmente, 12 mil caminhões de macrófitas aquáticas, e o custo pelo controle mecânico é estimado em cerca de um milhão de dólares (Esteves e Meirelles-Pereira, 2011⁹). Portanto, quanto mais precoces forem as ações de controle, menores serão os custos para a remoção das macrófitas dos reservatórios e maiores serão as chances de combate.

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.

⁹ ESTEVES, F. A., MEIRELLES-PEREIRA, F. Eutrofização artificial. In: F. A. Esteves (ed.), Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2011. p. 625-655.

11.4.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

A planilha de atendimento aos objetivos do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas é apresentada na sequência.

OBJETIVOS GERAIS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>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.</p>	<p>Execução das coletas trimestrais em andamento. As atividades de monitoramento são realizadas conforme previsto no Projeto.</p>
<p>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.</p>	<p>Não foram verificadas alterações significativas quanto ao desenvolvimento de macrófitas ou alteração na qualidade da água junto aos estandes identificados.</p>

11.4.2.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

A planilha de atendimento às metas do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas é apresentada na sequência.

META	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>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.</p>	<p>Levantamento em andamento e realizado em coletas bimestrais . As atividades de monitoramento são realizadas conforme previsto no Projeto.</p>
<p>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).</p>	<p>A frequência bimestral teve início a partir de janeiro de 2016.</p>
<p>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.</p>	<p>A frequência bimestral das campanhas teve início a partir de janeiro de 2016.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>Determinar a biomassa e área de estantes na área de influência direta do empreendimento ao longo do período de monitoramento.</p>	<p>A determinação da biomassa vem sendo realizada em estandes com níveis de infestação grave e crítica, conforme prevista no Projeto.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>

META	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>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, durante os períodos de construção e enchimento dos reservatórios (bimestralmente durante o enchimento e trimestralmente nos anos seguintes).</p>	<p>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 formação dos reservatórios..</p>
<p>Mapeamento de estandes através de imagens de satélite e fotografias aéreas, quando necessário.</p>	<p>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 helicóptero.</p>
<p>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.</p>	<p>O banco de dados está sendo alimentado e revisado trimestralmente conforme previsto no Projeto.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>

META	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
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.	O Projeto específico para controle e manejo de macrófitas aquáticas será elaborado se necessário, e sua apresentação será realizada no 11º Relatório Consolidado, o qual será referente a cinco ciclos hidrológicos completos.

11.4.2.5. ATIVIDADES PREVISTAS

As atividades previstas no cronograma do presente Projeto têm sido desenvolvidas com qualidade e dentro dos prazos preconizados em seu cronograma. Não há necessidade de adequação do escopo do trabalho, sendo que no próximo período se fará a continuidade do monitoramento proposto.

As atividades detalhadas no âmbito deste Projeto, na fase de enchimento e de início da operação foram encaminhadas ao IBAMA. Ressalta-se que a frequência das campanhas deste Projeto passou a ser de trimestral para bimestral, nos pontos monitorados no TVR e a jusante dos igarapés interceptados pelos Diques, após a formação dos reservatórios. Tal frequência de campanhas, como previsto no PBA, visa um melhor acompanhamento da ocorrência de possíveis infestações de macrófitas aquáticas na fase de enchimento dos reservatórios.

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 a serem executadas, notadamente na região dos igarapés de Altamira e na orla da cidade de Altamira, após o enchimento do Reservatório do Xingu, visando evitar a proliferação de mosquitos, foi elaborada uma Nota Técnica específica para esta finalidade. O **Anexo 11.4.2 - 11** apresenta o conteúdo da referida Nota Técnica, onde são estabelecidas e caracterizadas as ações para manejo de estandes de macrófitas nas áreas dos reservatórios da UHE Belo Monte.

11.4.2.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O Cronograma das Atividades Previstas, apresentado abaixo, para a continuidade do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas 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.

11.4.2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos e metas estabelecidos no presente Projeto (PBA 11.4.2) estão sendo atingidas 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, tais como: **Ponto 02**, localizado no braço do igarapé Palhal, o qual apresentou infestação crítica com predominância por macrófitas aquáticas da espécie *Salvinia auriculata*, a qual se manteve estável até maio de 2016; **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 (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 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 início de infestação por plantas da espécie *Lemna aequinoctialis* em janeiro de 2016, ainda na fase de enchimento, mantendo-se crítica entre fevereiro a maio de 2016 e permanecendo estável nesse período.

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 maio de 2016, mantendo-se estável nesse período; e **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, porém, cuja infestação deixou de existir em maio de 2016. Tais infestações observadas, tanto no Reservatório do Xingu, como no Reservatório Intermediário, estavam previstas, uma vez que os sistemas hídricos passaram de regime lótico para semi-lótico no caso do RX e a formação de um regime lêntico no caso do RI, condições essas mais favoráveis para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas, principalmente as de hábito flutuante livre, com maior potencial de dispersão e infestação.

A malha amostral original de 43 pontos de coleta determinada no PBA na área de influência do empreendimento foi cumprida em todas as 20 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, cujas informações poderão ser utilizadas para o acompanhamento da evolução dos estandes durante a fase de operação da UHE Belo Monte. Desta forma, espera-se, com o monitoramento nessas fases, antever possíveis problemas associados à proliferação de macrófitas aquáticas resultantes do processo de eutrofização em alguns pontos dos reservatórios, e sugerir medidas adequadas ao controle.

Além disso, 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.

11.4.2.8. 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 Galízia Tundisi	Coordenador Geral	Ciências Naturais	São Carlos-SP	CRBio: 33693/01-D	296428
Dr. José Eduardo Tundisi	Diretor Financeiro	Engenheiro	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	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

11.4.2.9. ANEXOS

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

Anexo 11.4.2 - 2 – 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 2015

Anexo 11.4.2 - 3 – 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 – Inventário de Espécies do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas – PBA da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.2 - 5 – 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 – 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 – Detalhamento dos estandes de macrófitas de elevado nível de infestação nos 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 – 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 – Monitoramento dos locais de infestação de macrófitas aquáticas com sobrevoos de helicóptero na área de influência da UHE Belo Monte no âmbito do Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA)

Anexo 11.4.2 - 10 – Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico emitido pelo ICMBIO-MMA

Anexo 11.4.2 - 11 – Nota Técnica - Ações para manejo de estandes de macrófitas nas áreas dos futuros reservatórios da UHE Belo Monte