

SUMÁRIO – 11.4.1 PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

11.	PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	11.4.1-1
11.4.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	11.4.1-1
11.4.1.	PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL.....	11.4.1-1
11.4.1.1.	INTRODUÇÃO	11.4.1-1
11.4.1.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.4.1-2
11.4.1.2.1.	MONITORAMENTO TRIMESTRAL – RIO XINGU E TRIBUTÁRIOS	11.4.1-4
11.4.1.2.2.	MONITORAMENTO MENSAL – PONTO DE COLETA RX 03.....	11.4.1-53
11.4.1.2.3.	MONITORAMENTO MENSAL – ENTORNO DOS CANTEIROS ..	11.4.1-56
11.4.1.2.4.	MONITORAMENTO MENSAL – PONTOS PRÓXIMOS ÀS VIAS DE ACESSO E LINHAS DE TRANSMISSÃO.....	11.4.1-57
11.4.1.2.5.	MONITORAMENTO MENSAL – INTERIOR DOS CANTEIROS...	11.4.1-57
11.4.1.2.6.	CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO ..	11.4.1-58
11.4.1.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL.....	11.4.1-63
11.4.1.4.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL.....	11.4.1-65
11.4.1.5.	ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.1-69
11.4.1.6.	ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	11.4.1-69
11.4.1.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.4.1-71
11.4.1.8.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.4.1-72
11.4.1.9.	ANEXOS	11.4.1-74

11. PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.4. PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA

11.4.1. PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

11.4.1.1. INTRODUÇÃO

Baseado no diagnóstico do sistema aquático referente à qualidade da água e limnologia apresentado 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, o rio Xingu conserva a qualidade de água referente à Classe 2, nas áreas diretamente afetadas e de influência direta do empreendimento. Já os tributários menores, próximos às áreas de ocupação humana, são mais afetados pelas atividades que se realizam no seu entorno e, conseqüentemente, a qualidade da água pode diminuir com a entrada excessiva de nutrientes e de material em suspensão. Da mesma forma, as regiões mais afetadas em termos de contaminação dos sedimentos por metais e nutrientes são as que se encontram próximas a locais urbanizados, como as cidades de Altamira-PA e Vitória do Xingu-PA, ou como as localidades da Ressaca e Ilha da Fazenda. Ainda em relação à qualidade dos sedimentos, os mesmos apresentam, de acordo com o diagnóstico, uma baixa probabilidade de produzir efeitos adversos à biota aquática existente no rio Xingu e seus tributários.

Por outro lado, os estudos de análises de impactos do EIA² previam que, após a formação do Reservatório do Xingu, haveria a mudança de ambiente lótico para lêntico na área do reservatório, a qual acarretaria em alterações na qualidade da água em função de modificações no aporte de nutrientes. Além disso, haveria, ainda, a formação de um novo corpo d'água, o Reservatório Intermediário, e a formação do Trecho da Vazão Reduzida.

No cômputo das ações de controle, além daquelas voltadas para a fiscalização do uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios, destaca-se a relevância do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade das Águas Superficiais, integrante do Plano de Gestão dos Recursos Hídricos. A implementação do conjunto

¹Estudo 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, 176p, 2009.

² Estudo de Impacto Ambiental – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, Volume 31: Avaliação de Impactos e Prognóstico Global. Leme Engenharia, 471p, 2009.

de ações preventivas, mitigadoras e de monitoramento foram algumas das propostas do EIA, objetivando a reversibilidade do impacto a médio prazo.

Neste sentido, o Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial do Projeto Básico Ambiental (PBA³) da UHE Belo Monte tem como objetivo geral prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação, enchimento e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade da água.

Ressalta-se que um ponto de coleta no igarapé Aturiá (ou Turiá) foi adicionado à campanha trimestral (água, sedimento e biota aquática) e à campanha mensal (sonda multiparamétrica), em atendimento à recomendação do IBAMA, apresentada no Parecer 168/2012⁴, encaminhado em dezembro de 2012, no âmbito do Programa de Monitoramento dos Igarapés Interceptados pelos Diques (PBA 11.2). Outros dois pontos de coleta foram incluídos a partir da campanha trimestral de janeiro de 2015, na área do Trecho de Vazão Reduzida/Volta Grande, em atendimento ao Ofício 10268/2014⁵ são: RX MBS, localizado a montante das instalações da Mineradora Belo Sun, na Ressaca, e RX JBS, localizado a jusante desta.

Após a formação do Reservatório Intermediário, cuja fase de enchimento ocorreu no período entre dezembro de 2015 a fevereiro de 2016, doze pontos de coleta foram incorporados na malha amostral do monitoramento trimestral do Projeto, os quais haviam sido contemplados no PBA, aprovado em setembro de 2011. Desta forma, a malha amostral trimestral do presente Projeto tem, atualmente, 49 pontos de coleta, considerando os pontos localizados no Reservatório Intermediário.

11.4.1.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Destaca-se que o presente Projeto (PBA 11.4.1) é composto por malhas amostrais diferenciadas, analisadas com periodicidades distintas.

No período de dezembro de 2011 a abril de 2016, todas as atividades planejadas no âmbito do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial foram cumpridas de forma integral. Foram realizadas 19 campanhas de monitoramento trimestral (dezembro de 2011, março, junho, setembro e novembro de

³Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte. Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial. Norte Energia, 52 p, 2011.

⁴Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2012. *Parecer Nº 168/2012*. Análise do 2º Relatório Semestral de Andamento do Projeto Básico Ambiental e das Condicionantes da Licença de Instalação Nº 795/2011, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, 20 de dezembro de 2012. 128 p.

⁵Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2014. *Ofício Nº 02001.010268/2014-89*. Plano de Gerenciamento integrado da Volta grande do Xingu – UHE Belo Monte, 16 de setembro de 2014. 8p.

2012, janeiro, abril, julho e outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014, janeiro, abril, julho e outubro de 2015, e janeiro e abril de 2016) na área de influência do empreendimento e 53 campanhas de monitoramento mensal (período de janeiro de 2012 a maio de 2016) de qualidade da água no entorno dos canteiros de obra e em pontos próximos às vias de acesso e linhas de transmissão. Os resultados dessas campanhas possibilitaram a atualização do banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações obtidas até o momento.

Além disso, ao longo do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia para Fase de Enchimento e Estabilização dos Reservatórios do Xingu (RX), Intermediário (RI), Trechos de Vazão Reduzida (TVR) e Restituição de Vazões (TRV), cujo objetivo geral foi de prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água advindas das transformações do ambiente, decorrentes do enchimento e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle em caso de identificação de problemas relacionados à qualidade de água, foram obtidas informações em 49 pontos distribuídos nas referidas áreas, as quais estão apresentadas no Relatório Final do Plano de Enchimento dos Reservatórios – PER (RT_DS_Nº12_RC-Enchimento-Reservatórios_290416, encaminhado ao IBAMA através da CE 0216/2016 – DS).

Adicionalmente, informações obtidas durante o monitoramento realizado na fase de operação dos reservatórios da UHE Belo Monte, no período entre março e junho de 2016, foram consideradas no presente relatório, tais como dados do Reservatório do Xingu, incluindo pontos localizados nos igarapés de Altamira e nos braços formados pelos igarapés Palhal, Bastião e Di Maria, dados do Reservatório Intermediário nos pontos localizados próximos à barragem, bem como dados dos pontos localizados no Canal de Fuga e no Trecho de Restituição de Vazões no rio Xingu.

Destaca-se que as campanhas trimestrais e mensais realizadas durante o primeiro semestre de 2016 caracterizam o monitoramento da qualidade da água na fase final de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte. Fato este, que caracteriza o início de uma nova etapa para o presente PBA 11.4.1, já que as diretrizes e premissas que definem os seus objetivos e metas estabelecem justamente a avaliação comparativa da qualidade da água superficial entre as fases anterior (construção) e posterior (operação) de formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, para verificação e caracterização dos possíveis impactos ambientais relacionados a esse tema específico.

Por meio das análises dos dados no presente Relatório e nos anteriores, os seguintes objetivos foram alcançados: avaliação da ocorrência de gradientes espaciais e temporais da qualidade da água na área de monitoramento; averiguação de compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento dos corpos hídricos; classificação da qualidade da água na área de influência do empreendimento; disponibilização de informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água, e avaliação das possíveis alterações limnológicas decorrentes das transformações ambientais no local.

Os materiais e métodos utilizados no presente Projeto são apresentados no **Anexo 11.4.1 - 1**. O Banco de Dados do Projeto é atualizado e disponibilizado semestralmente em formato digital. Durante o mês de junho de 2016, o Banco de Dados foi totalmente revisado, o qual é apresentado integralmente junto ao presente Relatório em formato digital.

As coordenadas dos pontos da malha amostral são apresentadas no **Anexo 11.4.1 - 2**. O **Anexo 11.4.1 - 3** e o **Anexo 11.4.1 - 4** apresentam os mapas dos pontos dos monitoramentos trimestral e mensal, respectivamente, que compõem a malha amostral do presente Projeto.

11.4.1.2.1. MONITORAMENTO TRIMESTRAL – RIO XINGU E TRIBUTÁRIOS

Os dados obtidos no monitoramento trimestral, apresentados neste Relatório, são referentes aos períodos de enchente e cheia de cinco (5) ciclos hidrológicos na bacia do rio Xingu, entre dezembro de 2011 a abril de 2016. Buscando-se integrar os resultados de qualidade da água e do sedimento com as demais campanhas trimestrais realizadas desde dezembro de 2011, nos mesmos períodos hidrológicos até o momento, os resultados foram analisados por meio de ferramentas estatísticas multivariadas, de forma a verificar se existem diferenças na qualidade da água e no sedimento ao longo da execução do presente PBA. Estas análises buscam evidenciar padrões temporais (entre os anos de monitoramento) em conjuntos de dados obtidos nos mesmos períodos hidrológicos e observar se ocorreram, ao longo do monitoramento, alterações ambientais decorrentes das intervenções do empreendimento na área de influência da UHE Belo Monte, ou mesmo decorrentes das condições climáticas e hidrológicas interanuais distintas.

Nesta análise integrada foram utilizados, portanto, os resultados de dez (10) campanhas trimestrais referentes aos ciclos hidrológicos de enchente e cheia de 2012 a 2016. O **Anexo 11.4.1 - 5** apresenta a metodologia utilizada na análise estatística da qualidade da água e do sedimento.

Ressalta-se que as variações observadas foram contextualizadas com as vazões médias do rio Xingu registradas nos respectivos meses das campanhas. As variáveis empregadas nas análises multivariadas foram somente as que apresentaram variabilidade ao longo do monitoramento, bem como àquelas que apresentaram valores detectáveis pelas metodologias utilizadas. As variáveis que não se enquadraram nestas condições foram discutidas em parágrafos específicos no presente Relatório. Empregando-se esta análise integradora busca-se evidenciar a qualidade ambiental da área estudada como um todo e identificar possíveis alterações que denotem deterioração nos ambientes avaliados durante a implantação do empreendimento. Vale destacar que nessa nova etapa do monitoramento, que se caracteriza pela fase pós-enchimento dos reservatórios, após a coleta de uma gama robusta de dados e resultados de qualidade da água (pelo menos um ciclo hidrológico completo – todo o ano de 2016), deverão ser feitas avaliações comparativas entre os

dados e resultados que foram observados e consolidados anteriormente com o que é verificado e avaliado com a formação dos reservatórios.

Buscando-se evidenciar os padrões temporais da qualidade da água no rio Xingu e tributários, os valores médios mensais de vazão e de pluviosidade foram empregados nesta seção do Relatório, apresentados na **Figura 11.4.1 - 1**. Houve ampla variação da vazão e pluviosidade ao longo do monitoramento, mesmo quando comparadas às vazões e pluviosidades de campanhas de um mesmo período hidrológico, conforme o **Quadro 11.4.1 - 1**. Outra observação é a diferença na pluviosidade verificada, especialmente entre as campanhas realizadas nos períodos de enchente. Quando realizada no primeiro ano de monitoramento (segundo nomenclatura do Banco de Dados: Enc_1, em dezembro de 2011), as chuvas não haviam começado na região, ao contrário do segundo ano (Enc_2, em janeiro de 2013), quando já haviam se iniciado e, portanto, a pluviosidade registrada foi elevada, até mesmo quando comparada ao registro do terceiro ano (Enc_3, em janeiro de 2014).

Diferenças também foram registradas nas campanhas realizadas nos períodos de cheia, que diferiram quanto às vazões registradas e aos padrões das chuvas. Durante a primeira campanha (Che_1, em março de 2012) ocorreu o valor máximo registrado de pluviosidade, muito superior ao registrado no mês anterior (fevereiro de 2012). Em geral, em condições de aumento das chuvas na região ocorre o carreamento de grande quantidade de material alóctone aos corpos hídricos que, associado ao alagamento de áreas aluviais, aumenta a quantidade de nutrientes e a trofia dos corpos receptores, diminuindo a transparência da coluna de água e aumentando os processos de decomposição no ambiente. Em março de 2014 foi verificada a vazão média mensal máxima no rio Xingu no período monitorado, a qual resultou na grande cheia naquele ano. Por outro lado, o quarto ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2015) foi caracterizado por chuvas menos intensas quando comparadas aos três (3) anos anteriores e às médias históricas, as quais resultaram nas menores vazões médias mensais observadas. Já nos meses de março, abril e maio de 2016 foram observadas as precipitações máximas mensais referentes a todo o período monitorado, cujo pico ocorreu no mês de março, referente a 564,5 mm.

Quadro 11.4.1 - 1 – Valores médios mensais de vazão (m³/s) e pluviosidade (mm) em Altamira (PA), de dezembro 2011 a abril de 2016

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m ³ /s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1951 – 2011(mm)
dez/11	6.009	8,6	167,1
jan/12	12.271	222,4	280,9
fev/12	21.093	288,9	298,2
mar/12	21.115	521,6	380,3
abr/12	18.359	194,9	319,2
mai/12	10.301	163,4	216,5
jun/12	5.675	56,8	115,9
jul/12	3.017	-	66,6

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m³/s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1951 – 2011(mm)
ago/12	1.607	-	23,4
set/12	1.043	37,5	35,7
out/12	1.023	107,9	56,2
nov/12	1.581	7,0	72,4
dez/12	4.100	-	167,1
jan/13	5.715	330,9	280,9
fev/13	15.856	-	298,2
mar/13	17.472	483,9	380,3
abr/13	17.887	-	319,2
mai/13	15.729	310,2	216,5
jun/13	7.277	256,1	115,9
jul/13	3.456	129,9	66,6
ago/13	2.017	22,9	23,4
set/13	1.322	99,5	35,7
out/13	1.194	65,0	56,2
nov/13	2.684	73,6	72,4
dez/13	5.087	119	167,1
jan/14	9.534	198,2	280,9
fev/14	15.521	461,7	298,2
mar/14	25.525	337,9	380,3
abr/14	21.950	382,8	319,2
mai/14	15.122	151,2	216,5
jun/14	7.581	98,4	115,9
jul/14	3.499	52,3	66,6
ago/14	1.871	168,8	23,4
set/14	1.302	79,4	35,7
out/14	1.256	92,2	56,2
nov/14	2684,00	14,9	72,4
dez/14	5087,00	48,9	167,1
jan/15	6452,00	293,8	280,9
fev/15	8687,00	263,7	298,2
mar/15	13735,00	441,3	380,3
abr/15	16580,00	274,8	319,2
mai/15	13342,00	165,2	216,5
jun/15	6779,00	88,2	115,9
jul/15	3064,81	139,0	66,6
ago/15	1632,39	25,4	23,4
set/15	1069,73	29,0	35,7
out/15	880,48	5,1	56,2
nov/15	1023,00	32,30	72,4
dez/15	1425,00	18,30	167,1
jan/16	2442,00	216,70	280,9

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m ³ /s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1951 – 2011(mm)
fev/16	6379,00	269,2	298,2
mar/16	7798,00	564,5	380,3
abr/16	10693	458,2	319,2

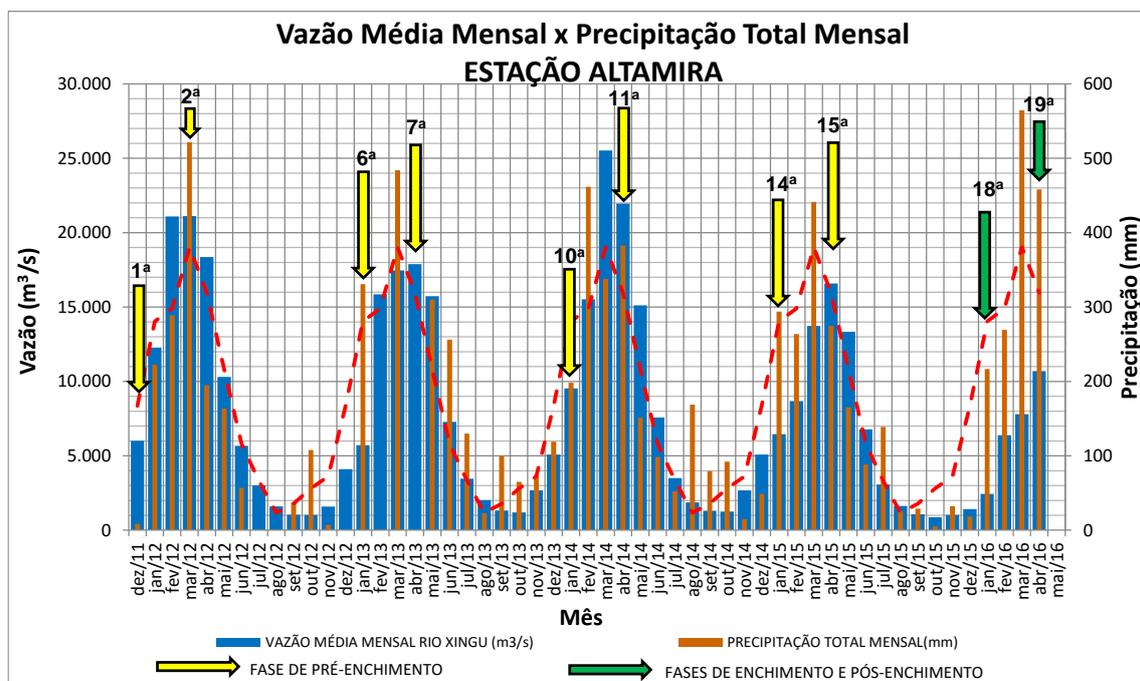


Figura 11.4.1 - 1 – Representação gráfica da vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a abril trimestrais referentes aos ciclos hidrológicos de enchente e cheia.

No **Anexo 11.4.1 - 6** e no **Anexo 11.4.1 - 7** foi dado enfoque aos resultados de qualidade da água e do sedimento, respectivamente, em cada um dos pontos da malha trimestral (37 pontos de coleta) ao longo das 19 campanhas realizadas (sem considerar os pontos do Reservatório Intermediário), buscando-se evidenciar não conformidades em relação aos valores norteadores da Resolução CONAMA 357/2005 (água superficial) e da Resolução CONAMA 454/2012 (sedimento). Nestes anexos, também estão apresentados os mapas com detalhamento da localização e os registros fotográficos dos pontos monitorados nas campanhas trimestrais.

11.4.1.2.1.1. ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DA ÁGUA

11.4.1.2.1.1.A. PONTOS DE COLETA NO RIO XINGU

Nesta análise foram considerados os pontos localizados em todos os compartimentos do rio Xingu, tais como as áreas a Montante do Reservatório (MRX), do Reservatório

do Xingu (RX), do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e Trecho de Restituição de Vazão (TRV), procedimento este adotado nos relatórios anteriores.

Os dados referentes aos novos pontos monitorados durante a fase de pós-enchimento no Reservatório do Xingu e no Reservatório Intermediário não foram considerados na análise multivariada, visto que o número de observações existentes, referente a uma única campanha de cheia (abril de 2016) não é suficiente para a aplicação da análise de forma consistente. Desta forma, a análise multivariada será realizada para o próximo Relatório Consolidado, com a inclusão dos dados obtidos na campanha de julho de 2016, correspondente ao período de vazante, o que irá possibilitar, assim, maior robustez à análise. Desta forma, será realizada uma análise comparativa entre os dados obtidos durante a fase anterior ao enchimento, com os dados que estão sendo obtidos durante a fase de pós-enchimento, visando, assim, avaliar as possíveis alterações ocorridas no sistema após a formação dos reservatórios.

A variação das condições hidrológicas e climáticas nos distintos períodos e ciclos hidrológicos influenciaram as condições ambientais nos pontos do rio Xingu. A grande dispersão de pontos de coleta no plano fatorial da Análise de Componentes Principais (ACP) indicou que houve ampla variação da qualidade da água no decorrer das campanhas de enchente e cheia nos cinco ciclos hidrológicos. O resultado gráfico desta análise exploratória, para se avaliar quais variáveis de qualidade da água foram relevantes, nos diferentes períodos hidrológicos é apresentado na **Figura 11.4.1 - 2**.

Por outro lado, a partir do gráfico do plano fatorial das variáveis, é possível verificar que várias delas estiveram correlacionadas no decorrer das campanhas.

No eixo do fator 1 (horizontal), verifica-se no quadrante esquerdo um aglomerado de variáveis que se correlacionam, tais como turbidez, material em suspensão, íons como sódio, magnésio e cálcio, bem como fósforo total, as quais caracterizam os períodos de enchente, uma vez que essas variáveis apresentaram valores mais elevados nesse período. Em oposição, as variáveis profundidade, transparência e potencial redox estiveram correlacionadas no quadrante direito, as quais caracterizam os períodos de cheia. Portanto, o eixo 1 pode ser atribuído ao fator ciclo hidrológico na variabilidade do rio Xingu.

A análise da **Figura 11.4.1 - 2**, considerando as informações do **Quadro 11.4.1 - 2**, que apresenta os fatores de carregamentos gerados pela ACP, permitiu identificar que, das 28 variáveis analisadas, 13 apresentaram fatores de carregamento nos eixos estimados (1 e 2) menores do que 0,5⁶, sendo, portanto, consideradas como irrelevantes em relação à variabilidade das condições da água do rio Xingu. Assim, as demais variáveis consideradas relevantes na ACP, 15 no total, foram empregadas na Análise de Discriminante (AD), de modo a se evidenciar as características dos

⁶ O valor limite de 0,5 do fator de carregamento resultantes da ACP foi adotado de forma a padronizar a escolha das variáveis mais relevantes para todas as análises de discriminantes, ou seja, valores estes sempre superiores a 50 %.

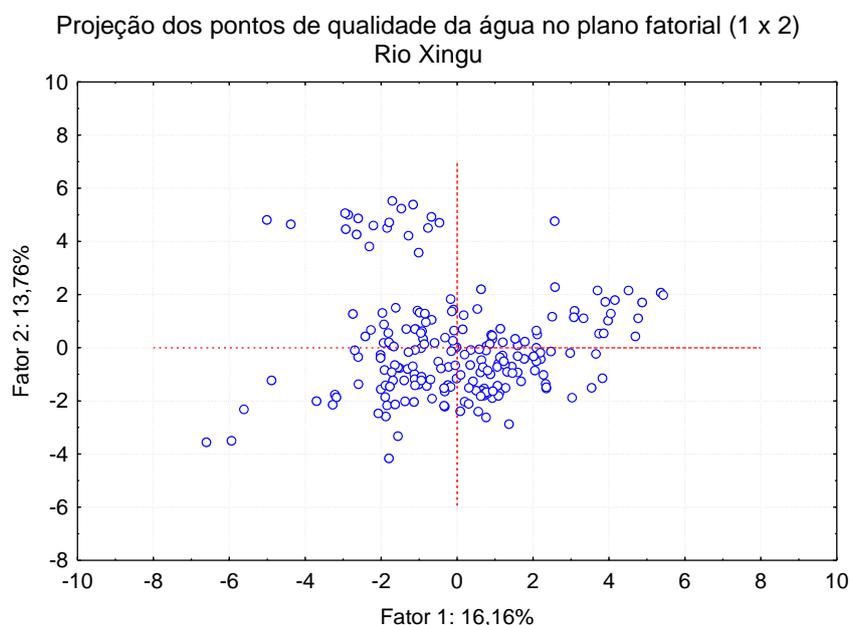
conjuntos de dados obtidos nas campanhas no decorrer do monitoramento. A representação gráfica da AD aplicada aos resultados obtidos nos pontos de coleta do rio Xingu é apresentada na **Figura 11.4.1 - 3**.

Os marcadores referentes a cada período do ciclo hidrológico foram distinguidos da seguinte forma:

- Círculos preenchidos: correspondentes ao período de enchente;
- Triângulos abertos: correspondentes ao período de cheia;

Tais marcadores foram, também, caracterizados por cores distintas de forma a representar os diferentes ciclos hidrológicos:

- Vermelhos: referentes ao 1º ciclo hidrológico (dezembro de 2011 e março de 2012);
- Verdes: referentes ao 2º ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2013);
- Azuis: referentes ao 3º ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2014);
- Amarelos: referentes ao 4º ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2015);
- Roxos: referentes ao 5º ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2016).



Projeção das variáveis de qualidade da água no plano fatorial (1 x 2)
Rio Xingu

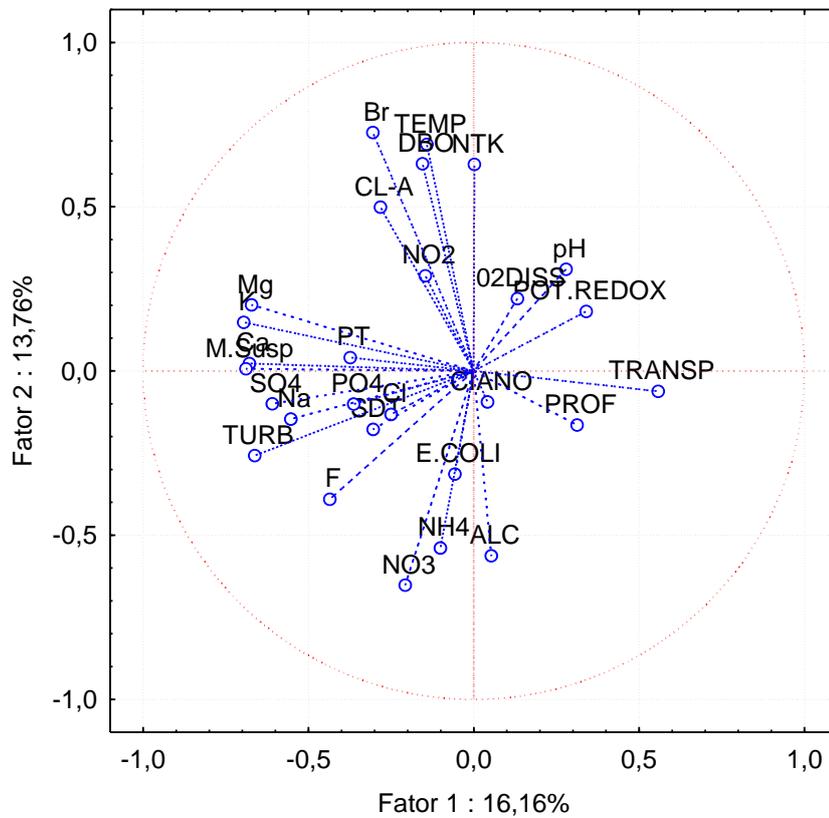


Figura 11.4.1 - 2 – Análise de Componentes Principais (ACP) baseada nas variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

Quadro 11.4.1 - 2 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico para os cinco ciclos hidrológicos (dezembro 2011 a abril de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes.

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Brometo	-0,305343	0,725908
Potássio	-0,695966	0,148097
Mat. Susp. Total	-0,689317	0,006541
Temperatura	-0,142247	0,689964
Cálcio	-0,678469	0,022189
Magnésio	-0,672213	0,201133
Turbidez	-0,662447	-0,257588
Sulfato	-0,609721	-0,099872
Nitrato	-0,207401	-0,652073
DBO	-0,154870	0,630694
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,001926	0,628759
Alcalinidade	0,053224	-0,563120
Transparência	0,557893	-0,061495
Sódio	-0,553827	-0,146662
Amônio	-0,100915	-0,539430
Fluoreto	-0,435770	-0,390394
Fósforo total	-0,373946	0,040525
Fosfato	-0,362860	-0,101216
Sólidos totais dissolvidos	-0,304650	-0,177668
Clorofila-a	-0,282395	0,498439
Cloreto	-0,250726	-0,131677
Nitrito	-0,146122	0,289967
<i>E. coli</i>	-0,057551	-0,314056
Cianobactérias	0,041610	-0,093748
O2 dissolvido	0,131796	0,220063
pH	0,279304	0,309946
Profundidade	0,312120	-0,164285
Potencial redox	0,339905	0,181712

Os eixos resultantes da análise explicam juntos 69,13 % da variabilidade ocorrida na área, sendo que o “eixo 1” respondeu por 44,43 % e o “eixo 2” 24,70 % deste total.

Observou-se uma considerável distinção entre a campanha de enchente do primeiro ciclo hidrológico (pontos redondos em vermelho na **Figura 11.4.1 - 3**) com as campanhas dos demais ciclos monitorados (amarelo, verde, azul), corroborada pelas

diferenças hidrológicas e de pluviosidade anteriormente citadas. Na enchente do primeiro ano (Enc_1), houve elevados valores de DBO, brometo e nitrogênio total Kjeldahl, sendo que nas enchentes do segundo (Enc_2), terceiro (Enc_3) e quarto (Enc_4) ciclos hidrológicos prevaleceram os valores mais elevados de turbidez e material em suspensão total. O aumento destas variáveis pode estar relacionado ao início do período das chuvas, que promovem o aumento do aporte de material alóctone da bacia ao rio Xingu, tornando suas águas mais turvas neste período.

Em relação aos períodos de cheia (marcadores triangulares), verificou-se que houve pouca distinção entre as campanhas dos quatro primeiros ciclos hidrológicos, não evidenciando, portanto, alterações interanuais tão evidentes, os quais se acumularam no quadrante inferior, no qual prevaleceram valores mais elevados de transparência da água. Exceção foi observada no 5º ciclo hidrológico, correspondente ao ano de 2016 (em roxo), no qual houve uma inversão das áreas de acúmulo dos marcadores no plano fatorial, ou seja, os marcadores referentes à enchente (janeiro de 2016) se acumularam no quadrante inferior, juntamente com os marcadores referentes ao ciclo de cheia dos anos anteriores, ao passo que os marcadores referentes à cheia de 2016 se acumularam no quadrante superior, juntamente com os marcadores referentes ao ciclo de enchente dos anos anteriores.

Esse resultado possivelmente está relacionado às condições distintas do regime de precipitação verificadas no quinto ciclo hidrológico, cujo pico ocorreu em abril e maio de 2016, ou seja, com atraso em relação aos anos anteriores, bem como às alterações hidrológicas ocorridas no rio Xingu após a formação do Reservatório do Xingu nesse ano, tendo como consequência, alterações também nas condições físicas e químicas da água tanto a montante como a jusante da barragem. Algumas dessas alterações foram: o aumento do tempo de residência da água, aumento da profundidade e da área marginal do reservatório do Xingu, bem como a redução na vazão e do pico de cheia no Trecho de Vazão Reduzida, mesmo considerando-se o Hidrograma de Consenso B.

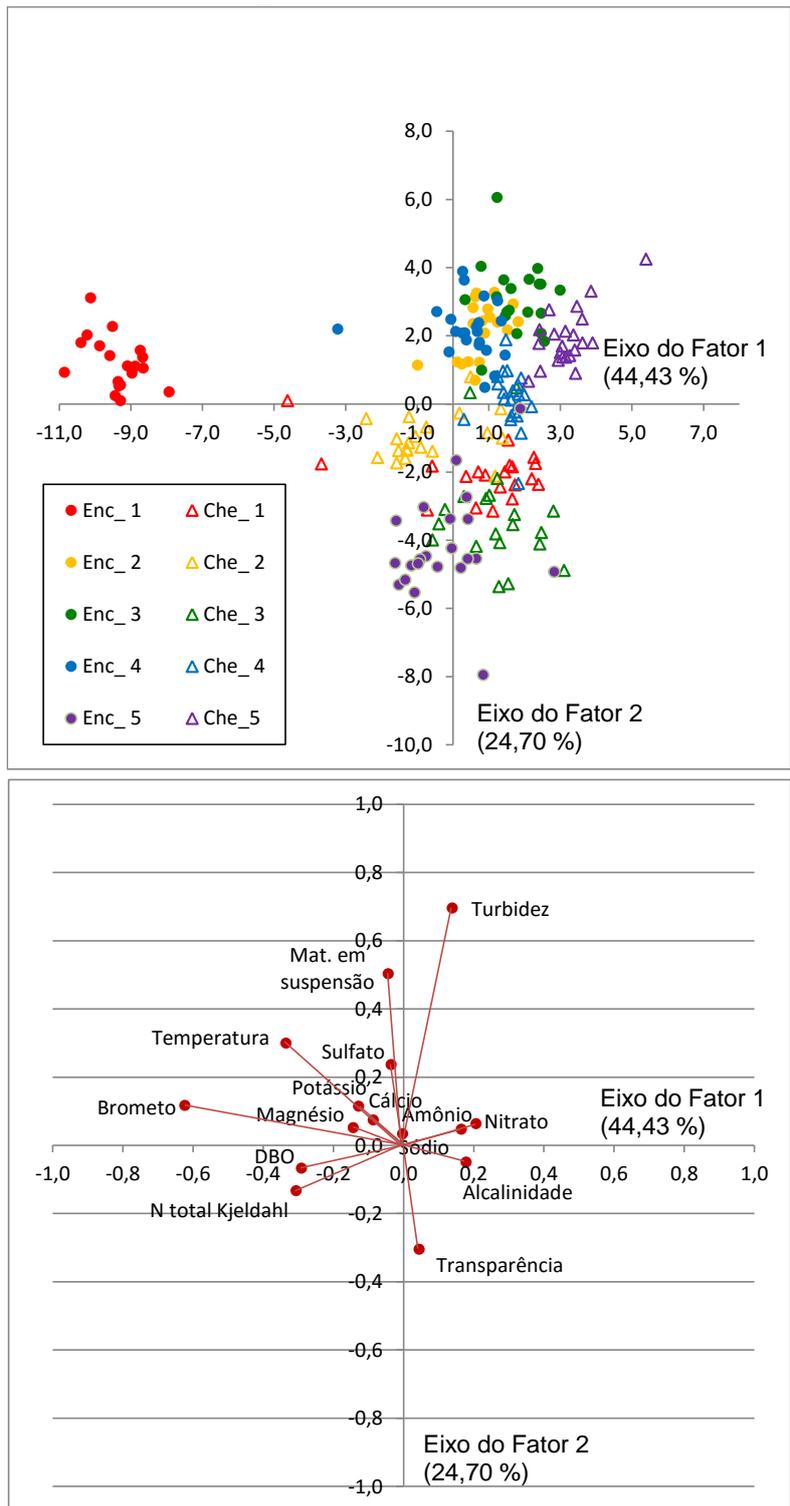


Figura 11.4.1 - 3 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia referentes ao monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

11.4.1.2.1.1.B. PONTOS DE COLETA EM TRIBUTÁRIOS DO RIO XINGU

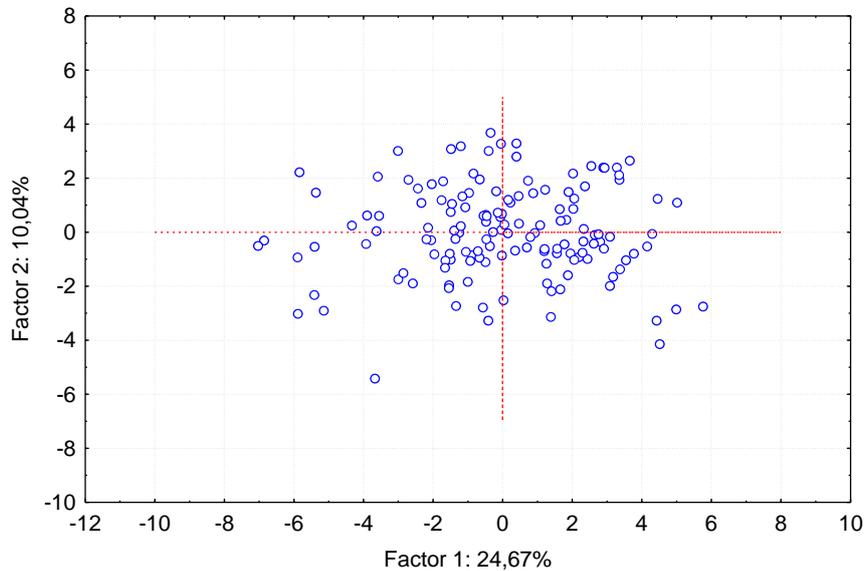
Nesta análise foram considerados os pontos localizados em todos os tributários do rio Xingu monitorados nas campanhas de enchente e cheia, tais como os igarapés Panelas, Altamira, Ambé, Di Maria e Galhoso na área do Reservatório do Xingu; o rio Bacajá (pontos BAC 02 e BAC 03) e o igarapé Chocai na área do Trecho de Vazão Reduzida; os igarapés Santo Antônio e Tucuruí no Trecho de Restituição de Vazões, e os igarapés Aturiá, Cobal, Cajueiro, Ticaruca e Paquiçamba, a jusante da área do Reservatório Intermediário.

A Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada às variáveis de qualidade da água registrada nos tributários também demonstrou que houve ampla variação temporal na área de monitoramento, o que pode ser visualizada no gráfico *biplot* (**Figura 11.4.1 - 4**).

De forma semelhante às variáveis do rio Xingu, foi possível verificar agrupamentos de eixos das variáveis correlacionadas no plano fatorial, como no caso dos íons cálcio, magnésio, potássio e alcalinidade, assim como sólidos totais dissolvidos, turbidez, fluoreto e fósforo total, que apresentaram valores mais elevados no período de enchente.

Os fatores de carregamento de doze variáveis analisadas não apresentaram valores acima de 0,5 para nenhum dos eixos estimados (1 e 2) e, portanto, não foram significantes na variabilidade da qualidade da água registrada no monitoramento (**Quadro 11.4.1 - 3**).

Projeção dos pontos de qualidade da água no plano fatorial (1 x 2)
Tributários



Projeção das variáveis de qualidade da água no plano fatorial (1 x 2)
Tributários

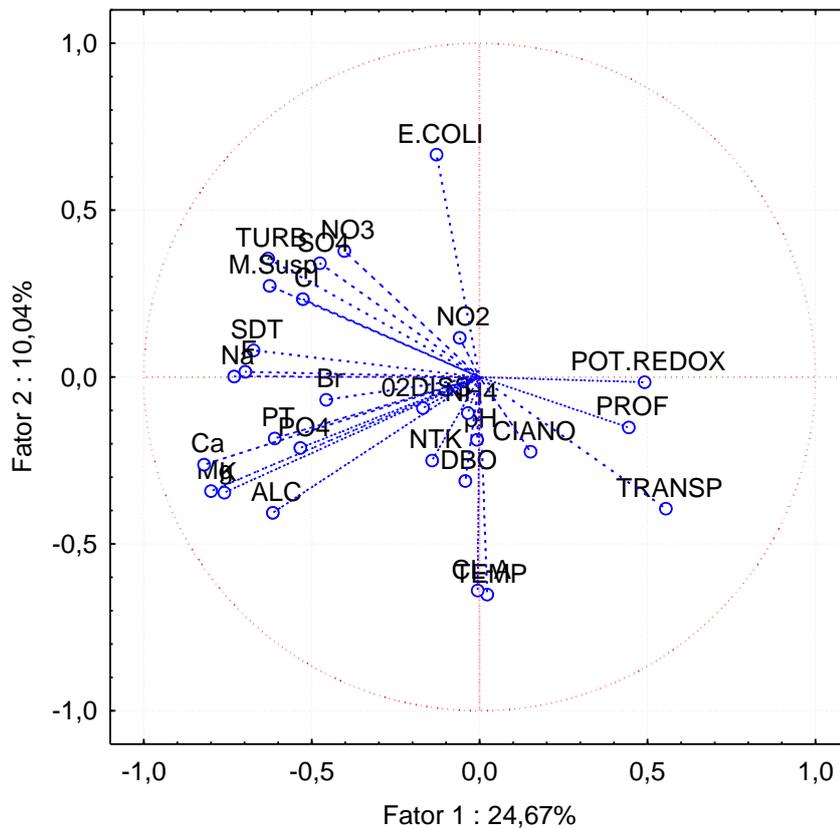


Figura 11.4.1 - 4 – Análise de Componentes Principais (ACP) baseada nas variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia referente ao monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

Quadro 11.4.1 - 3 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados dos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Cálcio	-0,820412	-0,261813
Magnésio	-0,799915	-0,341412
Potássio	-0,760614	-0,346505
Sódio	-0,731069	0,001718
Fluoreto	-0,698184	0,015685
Sólidos dissolvidos totais	-0,673483	0,079480
<i>E. coli</i>	-0,128039	0,666391
Temperatura	0,022304	-0,651632
Clorofila- <i>a</i>	-0,005403	-0,639587
Turbidez	-0,630769	0,355565
Material em suspensão total	-0,625698	0,273223
Alcalinidade	-0,615807	-0,406424
Fósforo total	-0,609996	-0,184668
Transparência	0,554258	-0,393824
Fosfato	-0,533508	-0,212659
Cloreto	-0,526091	0,234021
Sulfato	-0,475867	0,340740
Brometo	-0,457011	-0,067971
Nitrato	-0,403369	0,377464
O ₂ dissolvido	-0,169243	-0,092967
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,142315	-0,250546
Nitrito	-0,059865	0,117279
DBO	-0,042813	-0,311620
Amônio	-0,035231	-0,107353
pH	-0,007295	-0,187638
Cianobactéria	0,151904	-0,223633
Profundidade	0,443703	-0,150895
Potencial redox	0,491066	-0,015599

As demais dezesseis variáveis que apresentaram fatores de carregamento superiores a 0,5 e consideradas como relevantes sobre a variabilidade registrada nos igarapés foram, portanto, aplicadas na Análise de Discriminante (AD).

A representação gráfica da AD aplicada aos resultados obtidos nos pontos de coleta nos tributários é apresentada na **Figura 11.4.1 - 5**. Os eixos resultantes da análise

explicaram, somados, 61,94 % da variabilidade ocorrida, sendo que o “eixo 1” respondeu por 38,38 % e o “eixo 2” 23,56 % deste total.

Em geral, foi verificada uma distinção entre as áreas de acúmulo dos marcadores referentes aos dois (2) ciclos hidrológicos (enchente e cheia). Os marcadores referentes ao período de enchente se acumularam, predominantemente, nos quadrantes inferiores do plano fatorial, ao passo que os marcadores de cheia se acumularam no quadrante superior. Exceção foi novamente verificada em relação aos marcadores do quinto ciclo hidrológico (janeiro de 2016), porém, só em relação ao período de enchente, os quais se acumularam predominantemente no quadrante superior, mas na posição mais central do plano fatorial, possivelmente relacionada às condições distintas do regime pluviométrico. Já os marcadores referentes ao período de cheia do quinto ciclo hidrológico se mantiveram juntamente com os demais marcadores de cheia dos anos anteriores, ou seja, as condições nos tributários nesse período foram semelhantes para os cinco (5) ciclos hidrológicos. Esse resultado demonstra que as alterações resultantes da formação do Reservatório do Xingu e do Reservatório Intermediário não evidenciam alterações nas condições físicas e químicas dos tributários no período de cheia.

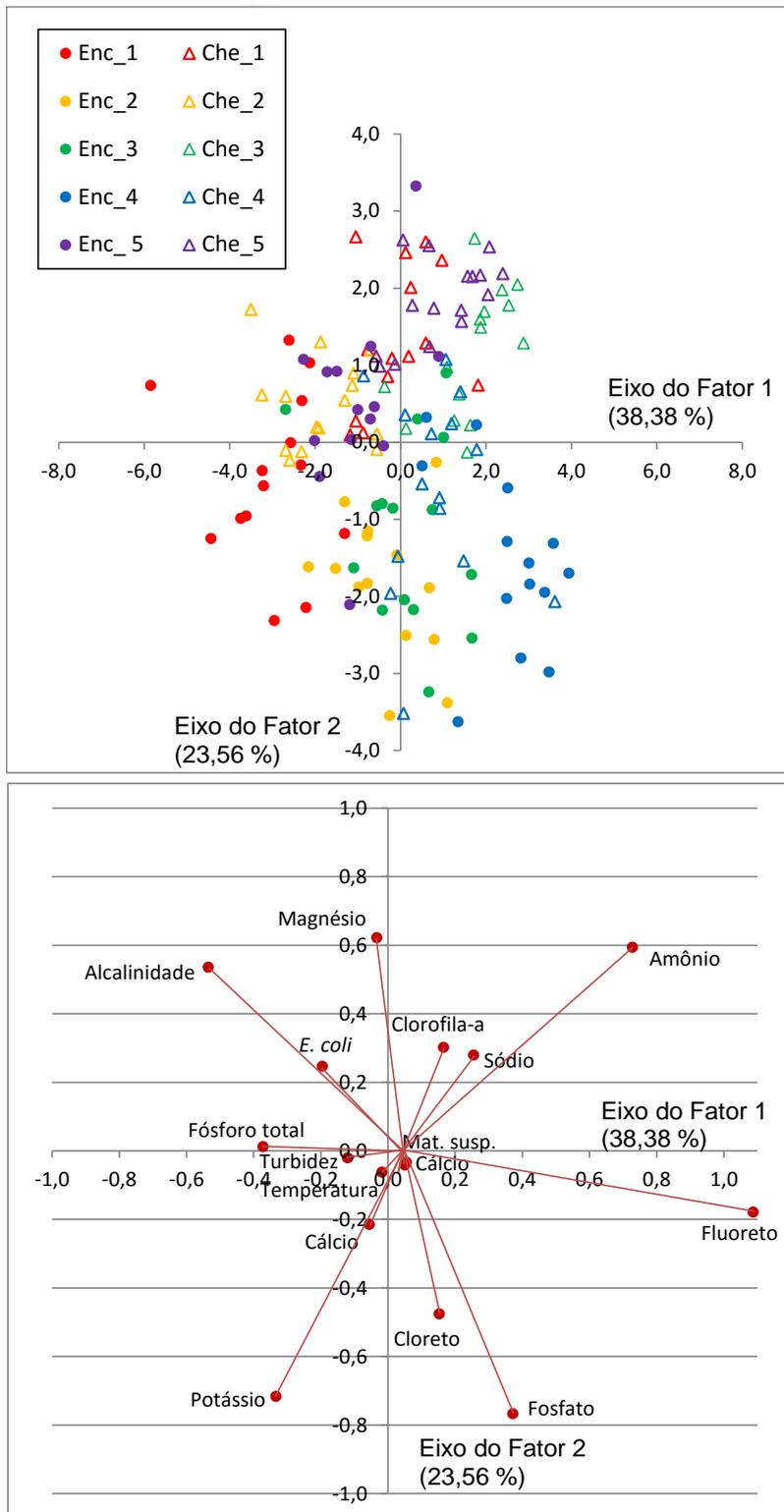


Figura 11.4.1 - 5 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

11.4.1.2.1.1.C. OUTRAS VARIÁVEIS

Como citado anteriormente, as variáveis selecionadas inicialmente para compor as análises estatísticas multivariadas apresentaram valores detectáveis pelos métodos empregados. Além disso, é redundante alguma outra variável mais importante em termos ecológicos ou ambientais e que tiveram alguma variabilidade entre os fatores analisados, ou seja, variaram em função das áreas ou das campanhas avaliadas. As variáveis que não foram selecionadas e, portanto, não citadas nas análises acima, são brevemente abordadas nos parágrafos a seguir.

A concentração de coliformes totais não foi utilizada nas análises multivariadas por apresentar redundância com a concentração dos coliformes fecais (*E. coli*). Os coliformes totais foram mais abundantes no igarapé Altamira (ALT02), que recebia parte do esgoto não tratado da área urbana, principalmente das palafitas (que foram retiradas antes do enchimento do reservatório), influência de propriedades rurais, e, também, nos igarapés localizados a jusante da área do Reservatório Intermediário (IGCO, IGCAJ e Aturiá), que sofrem influência, também, de propriedades rurais para a criação de gado em toda a sua área de abrangência. Os desvios padrão foram acentuados ao longo do monitoramento, indicando que houve elevada variabilidade temporal da concentração de coliformes totais (**Figura 11.4.1 - 6**).

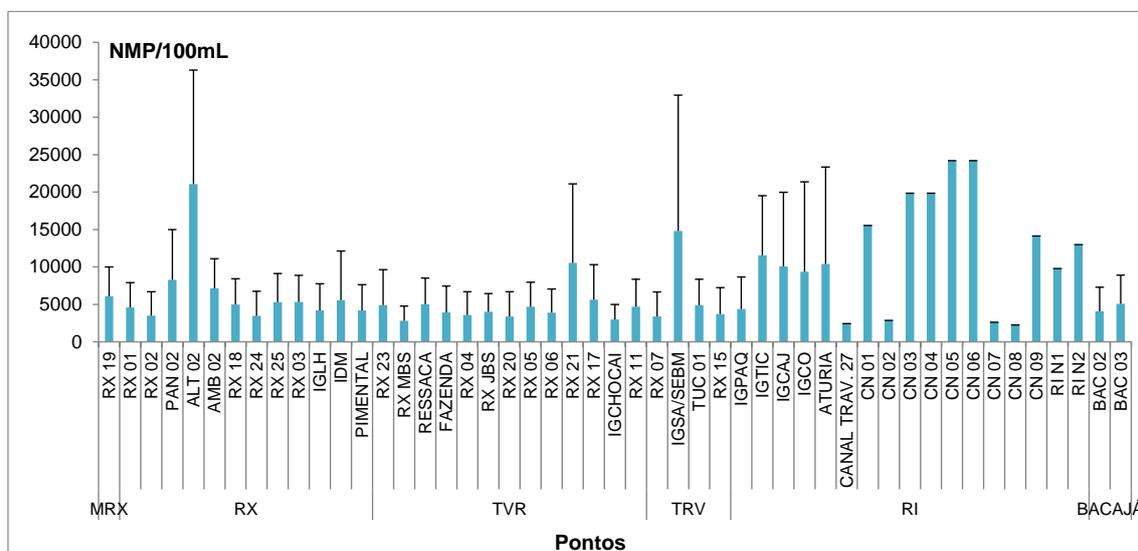


Figura 11.4.1 - 6 – Médias (em azul) e desvio padrão (em preto) das concentrações de coliformes totais nas campanhas trimestrais de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016). MRX: montante do Reservatório do Xingu; RX: reservatório do Xingu; TVR/VG: trecho de vazão reduzida/Volta Grande; JCFP/TRV: jusante da casa de força principal/trecho de restituição da vazão; RI: Reservatório Intermediário; BAC: rio Bacajá.

Os teores dos metais dissolvidos na água como o cádmio (Cd), alumínio (Al), manganês (Mn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), arsênio (As), zinco (Zn), selênio (Se) e mercúrio (Hg) não foram empregados nas análises multivariadas pelo fato de

terem apresentado elevado contingente de valores abaixo do limite de detecção, ou seja, abaixo dos valores máximos permitidos, indicando ausência de contaminação por metais pesados na área de influência da UHE Belo Monte, mesmo com a intensificação das atividades das obras do empreendimento, com alteração dos cursos dos igarapés, supressão vegetal e construção de diques. Após a formação dos reservatórios, os metais continuaram apresentando valores abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, não evidenciando, portanto, contaminações nas áreas monitoradas.

Situação semelhante ocorreu para o íon fosfato e para a concentração de óleos e graxas, sendo que esta variável foi analisada de forma mais específica no **Anexo 11.4.1 - 6**, em que aborda as variações das variáveis referentes à qualidade da água em cada um dos pontos, em todas as campanhas trimestrais realizadas.

A concentração de pesticidas na água, em todos os resultados obtidos, até a décima nona campanha trimestral (abril de 2016), esteve abaixo do limite de detecção, ou seja, abaixo dos valores máximos permitidos, indicando ausência de contaminação por pesticidas.

11.4.1.2.1.1.D. CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

A análise multivariada da qualidade da água do rio Xingu e tributários na área de influência da UHE Belo Monte indicou, como esperado, variabilidade entre campanhas de enchente e cheia ao longo do monitoramento, por terem sido realizadas em distintos períodos hidrológicos e relacionadas ao pulso de inundação na bacia hidrográfica. A diferença observada entre a primeira campanha de enchente e as demais campanhas deste período foi claramente associada a diferenças de pluviosidade, ou seja, pela variação interanual entre períodos hidrológicos iguais.

As diferenças interanuais observadas entre as quatro (4) primeiras campanhas de cheia, correspondente ao período de pré-enchimento, não foram tão evidentes, o que fornece um indicativo de que as atividades antrópicas na bacia hidrográfica não alteraram de forma significativa a qualidade da água na região, ao longo do monitoramento. Já as diferenças detectadas pela análise discriminante em relação ao quinto ciclo hidrológico no rio Xingu, referente aos meses de janeiro e abril de 2016, possivelmente estão relacionadas às condições pluviométricas distintas observadas neste ano, cujo pico ocorreu nos meses de abril e maio, sendo que nos anos anteriores ocorreu nos meses de fevereiro e março, bem como à formação do reservatório do Xingu nesse período, o qual alterou as condições hidrológicas do rio e, como consequência, as características físicas e químicas da água.

11.4.1.2.1.2. ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DO SEDIMENTO

11.4.1.2.1.2.A. PONTOS DE COLETA NO RIO XINGU

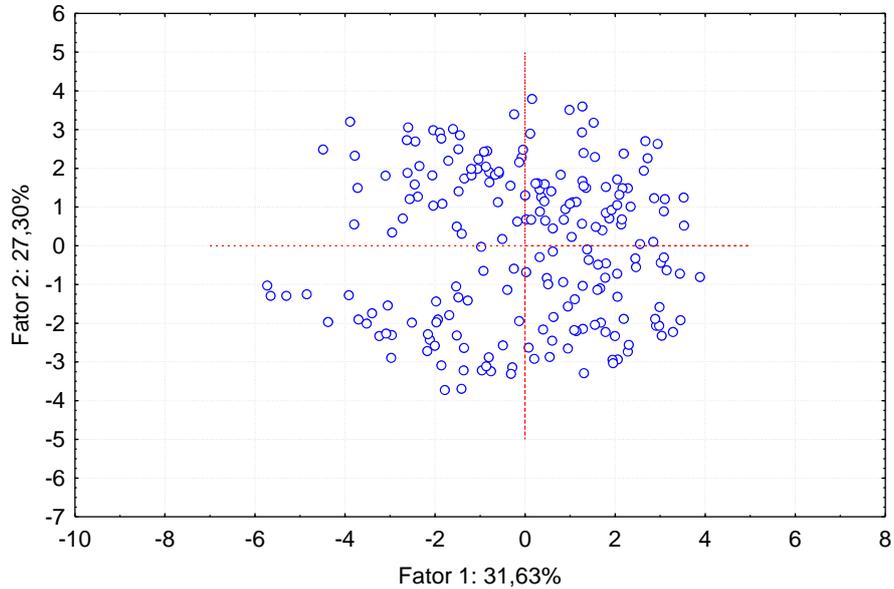
Nesta análise foram considerados os dados de sedimento dos pontos localizados em todos os compartimentos do rio Xingu, tais como as áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), do Reservatório do Xingu (RX), do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e Trecho de Restituição de Vazão (TRV), procedimento este adotado nos relatórios anteriores.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada às variáveis de qualidade do sedimento nos pontos de coleta do rio Xingu, de modo a ordenar as distintas campanhas e realizar uma análise exploratória para avaliar quais variáveis foram relevantes sobre a variabilidade registrada.

A **Figura 11.4.1 - 7** apresenta os resultados da análise e se evidenciou correlação positiva entre um grande conjunto de variáveis no lado esquerdo do gráfico *biplo*, formado por metais (alumínio, ferro, e manganês), nutrientes (carbono, nitrogênio e fosforo) e amostras de sedimento de grãos menores (areia muito fina, silte e argila).

Outro conjunto de variáveis correlacionadas foi formado por areias de partículas maiores (areia média, grossa e muito grossa). A variável areia fina não foi correlacionada com nenhuma outra. A estimativa dos fatores de carregamento pela Análise de Componentes Principais permitiu identificar que somente a areia fina, alumínio e matéria orgânica não foram relevantes para a variabilidade registrada ao longo do monitoramento. As demais variáveis apresentaram fatores de carregamento superiores a 0,5, sendo, portanto, relevantes para a variabilidade ambiental entre as campanhas analisadas (**Quadro 11.4.1 - 4**).

Projeção dos pontos de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Rio Xingu



Projeção das variáveis do sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Rio Xingu

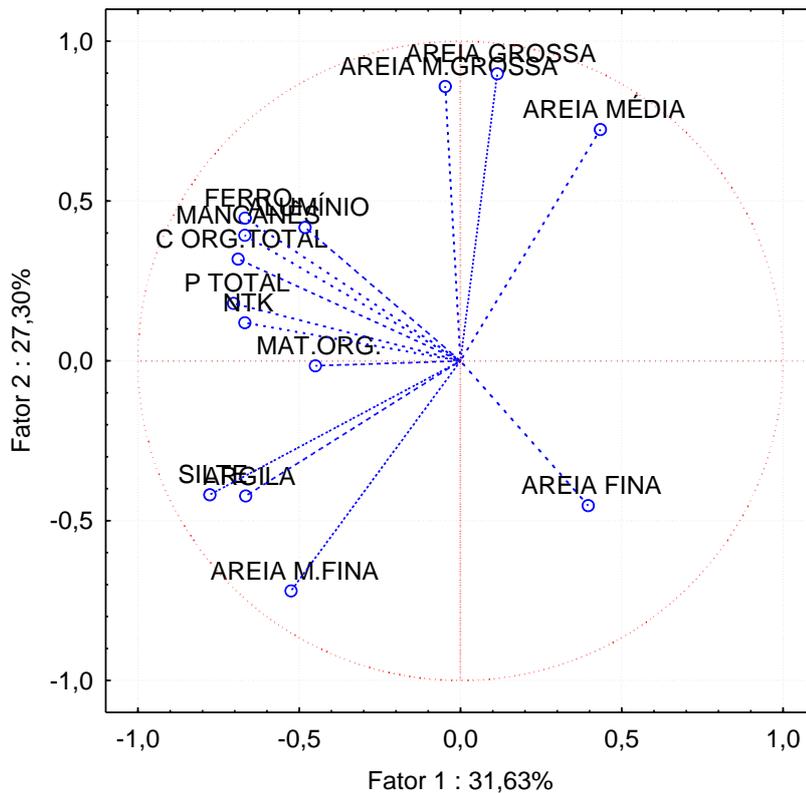


Figura 11.4.1 - 7 – Análise de Componentes Principais (ACP) baseada nas variáveis de qualidade do sedimento nos pontos de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

Quadro 11.4.1 - 4 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade do sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados dos pontos de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes.

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Areia grossa	0,113308	0,898196
Areia muito grossa	-0,047668	0,858841
Silte	-0,777441	-0,418690
Areia média	0,433785	0,723807
Fósforo total	-0,704063	0,179765
Carbono orgânico total	-0,688974	0,318036
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,668532	0,119104
Manganês	-0,668504	0,393019
Ferro	-0,667886	0,447197
Argila	-0,665419	-0,422971
Areia muito fina	-0,525433	-0,719839
Alumínio	-0,481729	0,417171
Matéria orgânica	-0,449676	-0,015081
Areia fina	0,395534	-0,452790

Na sequência, as variáveis foram utilizadas para aplicação da Análise Discriminante (AD). A representação gráfica da AD é demonstrada na **Figura 11.4.1 - 8**. Houve uma acentuada sobreposição na área central do gráfico, de pontos correspondentes à maioria das campanhas dos cinco (5) ciclos hidrológicos de enchente e cheia. Tais resultados demonstram haver pouca variabilidade na qualidade dos sedimentos tanto entre os dois (2) ciclos hidrológicos distintos como entre os diferentes anos dos mesmos ciclos. Apenas os marcadores referentes às campanhas de enchente e cheia do primeiro ciclo hidrológico apresentaram agrupamentos predominantemente no quadrante esquerdo, se correlacionando com a elevada concentração de manganês, fósforo total e nitrogênio total Kjeldahl. Já os marcadores referentes ao quinto ciclo hidrológico se agruparam predominantemente no quadrante direito superior, correlacionando-se com areia muito grossa.

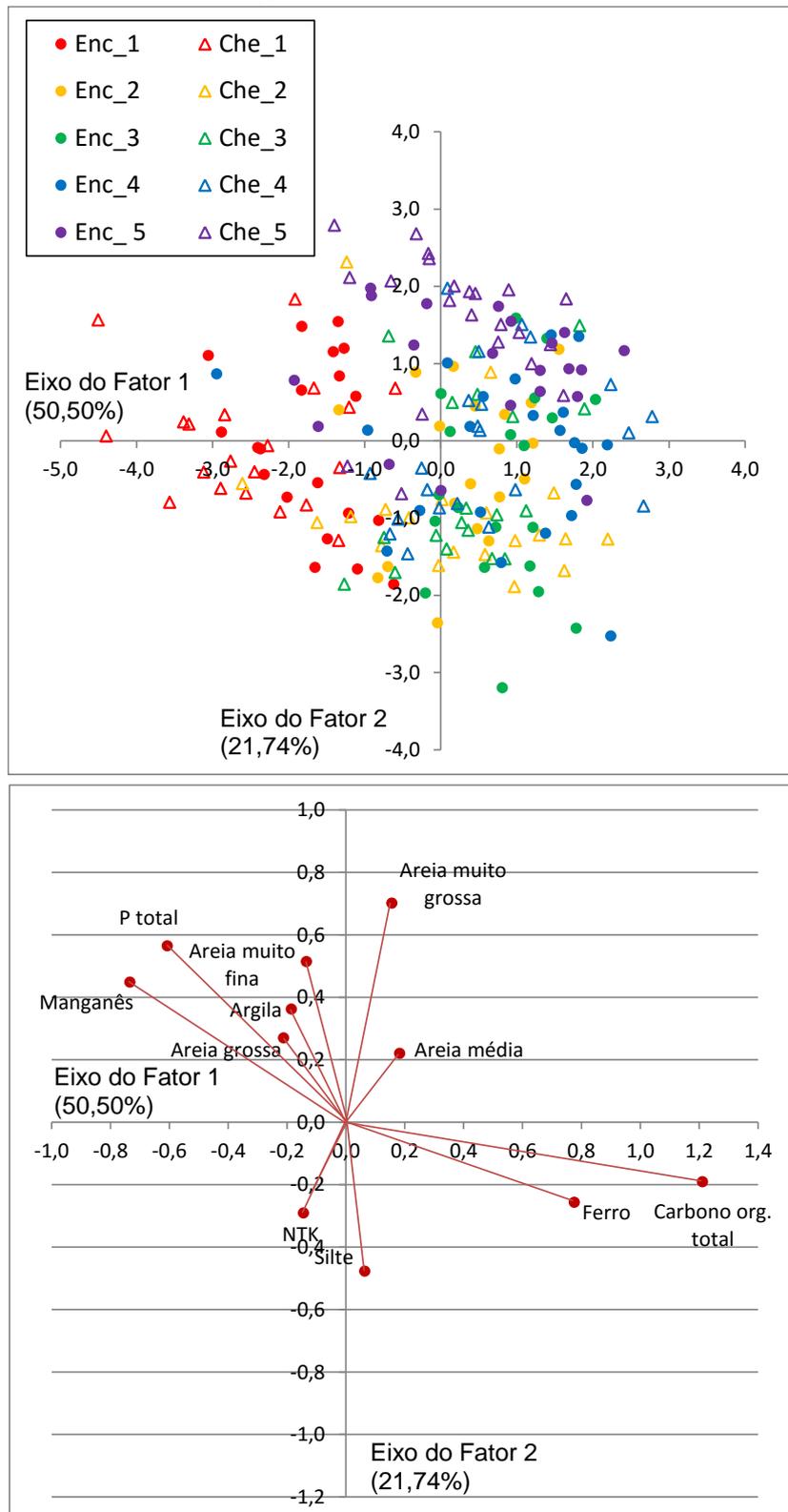


Figura 11.4.1 - 8 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade do sedimento nos pontos de coleta no rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

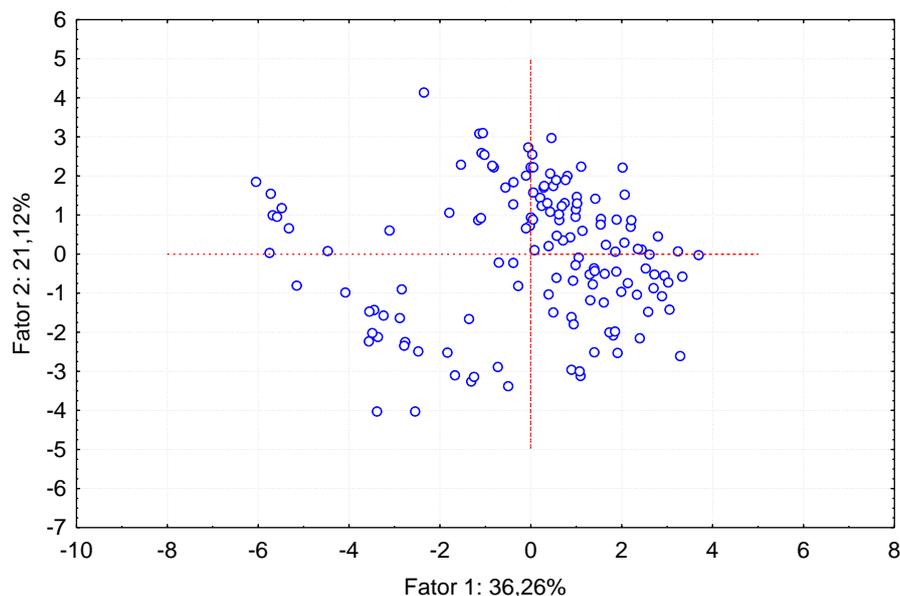
11.4.1.2.1.2.B. PONTOS DE COLETA EM TRIBUTÁRIOS DO RIO XINGU

Nesta análise foram considerados os dados de sedimento dos pontos localizados em todos os tributários do rio Xingu monitorados nas campanhas de enchente e cheia, tais como: os igarapés Panelas, Altamira, Ambé, Di Maria e Galhoso na área do Reservatório do Xingu; o rio Bacajá (pontos BAC 02 e BAC 03) e o igarapé Chocai na área do Trecho de Vazão Reduzida; os igarapés Santo Antônio e Tucuruí no Trecho de Restituição de Vazões, e os igarapés Aturiá, Cobal, Cajueiro, Ticaruca e Paquiçamba a jusante da área do Reservatório Intermediário.

A Análise de Componentes Principais (ACP) exploratória aplicada aos resultados de sedimento dos pontos de coleta nos tributários evidenciou um padrão semelhante aos demais enfoques anteriormente citados, em que os nutrientes e metais se correlacionaram entre si com sedimentos de grãos mais finos e areias mais grossas (**Figura 11.4.1 - 9**).

Com exceção da areia fina, os fatores de carregamento estimados, a partir desta análise, foram todos acima de 0,5, indicando que grande parte das variáveis foram relevantes na variação da qualidade e da granulometria do sedimento dos tributários do rio Xingu, entre as campanhas (**Quadro 11.4.1 - 5**).

Projeção dos pontos de coleta de sedimento no pl. fatorial (1 x 2)
Tributários



Projeção das variáveis de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Tributários

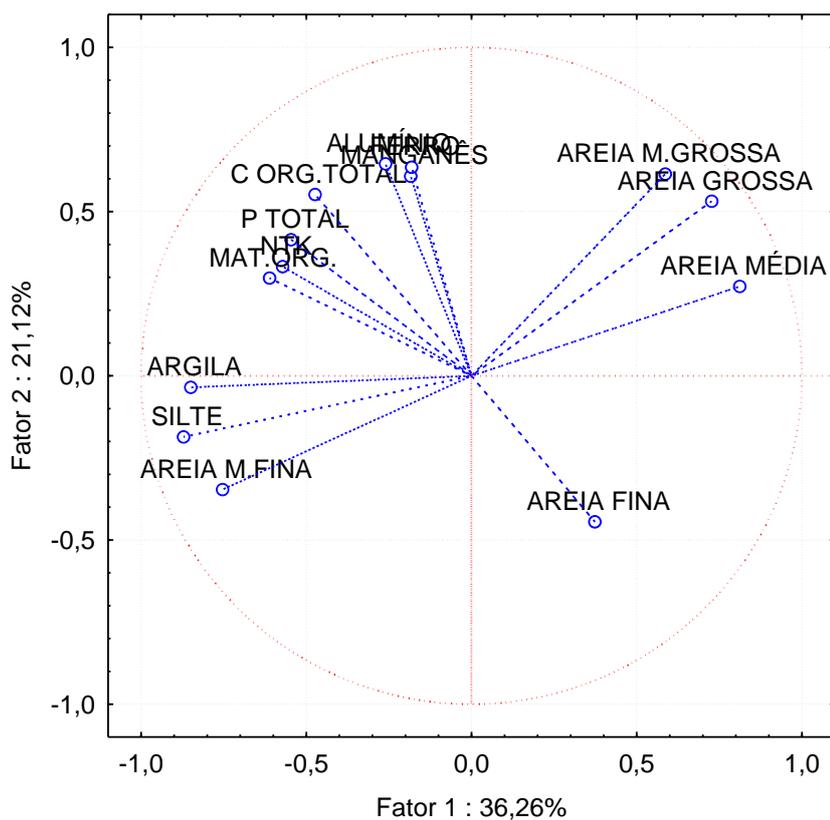


Figura 11.4.1 - 9 – Análise de Componentes Principais (ACP) baseada nas variáveis de qualidade do sedimento nos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco (5) ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

Quadro 11.4.1 - 5 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade do sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados dos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Silte	-0,871196	-0,185781
Argils	-0,850134	-0,035492
Areia média	0,811784	0,272433
Areia muito fina	-0,753786	-0,346490
Areia grossa	0,726574	0,531646
Alumínio	-0,260579	0,646023
Ferro	-0,181216	0,635613
Areia muito grossa	0,586426	0,614962
Matéria orgânica	-0,611043	0,297347
Manganês	-0,184343	0,608256
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,571715	0,332272
Carbono orgânico total	-0,473485	0,552801
Fósforo total	-0,545743	0,414722
Areia fina	0,373255	-0,444435

A Análise Discriminante (AD) aplicada ao conjunto de dados das variáveis selecionadas gerou dois (2) eixos que explicaram, somados, 82,81 % da variabilidade ocorrida entre as campanhas, sendo que o “eixo 1” respondeu por 74,40 % e o “eixo 2” por 8,41 % deste total, indicando que a posição horizontal no gráfico *biplot* apresentou maior importância na caracterização dos pontos.

De acordo com a representação gráfica da análise (**Figura 11.4.1 - 10**) houve semelhança das características do sedimento observadas no terceiro, quarto e quinto ciclos hidrológicos (marcadores em verde, azul e roxo), os quais se agruparam na porção central do plano fatorial. Já as campanhas do primeiro ciclo hidrológico, se agruparam em uma porção distinta do plano fatorial em relação aos marcadores dos demais ciclos, predominantemente no quadrante esquerdo superior, relacionados às concentrações elevadas de nitrogênio total Kjeldahl e ferro. Os marcadores das campanhas de enchente e cheia do segundo ciclo hidrológico (em amarelo), de forma distinta aos demais anos, se agruparam em porções opostas do plano fatorial, demonstrando que as características dos sedimentos foram bem diferentes entre os dois períodos naquele ano.

Os resultados apresentados mostram que os sedimentos amostrados nos tributários apresentam maior variabilidade sazonal e interanual em relação aos sedimentos do rio Xingu, possivelmente, em função da maior diversidade existente entre os diferentes

curtos de água, como distintas vazões, distintos leitos e distintos usos do solo nas respectivas bacias.

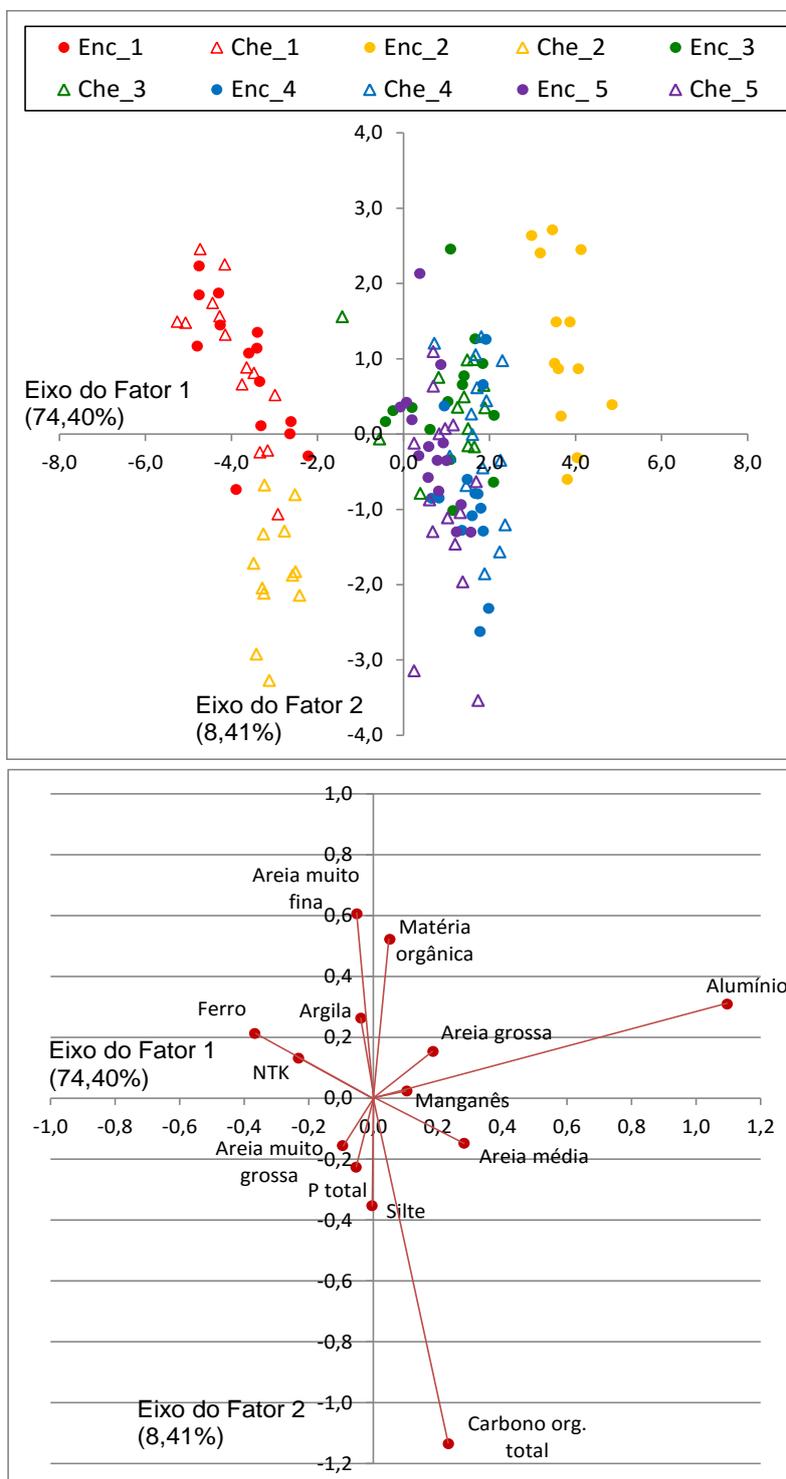


Figura 11.4.1 - 10 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade do sedimento nos pontos de coleta nos tributários do rio Xingu em campanhas de enchente e cheia do monitoramento limnológico nos cinco (5) ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

11.4.1.2.1.2.C. OUTRAS VARIÁVEIS

Como citado anteriormente, as variáveis selecionadas inicialmente para compor as análises estatísticas multivariadas apresentaram valores detectáveis pela metodologia de monitoramento e não apresentaram informação redundante à outra variável mais importante em termos ecológicos ou ambientais e que tiveram alguma variabilidade entre os fatores analisados, ou seja, variaram em função das áreas ou das campanhas avaliadas. As variáveis que não foram selecionadas e, portanto, não citadas nas análises acima, são brevemente abordadas nos parágrafos a seguir.

Os teores dos metais cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) não foram empregados nas análises pelo fato de terem apresentado elevado contingente de valores não detectáveis pelos métodos empregados, não sendo adequados para uma análise integradora. Porém, a inclusão desses metais no monitoramento foi necessária visto que, mesmo em baixas concentrações, possuem elevada toxicidade tanto para a biota aquática quanto para os humanos. Frente à quantidade de campanhas realizadas e à baixa frequência de ocorrência de concentrações de metais pesados acima do limite de detecção, pode-se afirmar que não se constituem como um problema ambiental relevante para a área analisada, mesmo com a intensificação das atividades das obras do empreendimento, com supressão vegetal e alteração de cursos de igarapés para construção dos Diques no Reservatório Intermediário.

Este componente (sedimento) foi analisado de forma mais específica no **Anexo 11.4.1 - 7**, em que aborda as variações das variáveis de qualidade do sedimento em cada um dos pontos em todas as campanhas trimestrais realizadas nos cinco ciclos hidrológicos do monitoramento.

Em relação à concentração de pesticidas no sedimento, de acordo com todos os resultados obtidos até a décima nona campanha trimestral (abril de 2016), não foi registrada ocorrência de valores acima do valor de detecção pela metodologia empregada, o que demonstra que as áreas monitoradas no Projeto não apresentam níveis de contaminação neste compartimento do sistema.

11.4.1.2.1.2.D. CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DO SEDIMENTO

A qualidade do sedimento do rio Xingu apresentou baixa variabilidade entre as campanhas analisadas. Maior variabilidade foi observada nos sedimentos dos tributários do rio Xingu, principalmente nos dois primeiros ciclos hidrológicos monitorados. Aparentemente, tal fato não foi um indicativo de deterioração ambiental em termos de acúmulo de metais e nutrientes no sedimento, e sim resultante das características hidrológicas do sistema, o que fornece um indicativo de que as atividades antrópicas na bacia hidrográfica não alteraram de forma significativa a qualidade do sedimento na região, ao longo do monitoramento. A maior variabilidade dos sedimentos amostrados nos tributários, em relação aos sedimentos do rio Xingu,

possivelmente está relacionada à diversidade existente entre os diferentes cursos de água, como distintas vazões, distintos leitos e distintos usos do solo nas respectivas bacias.

11.4.1.2.1.3. BIOTA AQUÁTICA

Os resultados de riqueza, abundância, diversidade e composição das comunidades biológicas (fitoplâncton, zooplâncton e macrofauna bentônica) do monitoramento limnológico trimestral da área de influência da UHE Belo Monte das campanhas de enchente e cheia realizadas nos cinco (5) ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016) são apresentados a seguir.

No **Anexo 11.4.1 - 8** são apresentados os resultados consolidados das comunidades bióticas aquáticas obtidos nas 19 campanhas realizadas até o presente momento.

11.4.1.2.1.3.A. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

A oscilação temporal e espacial da riqueza de gêneros do fitoplâncton na enchente e cheia dos cinco (5) ciclos hidrológicos do monitoramento limnológico trimestral nas áreas de influência da UHE Belo Monte está demonstrada na **Figura 11.4.1 - 11**. Estão considerados, também, os resultados dos pontos localizados no Reservatório Intermediário, obtidos na campanha de abril de 2016.

Nota-se que os pontos localizados nos tributários, tais como os igarapés Panelas (PAN 02), Altamira (ALT 02), Chocai (IGCHOCAI), Santo Antônio (IGSA/SEBM) e os igarapés localizados a jusante da área do Reservatório Intermediário, bem como o rio Bacajá, apresentaram, em geral, menor riqueza de gêneros de fitoplâncton acumulada em relação aos pontos localizados no rio Xingu monitorados nos períodos de enchente e cheia desde dezembro de 2011.

A maior riqueza de gêneros observada no rio Xingu em relação à maioria dos tributários se deve muito à sua maior extensão e diversidade de habitats, com corredeiras, áreas de remanso, canais anastomosados, entre outros, os quais possibilitam a ocorrência de uma maior variedade de organismos fitoplanctônicos. Exceção foi observada no igarapé Tucuruí (TUC 01) no TRV, o qual apresentou riqueza na mesma ordem de grandeza do rio Xingu. As condições de água com menor correnteza neste igarapé, por estar localizado em uma área de planície, possivelmente favorece a ocorrência de maior variedade de fitoplâncton.

Em todas as áreas monitoradas houve, em geral, maior riqueza de gêneros de fitoplâncton no período de enchente em relação ao período de cheia. As condições mais turbulentas dos corpos de água no período de cheia possivelmente são desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton, tanto no rio Xingu, como nos tributários.

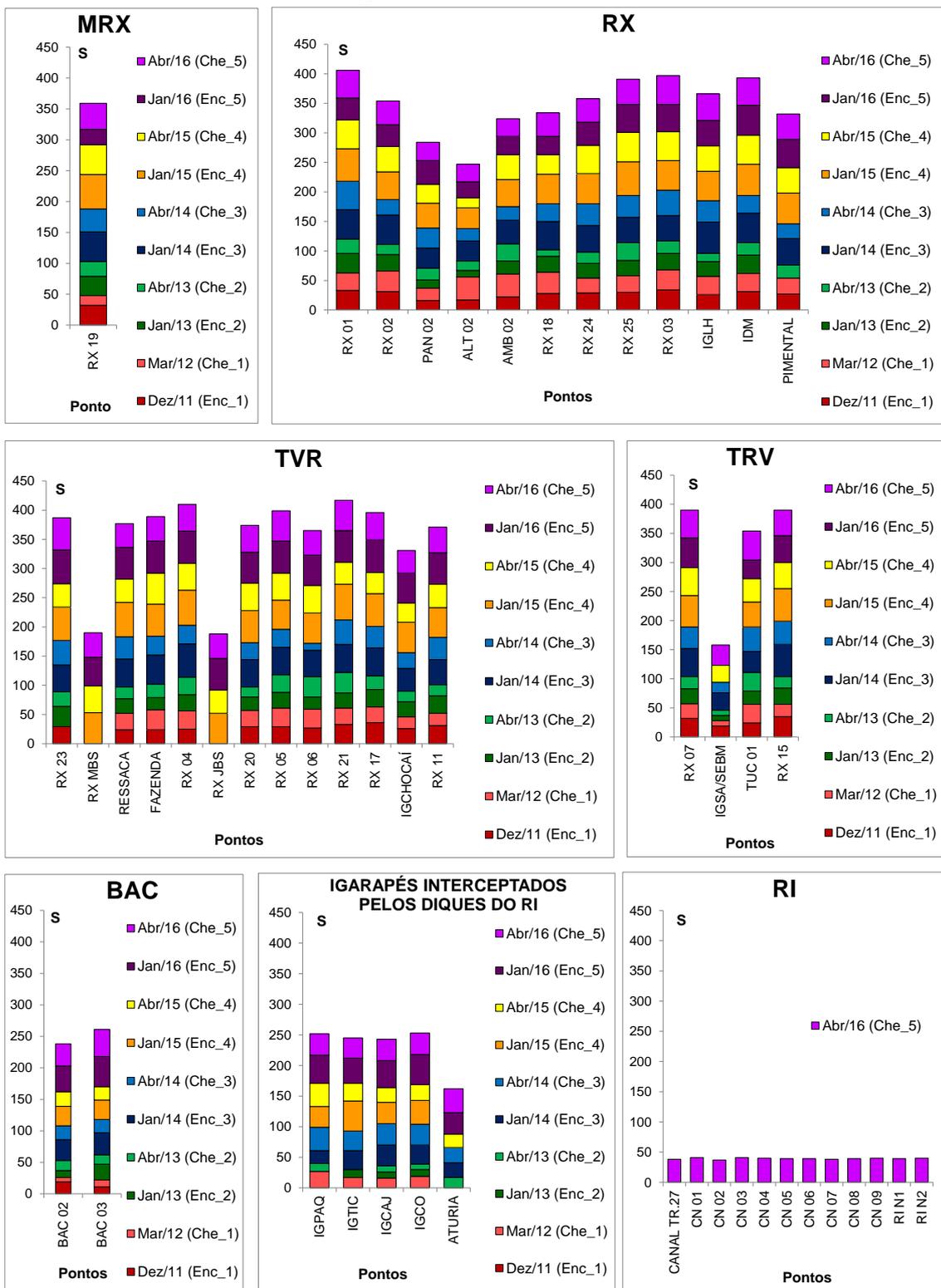


Figura 11.4.1 - 11 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a abril de 2016).

Em relação aos resultados de riqueza total de fitoplâncton no Reservatório Intermediário e abril de 2016, verifica-se que houve pouca variação entre os diferentes pontos de amostragem, e na ordem de grandeza semelhante aos valores obtidos nos demais pontos localizados nas distintas áreas de monitoramento. Tais resultados evidenciam uma homogeneidade de riqueza total de gêneros do fitoplâncton na fase inicial de formação do reservatório.

Já em relação à composição em Classes da comunidade nos pontos monitorados nas áreas a MRX, RX, TVR, Rio Bacajá, TRV e Igarapés interceptados pelo RI, foi registrada, tanto nas campanhas de enchente, quanto nas campanhas de cheia, a predominância de organismos de Bacillariophyceae, sendo o grupo mais representativo para o rio Xingu e seus tributários (**Figura 11.4.1 - 12**).

Outras Classes, como Chlorophyceae e Zygnematophyceae também apresentaram abundâncias moderadas, variando pouco nas distintas campanhas. Na campanha de cheia do quarto ciclo hidrológico (abril de 2015) a Classe Dinophyceae foi bastante significativa (21 % do total), representada pelo gênero *Peridinium*, principalmente, no ponto IGCAJ (18.154 org/L), localizado no Igarapé Cajueiro. Possivelmente a ocorrência deste gênero esteja associada às chuvas elevadas que ocorreram neste período. Ressalta-se que as cianobactérias apresentaram baixa abundância relativa ao longo de todo o monitoramento.

No caso de Euglenophyceae, foi registrado um aumento da sua abundância relativa nas 10ª e 11ª campanhas (Enc_3 e Che_3, respectivamente), correspondentes aos meses de janeiro e abril de 2014. Algas desta classe estão associadas a ambientes com maiores cargas orgânicas e presença de nutrientes, como fósforo e nitrogênio. Maiores valores de abundância relativa da família Euglenophyceae ocorreram em pontos de coleta com maior impacto antrópico, como os pontos dos Igarapés Panelas (PAN02) e Ambé (AMB 02), mas também em outros Igarapés como o Chocai (IGCHOCAI) e o Cajueiro (IGCAJ). Porém, nas campanhas subsequentes os organismos desta família voltaram a apresentar baixas abundâncias, o que demonstra que o seu surgimento foi um evento isolado, associado às fortes chuvas que ocorreram no início de 2014.

Por outro lado, nos pontos do Reservatório Intermediário, houve predominância de organismos de Zygnematophyceae (Figura 11.4.1-13), ou seja, uma composição distinta daquela observada nas demais áreas monitoradas. É possível que as condições mais lênticas do Reservatório Intermediário, no início da sua formação, tenham favorecido essa classe fitoplanctônica em relação aos demais táxons.

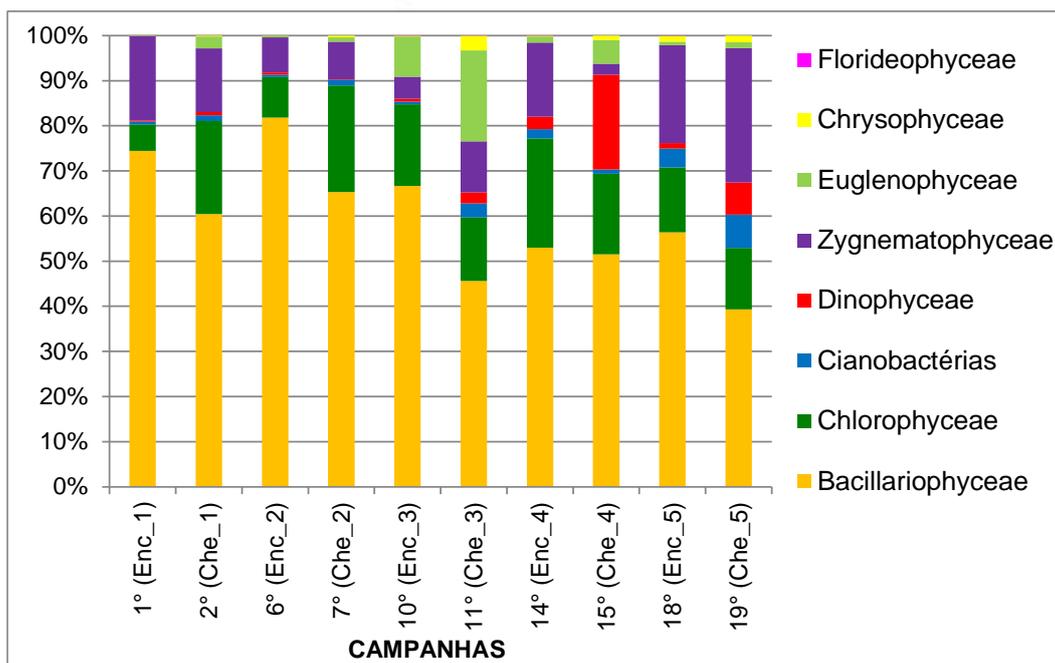


Figura 11.4.1 - 12 - Abundância relativa (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas campanhas de enchente e cheia de dezembro de 2011 a abril de 2016 nos pontos monitorados nas áreas a MRX, RX, TVR, Rio Bacajá, TRV e Igarapés interceptados pelos Diques do RI.

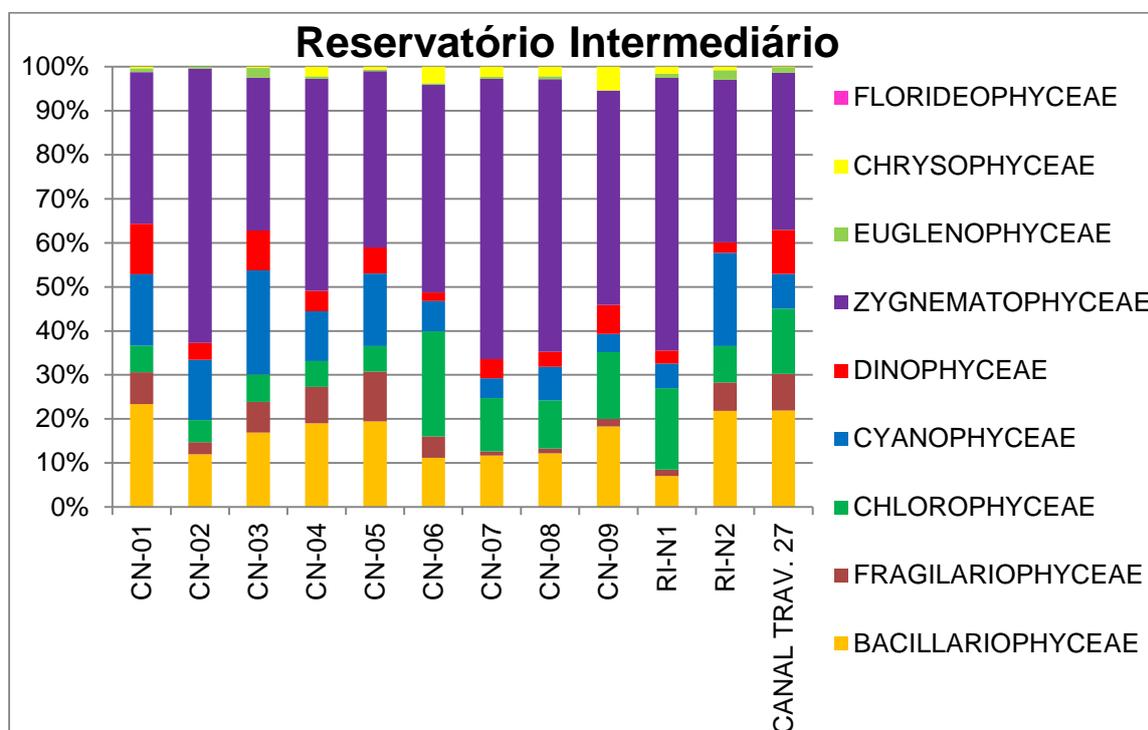


Figura 11.4.1 - 13 - Abundância relativa (%) das Classes de fitoplâncton registradas na campanha de cheia de abril de 2016 nos pontos monitorados no Reservatório Intermediário.

Na **Figura 11.4.1 - 14** estão apresentados os gráficos de abundância de organismos fitoplanctônicos nas diferentes áreas monitoradas. De forma semelhante aos padrões observados para a riqueza de gêneros, as maiores abundâncias de fitoplâncton foram, em geral, observadas no período de enchente quando comparadas ao período de cheia, principalmente no primeiro (dezembro de 2011) e quarto (janeiro de 2015) ciclos hidrológicos. É possível que as condições menos turbulentas dos corpos de água no período de enchente sejam mais favoráveis ao crescimento do fitoplâncton em relação ao período de cheia.

De forma semelhante aos padrões observados para riqueza de gêneros, a abundância de fitoplâncton foi, em geral, maior no rio Xingu em relação aos tributários, atribuída à maior extensão e maior diversidade de habitats no rio Xingu.

Em relação à abundância de organismos observados no Reservatório Intermediário, houve semelhança nos valores entre os diferentes pontos monitorados, padrão esse também observado para a riqueza total de gêneros, o que demonstra uma homogeneidade de abundância de organismos nas distintas áreas do Reservatório Intermediário recém-formado.

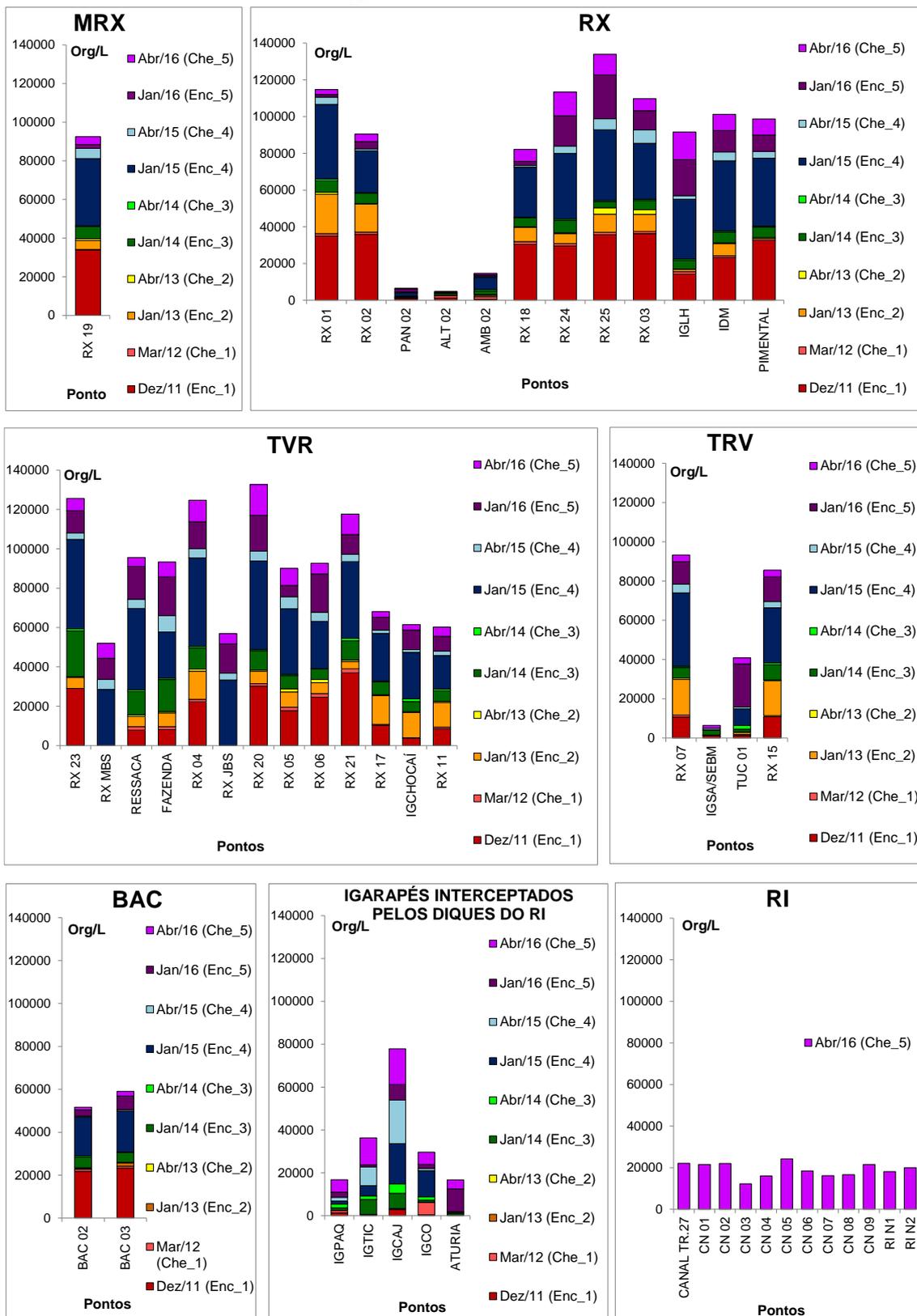


Figura 11.4.1 - 14 – Abundância (org/L) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (janeiro de 2011 a abril de 2016).

O índice de diversidade Shannon - Wiener foi estimado por permitir a comparação de amostras com diferentes números de indivíduos, o que não é indicado para ser feito empregando-se a riqueza total. Outro fator que pesa a favor do uso dessa métrica é o fato de levar em consideração a distribuição das abundâncias dos organismos na comunidade, sendo considerada uma medida mais adequada para aferir a biodiversidade em ambientes naturais.

De forma distinta aos padrões observados para riqueza total e abundância de fitoplâncton, os igarapés Pannels, Altamira, Ambé, localizados na área do RX, o igarapé Tucuruí, localizado no TRV, assim como o igarapé Cobal, localizado a jusante da área do RI, apresentaram as maiores diversidades acumuladas quando comparadas aos pontos do rio Xingu e do rio Bacajá (**Figura 11.4.1 - 15**). Tais resultados mostram que, apesar da baixa densidade de organismos observada, esses igarapés apresentam uma grande diversidade de gêneros de fitoplâncton em relação aos demais pontos monitorados.

Em relação aos resultados de diversidade de gêneros fitoplanctônicos no Reservatório Intermediário em abril de 2016, verificou-se que, de forma semelhante à riqueza total e abundância de organismos, os valores foram muito semelhantes entre os diferentes pontos amostrados, confirmando a homogeneidade de ocorrência do fitoplâncton nas diferentes porções do reservatório.

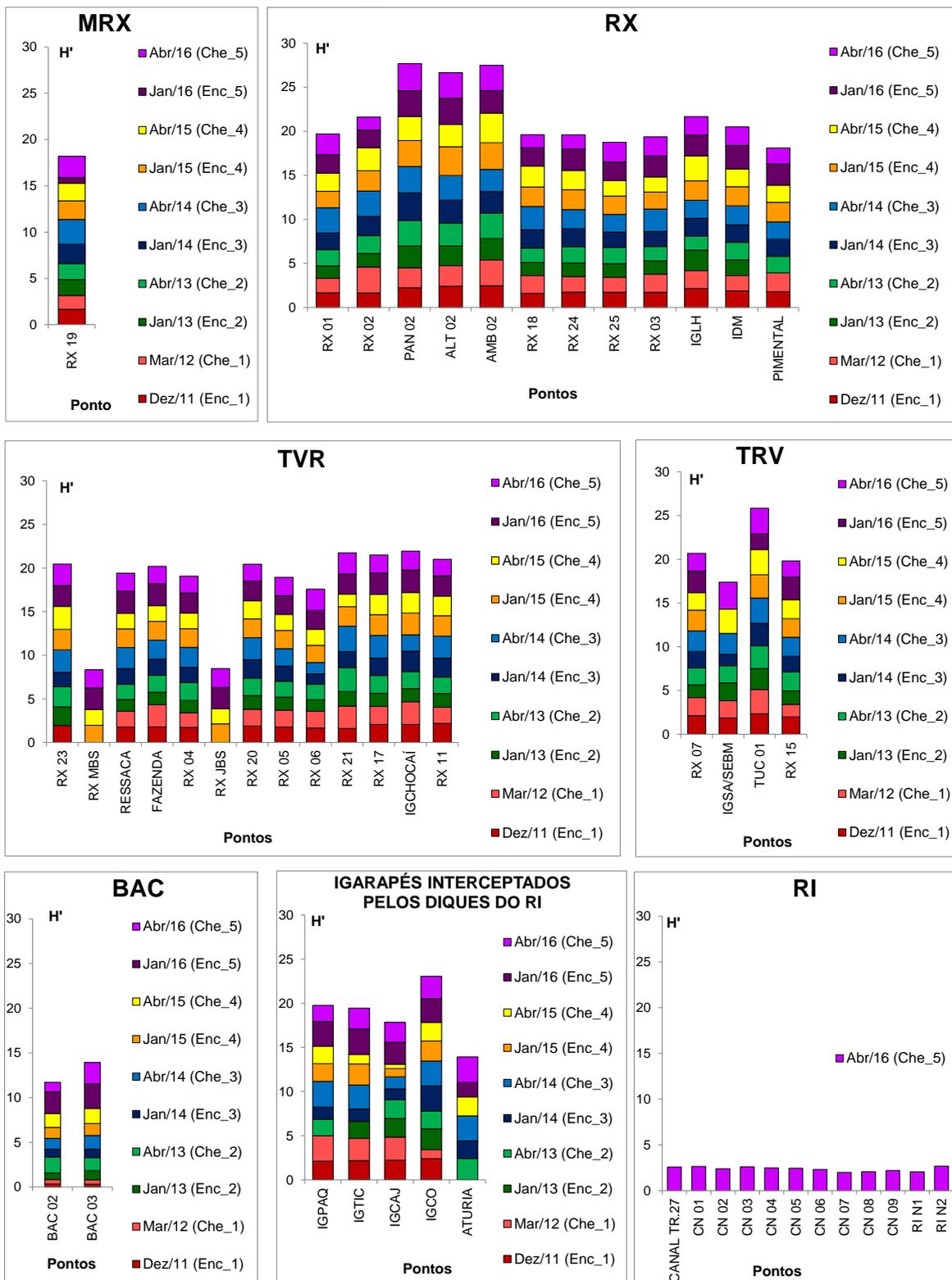


Figura 11.4.1 - 15 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia (dezembro de 2011 a abril de 2016).

11.4.1.2.1.3.B. CIANOBACTÉRIAS

A composição em gêneros deste grupo e a abundância total em toda a área de influência, nas dez campanhas realizadas, referentes aos ciclos de enchente e cheia entre 2011 a 2016 estão listadas no **Quadro 11.4.1 - 6**. Os gêneros *Anabaena*, *Microcystis* e *Oscillatoria* foram os mais frequentes e abundantes no monitoramento, sendo que o gênero *Cilindrospermopsis* apresentou, também, elevada abundância total na campanha de cheia de abril de 2016. Entretanto, conforme já apresentado anteriormente, as abundâncias destas algas estiveram sempre baixas nas áreas monitoradas ao longo de todo o monitoramento trimestral, e a proliferação de cianobactérias não se configurou como um problema ambiental, até o momento.

Quadro 11.4.1 - 6 – Abundância de cianobactérias total (céls/mL) pontos de coleta no rio Xingu e tributários, monitorados na área de influência da UHE Belo Monte (cinco ciclos hidrológicos de enchente e cheia, 2011 a 2016)

TÁXON	1º CICLO HIDROLÓG.		2º CICLO HIDROLÓG.		3º CICLO HIDROLÓG.		4º CICLO HIDROLÓG.		5º CICLO HIDROLÓG.	
	1º CAMP. (Enc_1)	2º CAMP. (Che_1)	6º CAMP. (Enc_2)	7º CAMP. (Che_2)	10º CAMP. (Enc_3)	11º CAMP. (Che_3)	14º CAMP. (Enc_4)	15º CAMP. (Che_4)	18º CAMP. (Enc_5)	19º CAMP. (Che_5)
<i>Anabaena</i>	2624	99	167	45	76	382	2687	51	1300	12623
<i>Aphanizomenon</i>	0	0	42	0	0	0	288	0	740	629
<i>Aphanocapsa</i>	0	0	0	0	0	0	6495	159	3433	1188
<i>Chroococcus</i>	0	0	0	0	10	0	3	6	28	7
<i>Cylindrospermopsis</i>	0	0	0	0	0	0	975	656	366	11712
<i>Geitlerinema</i>	0	0	0	0	0	0	755	52	340	1252
<i>Gomphosphaeria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lyngbya</i>	0	118	74	36	81	67	177	32	27	156
<i>Merismopedia</i>	79	3	18	4	36	0	98	20	70	7
<i>Microcystis</i>	222	0	452	0	118	0	3256	0	965	112
<i>Oscillatoria</i>	935	294	307	193	740	491	2540	338	4121	1582
<i>Planktothrix</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raphidiopsis</i>	0	0	70	0	133	0	1148	18	2763	3888
<i>Spirulina</i>	33	0	0	3	14	0	64	13	22	0
ABUNDÂNCIA	3893	514	1140	281	1208	940	18486	1345	14175	33156
RIQUEZA	5	4	8	5	8	3	12	10	12	11
DIVERSIDADE	0,8913	1,005	1,579	0,9236	1,322	0,8934	1,843	1,478	1,822	1,498

Como apresentado acima e no **Anexo 11.4.1 - 8**, os resultados indicam elevada variação da comunidade fitoplanctônica na área de influência da UHE Belo Monte. Independentemente do ano monitorado, a comunidade fitoplanctônica foi composta principalmente por algas da Classe Bacillariophyceae, sendo *Aulacoseira* dominante na enchente do segundo ciclo hidrológico e abundante em todos os períodos monitorados.

Em relação às variações interanuais, identificou-se, em geral, um aumento dos valores de abundância, riqueza e diversidade nas áreas monitoradas no quarto ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2015), conforme gráficos apresentados no **Anexo 11.4.1 - 8 (Figura 1)**. É possível que o período com menores precipitações e, conseqüentemente, com vazões mais reduzidas, conforme a representação gráfica apresentada na **Figura 11.4.1 - 1**, tenha favorecido a comunidade fitoplanctônica na área monitorada.

Quanto à importância relativa das cianobactérias, na composição da comunidade, não foi identificado aumento da sua ocorrência ao longo de todo monitoramento. Tais registros indicam que as variações obtidas devem estar associadas ao ciclo hidrológico natural da região e que a qualidade ambiental na área não se alterou ao longo do monitoramento, mesmo durante a intensificação das intervenções causadas pela instalação da UHE Belo Monte.

11.4.1.2.1.3.C. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

A oscilação sazonal e espacial da riqueza de espécies do zooplâncton do monitoramento limnológico trimestral nas áreas de influência da UHE Belo Monte, nas campanhas de enchente e cheia dos cinco (5) ciclos hidrológicos de 2011 a 2016, está apresentada na **Figura 11.4.1 - 16**.

De uma forma geral, a riqueza de gêneros de zooplâncton foi mais elevada nas campanhas de enchente em relação às campanhas de cheia. Exceções a este padrão foram observadas em alguns igarapés, no rio Bacajá e em alguns pontos ao longo do rio Xingu, onde maiores riquezas foram registradas nas campanhas de cheia. De forma semelhante aos padrões de riqueza total observados para a comunidade fitoplanctônica, os tributários apresentaram, em geral, valores de riqueza acumulada ao longo do monitoramento inferiores aqueles observados no rio Xingu. É possível que a maior diversidade de habitats existentes no rio Xingu tenha favorecido a ocorrência de uma maior riqueza de gêneros quando comparada aos igarapés. Exceção foi verificada no igarapé Tucuruí, que apresentou riqueza acumulada com a mesma ordem de grandeza dos valores observados para os pontos no rio Xingu.

Em relação ao Reservatório Intermediário, a riqueza total de espécies foi semelhante entre os diferentes pontos amostrados, padrão esse também observado pelo fitoplâncton, evidenciando uma homogeneidade de riqueza entre as diferentes porções do reservatório.

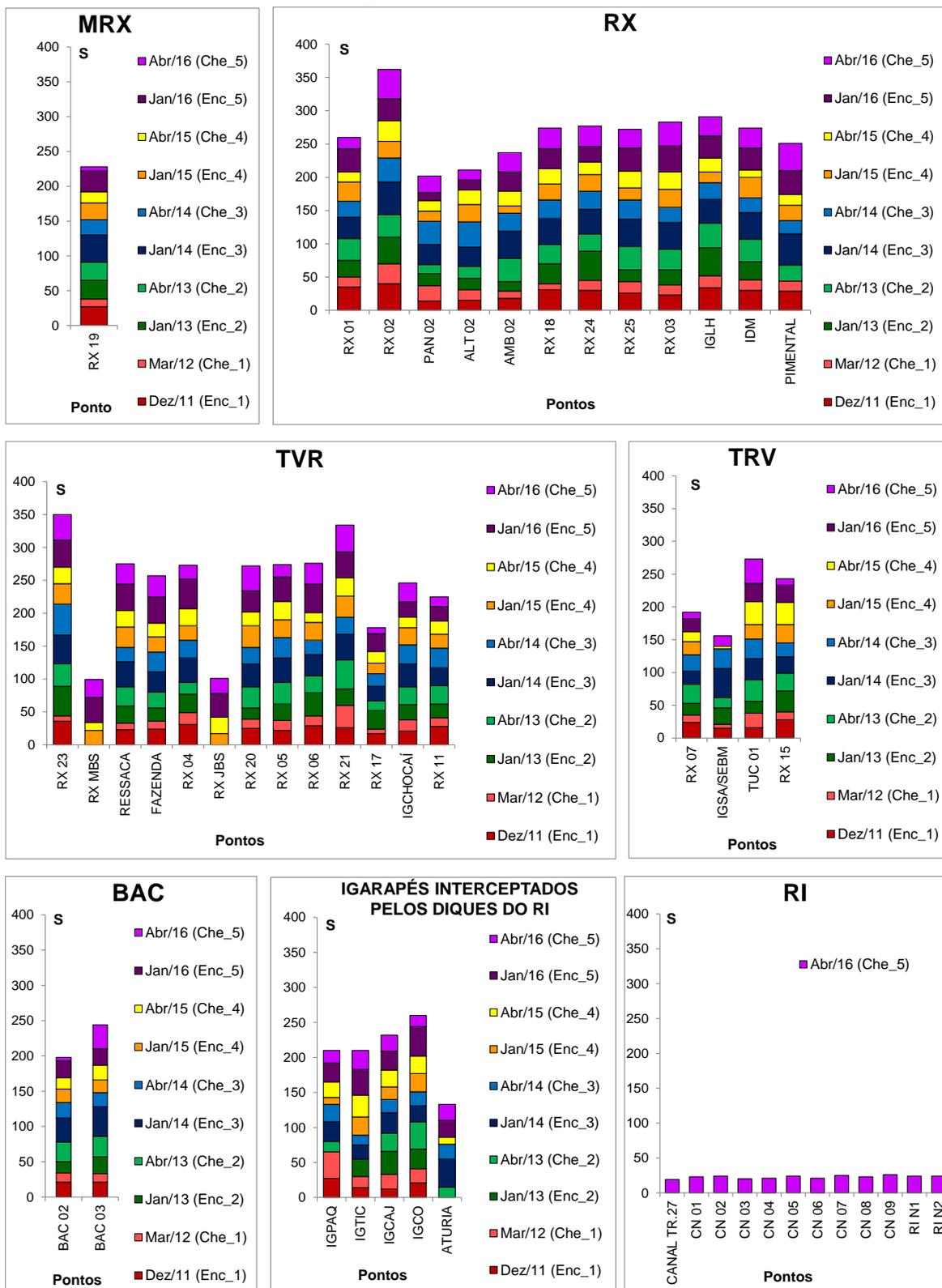


Figura 11.4.1 - 16 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

Em relação à composição em Grupos (**Figura 11.4.1 - 17**), a comunidade zooplanctônica variou entre as campanhas realizadas. Nas campanhas de enchente, verificou-se, em geral, maior proporção de Rotífera, sendo que nas campanhas de cheia verificaram-se maiores proporções de Maxillopoda (copépodos), bem como de protozoários, como na segunda e terceira campanhas.

A baixa pluviosidade e início do pulso de inundação nas campanhas de enchente aparentemente favoreceu os rotíferos, que respondem mais rapidamente às alterações ambientais por possuírem reprodução rápida e associada ao aumento da turbulência em ambientes lóticos (RUPERT & BARNES, 1996)⁷.

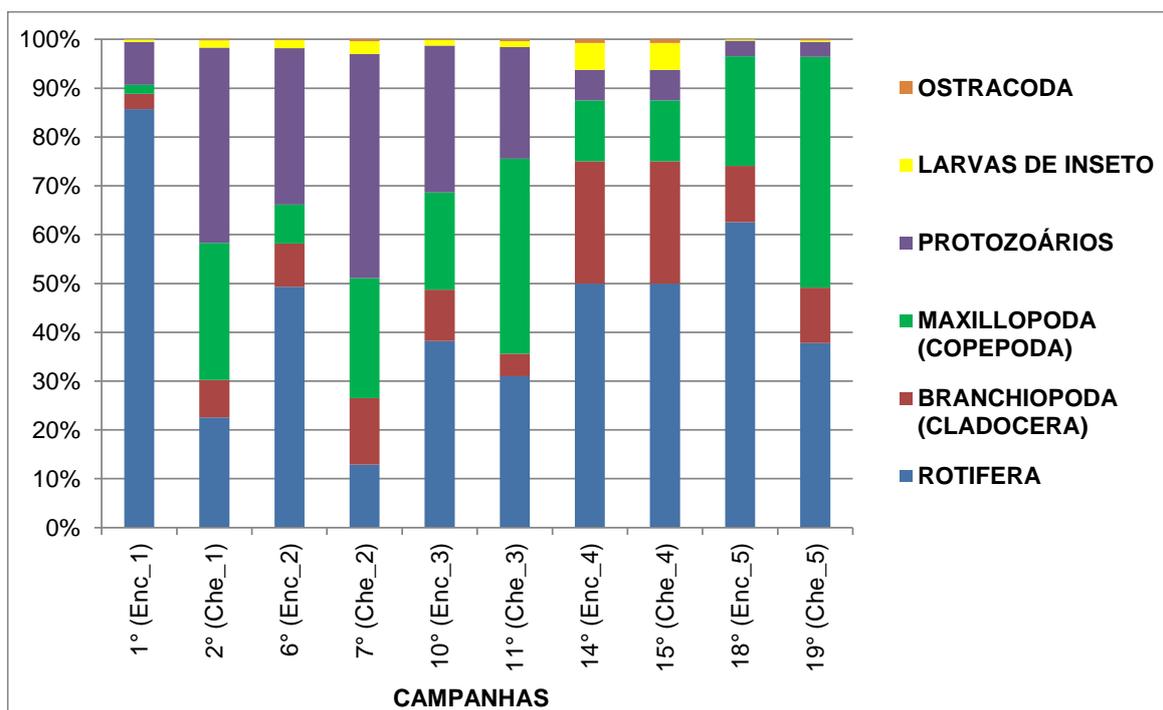


Figura 11.4.1 - 17 – Abundância relativa (%) dos Grupos de zooplâncton registrados na área de influência da UHE Belo Monte (campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016).

Já nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (**Figura 11.4.1 - 18**), houve predominância de Maxillopoda (copépodos) e de Rotífera, padrão esse semelhante aquele observado nas demais áreas monitoradas em abril de 2016. A grande predominância de copépodos no Reservatório Intermediário era prevista, uma vez que esses organismos são melhores adaptados a ambientes lênticos.

⁷ RUPPERT, E. E & BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7ª Edição, São Paulo: Roca, 1996. 1168p

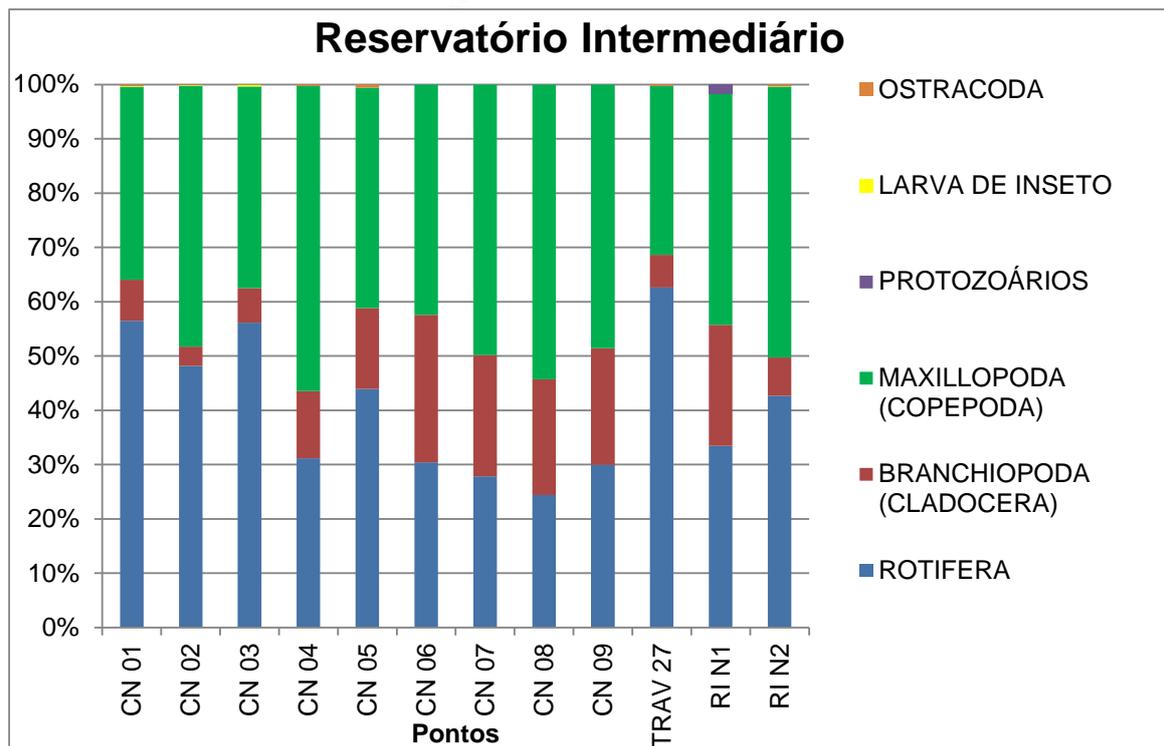


Figura 11.4.1 - 18 – Abundância relativa (%) dos Grupos de zooplâncton registrados nos pontos localizados no Reservatório Intermediário na campanha de abril de 2016.

A abundância total de organismos zooplanctônicos apresentou padrões variáveis entre as áreas monitoradas e entre os ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 19**). De uma forma geral, as maiores abundâncias de zooplâncton foram observadas nos pontos localizados no Reservatório do Xingu e no Reservatório Intermediário no quinto ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2016), ou seja, durante e após a formação desses sistemas. As condições lânticas dos reservatórios recém-formados foram, portanto, favoráveis ao crescimento do zooplâncton, principalmente, dos gêneros pertencentes à classe Maxilopoda (copépodos).

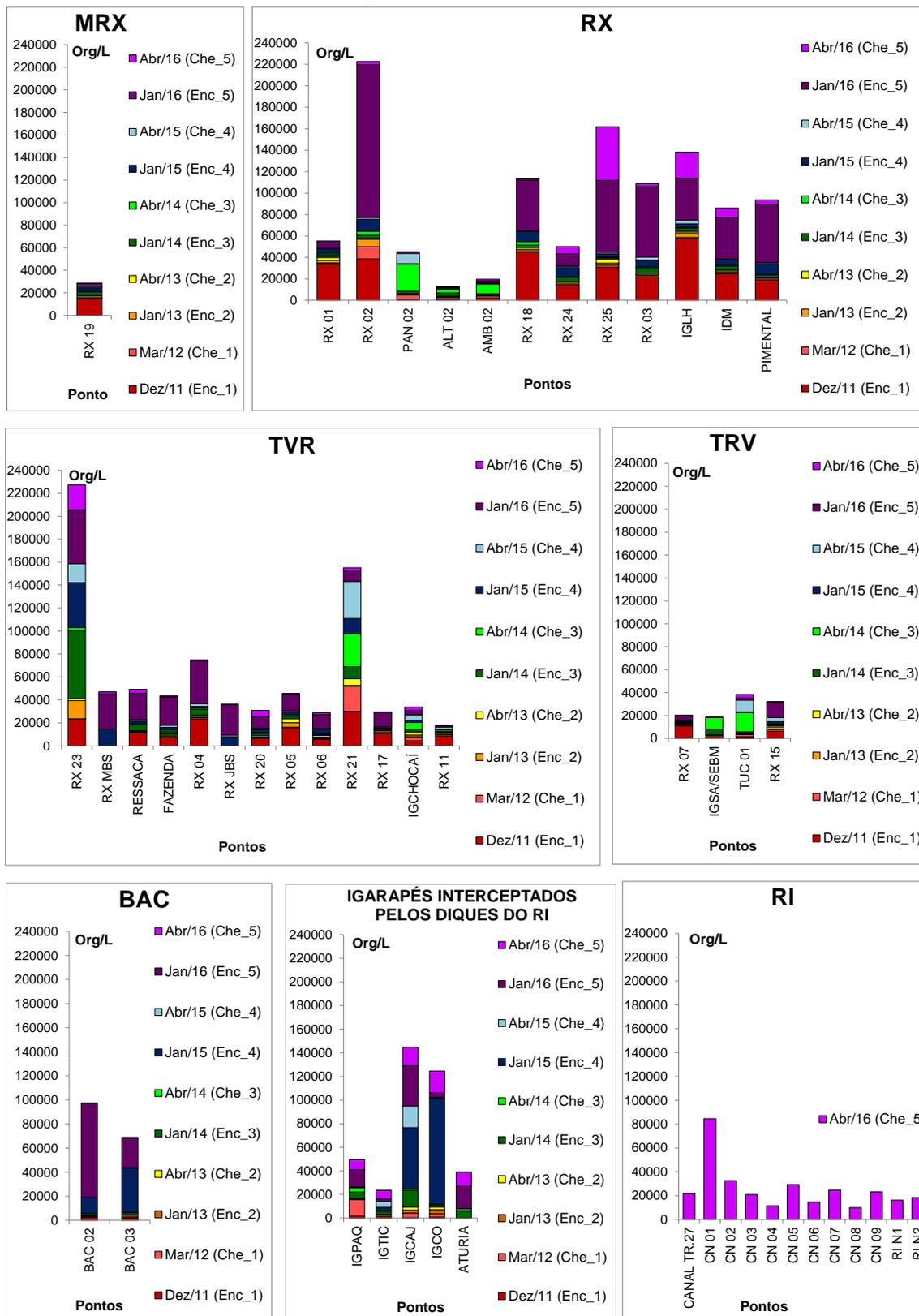


Figura 11.4.1 - 19 - Abundância (org/m³) do zooplâncton (espécies) nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

A diversidade específica da comunidade zooplanctônica, estimada pelo índice de Shannon-Wiener, é apresentada na **Figura 11.4.1 - 20**. De uma forma geral, não se verificou grandes diferenças entre o período de enchente e cheia do mesmo ciclo hidrológico, como verificado para a abundância total e riqueza total de gêneros. Da mesma forma, as diferenças de diversidade entre os diferentes pontos monitorados não foram tão evidentes.

Os resultados apresentam elevada variação da comunidade zooplanctônica na área de influência da UHE Belo Monte, com as campanhas de enchente caracterizadas por abundâncias mais elevadas em relação às campanhas de cheia. Quanto aos descritores da comunidade, verificou-se um aumento da abundância de organismos no quinto ciclo hidrológico nos pontos localizados nos recém formados reservatórios do Xingu e Intermediário. As condições lênticas desses sistemas favoreceram o crescimento do zooplâncton, principalmente dos copépodos.

Em relação aos valores de índice de diversidade observados no Reservatório Intermediário, houve muita semelhança entre os diferentes pontos monitorados, padrão esse também verificado para a riqueza de espécies, o que caracteriza uma homogeneidade de diversidade entre as diferentes porções do reservatório.

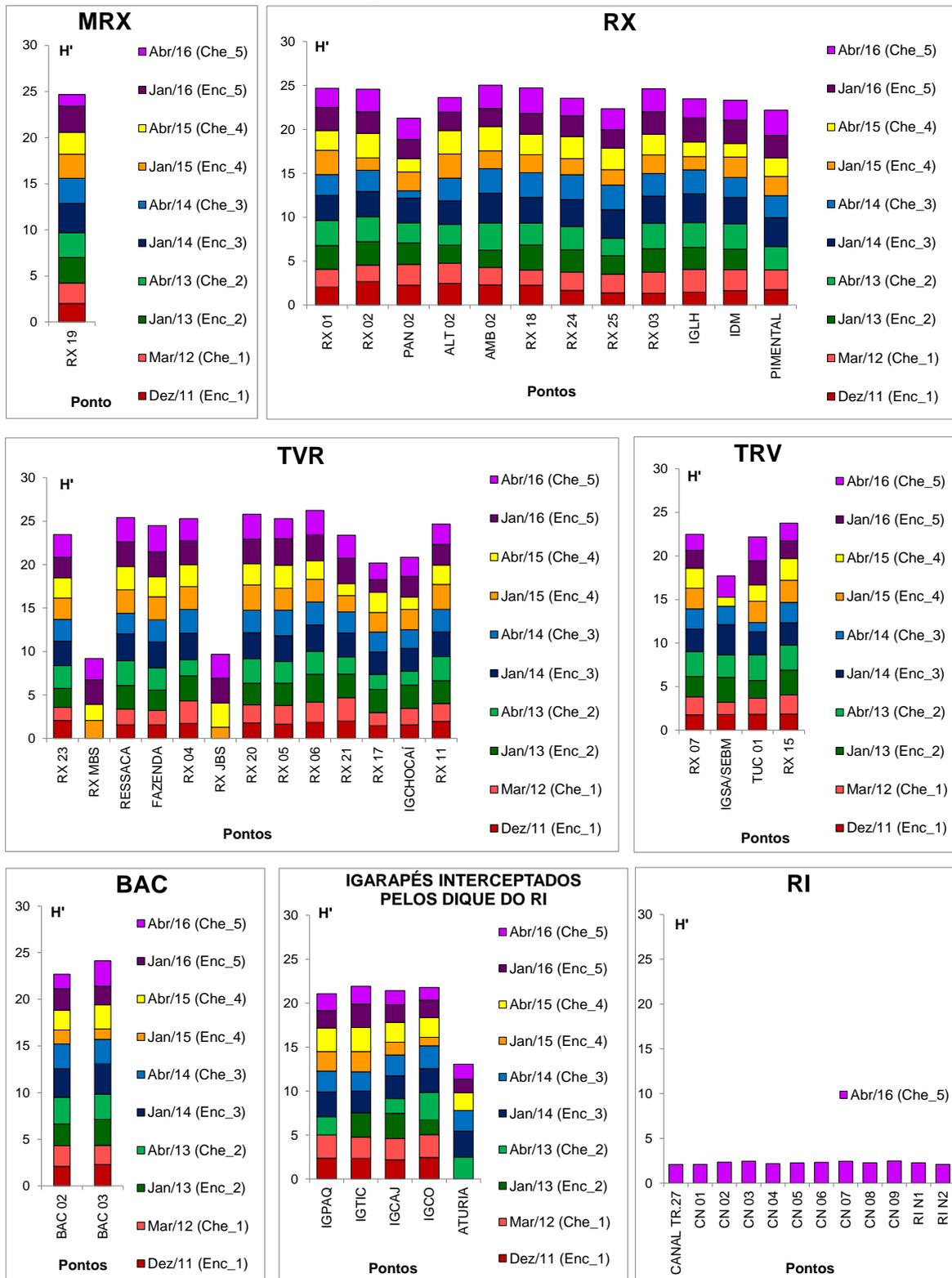


Figura 11.4.1 - 20 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplânctônica nos pontos de coleta nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

11.4.1.2.1.3.D. COMUNIDADE BENTÔNICA

As oscilações temporais e espaciais da riqueza de táxons e da abundância total da macrofauna bentônica entre campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento limnológico trimestral nas áreas de influência da UHE Belo Monte, estão apresentadas na **Figura 11.4.1 - 21** e na **Figura 11.4.1 - 22**, respectivamente.

De uma forma geral, não foi possível identificar um padrão temporal de variação. Elevadas riquezas e abundâncias de organismos foram observadas em alguns pontos em determinados períodos, porém, não se repetiram nas campanhas subsequentes, o que demonstra que são ocorrências esporádicas, possivelmente favorecidas pelas condições específicas ao desenvolvimento dos organismos por um determinado período. Tais variações são, também, resultantes da grande heterogeneidade do leito do rio Xingu e de seus tributários, composto por deposições arenosas, siltosas, pedregosas, ricas ou não em matéria orgânica, condicionada pela hidrodinâmica desses cursos de água nos diferentes ciclos hidrológicos.

Na lista de abundâncias de táxons de organismos bentônicos apresentada no **Anexo 1.4.1 - 8** deste Relatório, referente aos resultados da biota aquática nas campanhas trimestrais de enchente e cheia realizadas entre 2011 e 2016, foi verificada larvas de insetos Chironomidae que foram dominantes nas campanhas de enchente de 2011, cheia de 2012, enchente de 2013, enchente de 2015 e cheia de 2016, sendo que Oligochaeta foram dominantes nas campanhas de cheia de 2013, enchente e cheia de 2014, e enchente de 2015. Outros grupos bentônicos importantes, considerados como abundantes, foram larvas de insetos Baetidae, larvas de inseto Ceratopogonidae, Cladocera e larvas de insetos Corixidae, porém, todos observados isoladamente em poucos pontos da malha amostral.

A diversidade de táxons da macrofauna bentônica é apresentada na **Figura 11.4.1 - 23**. Em geral, maiores diversidades foram observadas nas campanhas de enchente e cheia do quarto ciclo hidrológico (2015), mas também com valores significativos na campanha de cheia do terceiro ciclo hidrológico (abril de 2014) na área do Trecho de Vazão Reduzida, porém sem causa aparente.

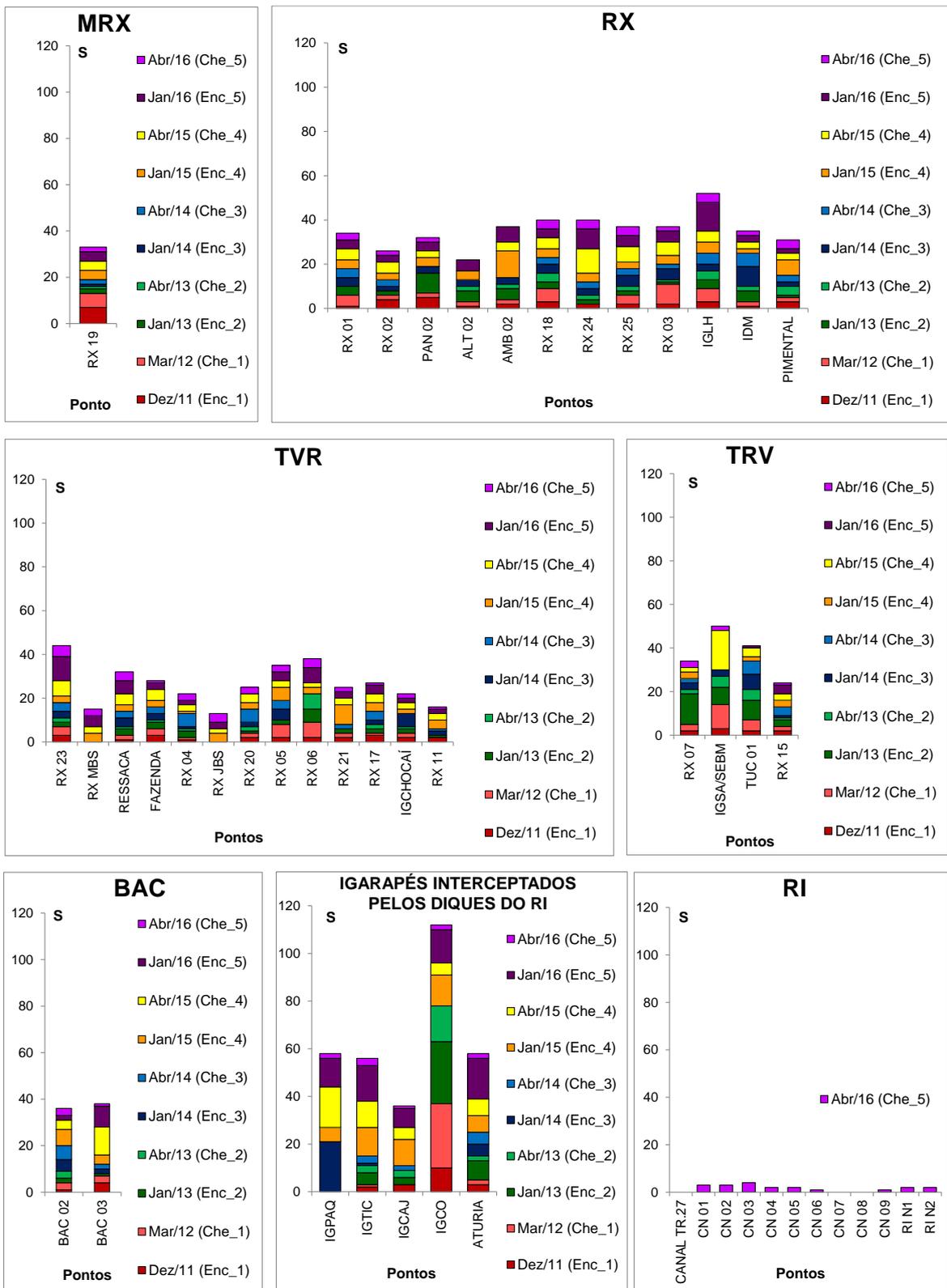


Figura 11.4.1 - 21 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

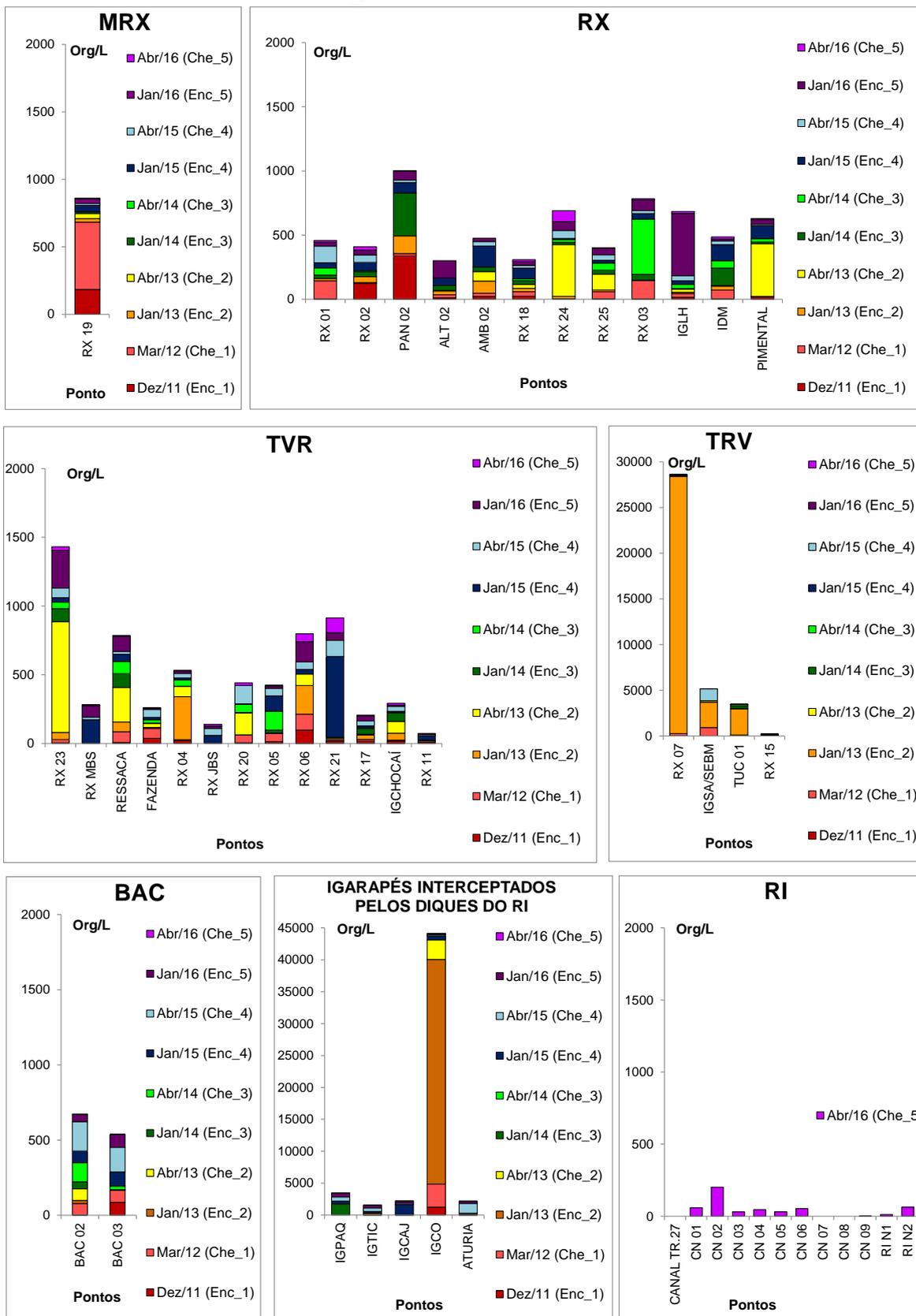


Figura 11.4.1 - 22 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos de coleta localizados nas sete áreas de monitoramento (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

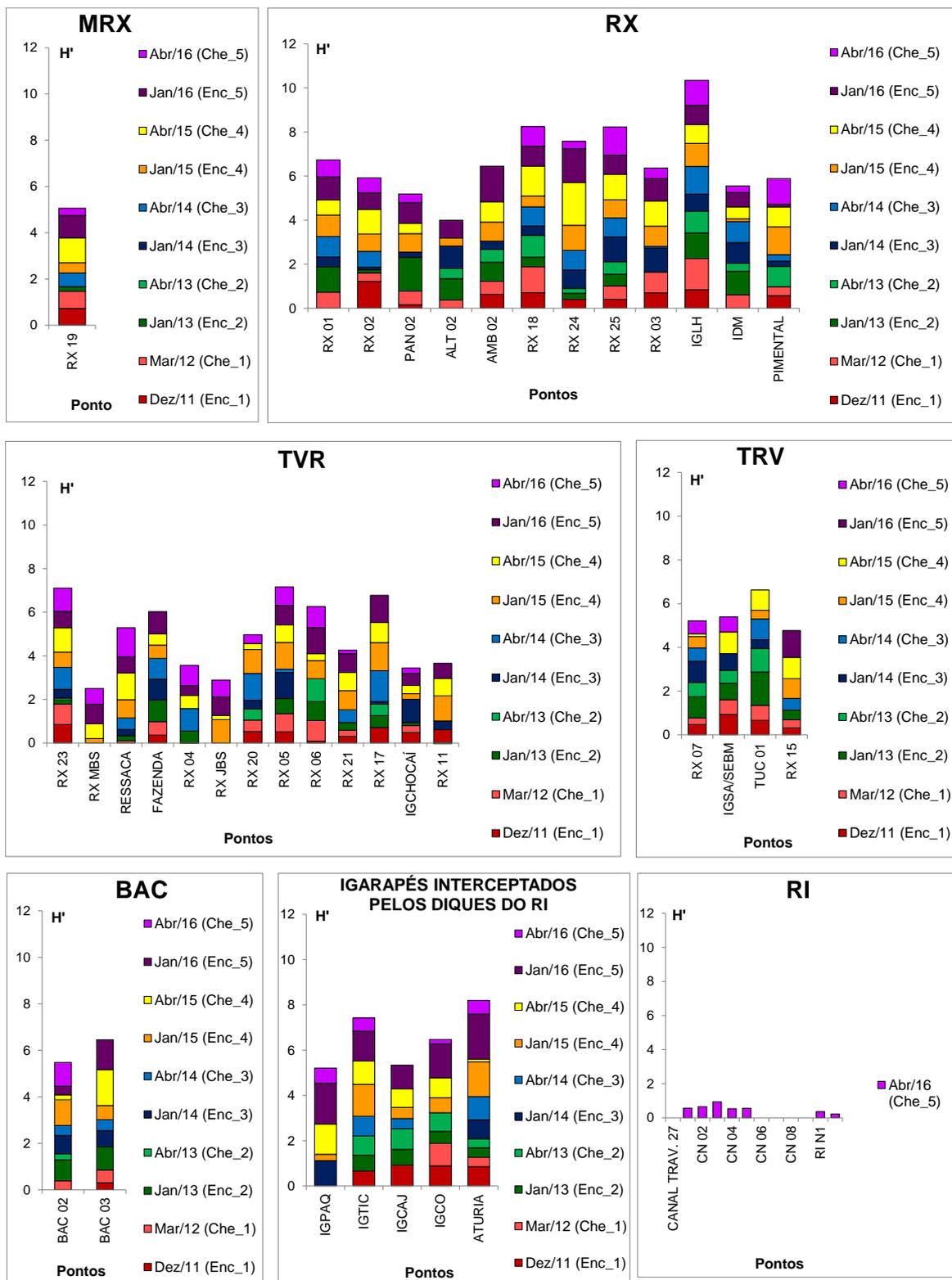


Figura 11.4.1 - 23 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos de coleta nas sete áreas de monitoramento limnológico (siglas descritas no texto). Campanhas de enchente e cheia de 2011 a 2016.

No reservatório Intermediário, os valores de riqueza de táxons, abundância de organismos e diversidade apresentaram, em geral, pouca variabilidade entre os diferentes pontos amostrados, com ordens de grandeza semelhantes aqueles observados nas demais áreas em abril de 2016.

11.4.1.2.1.3.E. GRUPOS FUNCIONAIS DA MACROFAUNA BENTÔNICA

O **Quadro 11.4.1 - 7** apresenta os grupos funcionais dos organismos da macrofauna bentônica identificados nas campanhas de enchente e cheia dos cinco (5) ciclos hidrológicos monitorados.

A bibliografia utilizada para identificação dos organismos foi a seguinte: CALLISTO & ESTEVES (1998)⁸ e CUMMINS *et al.* (2005)⁹.

Os táxons que dominaram as amostragens foram Chironomidae (fragmentador) e Oligochatea (fragmentador/raspador), que se alimentam de grandes partículas orgânicas provenientes de ambientes alóctones (fragmentadores) ou de material perifítico aderido às rochas e outros substratos, como caules, folhas (raspadores) e tipificam ecossistemas com baixa perturbação ambiental.

⁸CALLISTO, M.;ESTEVES, F.A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central. In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO, A.L. (eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 1998. p. 223-234.

⁹CUMMINS, K.W.; MERRIT, R.W.; ANDRADE, C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 40: 71-90. 2005.

Quadro 11.4.1 - 7 – Lista de organismos bentônicos e seus respectivos grupos funcionais registrados nos pontos de coleta no rio Xingu e tributários nas campanhas de enchente e cheia na área de influência da UHE Belo Monte (2011 a 2016)

Táxon	Grupo Funcional
Ordem Diptera	
Familia Chironomidae	Fragmentador
Familia Ceratopogonidae	Predador
Familia Culicidae	Filtrador
Familia Tipulidae	Predador
Ordem Ephemeroptera	
Familia Baetidae	Catador
Familia Ephemeridae	Raspador
Familia Leptophlebiidae	Catador
Ordem Hemiptera	
Familia Belostomatidae	Predador
Familia Hebridae	Predador
Familia Notonectidae	Predador
Ordem Odonata	
Familia Corduliidae	Predador
Subclasse Polychaeta	
Familia Nereididae	Predador
Subclasse Oligochaeta	
Oligochaeta (não identificado)	Fragmentado/Raspador
Subclasse Hirudinea	
Familia Glossiphoniidae	Parasita
Filo Nematoda	
Nematoda (não identificado)	Parasita
Filo Mollusca	
Mollusca (não identificado)	Não identificado
Filo Mollusca/Classe Gastrópoda	
Familia Ampularidae	Raspador
Familia Thiaridae	Raspador
Subfilo Turbellaria	
Turbellaria (não identificado)	Predador
Subfilo Crustacea	
Classe Copépoda	
Ordem Calanoida	
Calanoida (não identificado)	Não identificado
Ordem Cyclopoida	
Cyclopoida (não identificado)	Não identificado
Familia Hyocryptidae	
Hyocryptidae (não identificado)	Não identificado
Familia Chirodoridae	
Chirodoridea (não identificado)	Não identificado
Filo Tartigrada	
Tartigrada (não identificado)	Não identificado

Os resultados expostos em relação à comunidade bentônica na área de influência da UHE Belo Monte (dados da comunidade em geral e dos grupos funcionais) apresentaram grande variabilidade entre os pontos de coleta, portanto, entre as áreas monitoradas. Da mesma forma, verificou-se uma grande variabilidade temporal, tanto em

termos de riqueza e abundância totais, como de diversidade, considerando-se os cinco (5) ciclos hidrológicos monitorados, conforme apresentadas **Figura 3 do Anexo 11.4.1 - 8**.

11.4.1.2.2. MONITORAMENTO MENSAL – PONTO DE COLETA RX 03

O ponto de coleta RX 03 é um ponto próximo à margem direita do rio Xingu a montante da Barragem Principal em Pimental, sendo realizado, em atendimento ao Ofício 510/2011¹⁰ do IBAMA, o monitoramento mensal dos perfis de temperatura e oxigênio dissolvido (metro a metro). Ainda, de acordo com este Ofício, amostragens das frações inorgânica e orgânica de fósforo na superfície e no fundo da coluna de água são realizadas.

A **Figura 11.4.1 - 24** apresenta os gráficos de isolinhas de temperatura ao longo da coluna de água no ponto de coleta RX 03, de novembro de 2012 a maio de 2016. Como era de se esperar, as maiores temperaturas foram observadas nos períodos de seca (novembro de 2012, setembro de 2013 e outubro de 2014 e outubro de 2015), sendo que as temperaturas mais baixas ocorreram nos períodos de cheia, denominados na região como épocas de inverno. As temperaturas mínimas foram observadas em março de 2014, período este que se caracterizou pela cheia intensa observada no rio Xingu (**Figura 11.4.1 - 1**).

Além disso, não se verificou estratificação térmica vertical no período monitorado, mesmo após a formação do Reservatório do Xingu, cuja fase de enchimento se iniciou em novembro de 2015, o que evidencia homogeneidade da coluna de água no ponto RX 03. As variações de temperatura da água neste ponto estiveram, portanto, condicionadas predominantemente às variações de temperatura atmosférica e ao regime hidrológico do rio Xingu.

A **Figura 11.4.1 - 25** apresenta os gráficos de isolinhas de concentrações de oxigênio dissolvido ao longo da coluna de água registradas no ponto de coleta RX03, de novembro de 2012 a maio de 2016. Verificou-se novamente uma nítida relação entre o ciclo hidrológico do rio Xingu e as concentrações de oxigênio dissolvido na coluna de água, com valores mais elevados nos períodos de seca e enchente e valores mais baixos nos períodos de cheia. De fato, verifica-se uma nítida relação entre as variações de temperatura e de concentrações de oxigênio dissolvido durante o período monitorado. As concentrações mais baixas de oxigênio dissolvido, observadas nos períodos de cheia, estão relacionadas ao maior aporte de material orgânico alóctone ao rio Xingu, que pode ter resultado em um maior consumo microbiológico de oxigênio dissolvido na coluna da água. Durante a fase de pré-enchimento do Reservatório do Xingu, as concentrações estiveram sempre acima de 5,0 mg/L em toda a coluna de água, valor

¹⁰Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2011. *Ofício Nº 510/2011/DILIC/IBAMA*. UHE Belo Monte Licença de Instalação Nº 795/2011 e adequações ao PBA, 01 de junho de 2011. 15 p.

mínimo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, o que não evidencia, portanto, impactos neste ponto. Com a formação do Reservatório do Xingu, observou-se a formação de oxiclina na camada mais profunda da coluna de água, com valores entre 4 a 5 mg/L em profundidades a partir de 18 m. Portanto, não foi verificada a ocorrência de hipólímnio anóxico nesse ponto durante a fase de enchimento e pós-enchimento do RX.

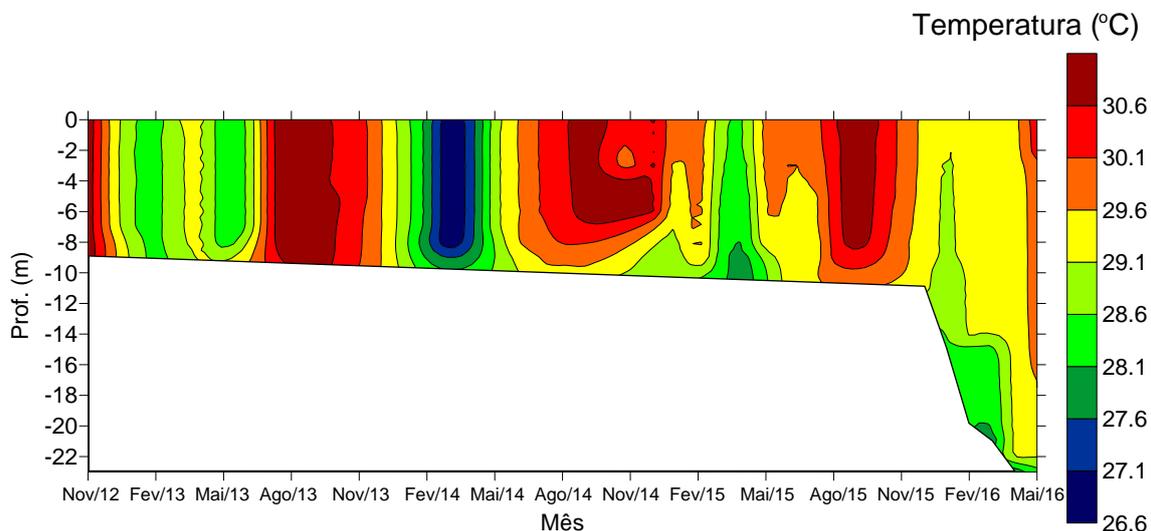


Figura 11.4.1 - 24 – Gráficos de isolinhas de temperatura registrada no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e maio de 2016, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

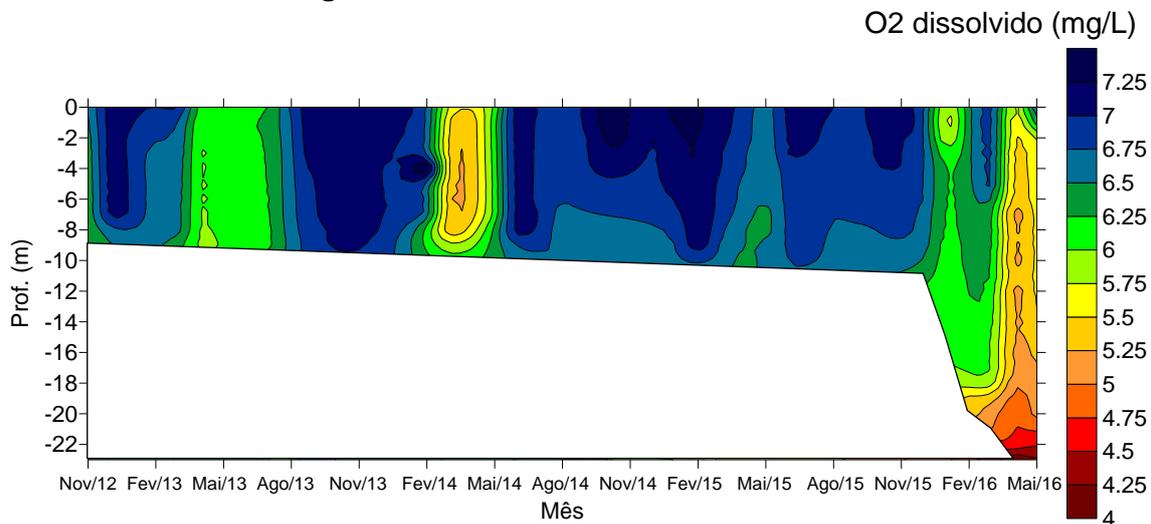


Figura 11.4.1 - 25 – Gráfico de isolinhas de concentração de oxigênio dissolvido registrado no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e maio de 2016, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

A **Figura 11.4.1 - 26** apresenta os resultados das frações orgânicas e inorgânicas de fósforo amostradas na superfície e no fundo do ponto de coleta RX03 no período entre novembro de 2012 a maio de 2016.

De maneira geral, baixas concentrações de ambas as frações foram registradas no ponto de coleta, mesmo com a formação do Reservatório do Xingu, com baixa diferença entre os valores de superfície e de fundo. A baixa diferença entre os estratos superiores e inferiores da água em relação às frações de fósforo, mesmo após a formação do Reservatório do Xingu, pode estar relacionada às condições óxicas verificadas no hipolímnio (**Figura 11.4.1 - 26**), condição essa que impede a disponibilização de fósforo presente no sedimento para a coluna de água.

Outro padrão evidenciado foi o ligeiro aumento relativo do teor de fósforo nos meses de períodos chuvosos (dezembro a maio), possivelmente relacionado a um maior aporte de material alóctone aos corpos hídricos, contribuindo para o aumento da trofia dos ambientes. Uma exceção foi observada na campanha de outubro de 2014, na qual verificou-se um pico tanto de fosfato orgânico como de fosfato inorgânico na superfície. Porém, no mês seguinte, as concentrações voltaram aos níveis baixos observados nos períodos anteriores, o que demonstra que esse aumento foi um evento esporádico.

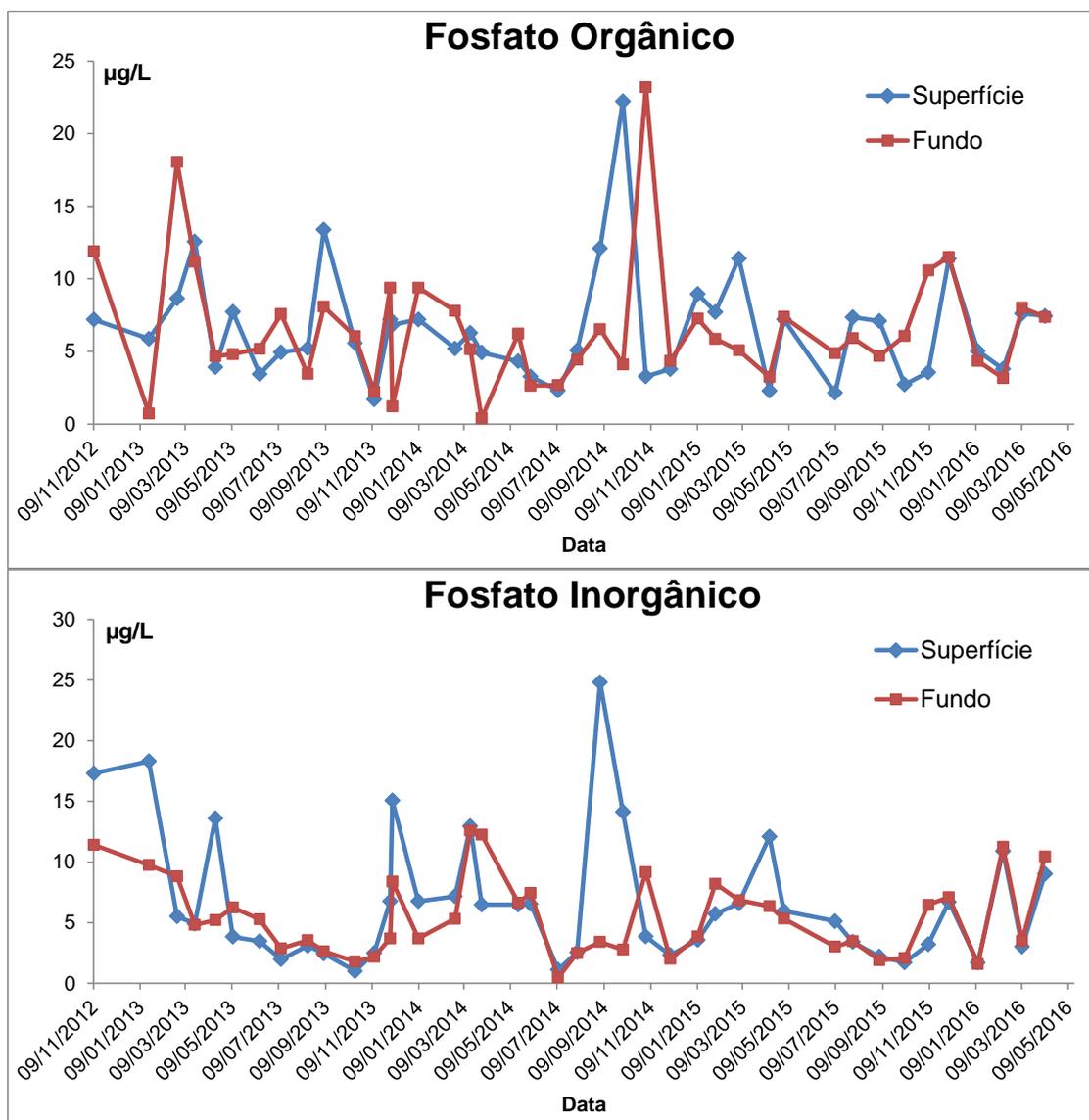


Figura 11.4.1 - 26 – Resultados das frações de fósforo amostradas no ponto de coleta RX 03, na superfície e fundo do rio Xingu, área de influência da UHE Belo Monte, durante monitoramento de novembro de 2012 a maio de 2016.

11.4.1.2.3. MONITORAMENTO MENSAL – ENTORNO DOS CANTEIROS

Os resultados do monitoramento mensal da qualidade da água, obtidos nas campanhas entre janeiro de 2012 e maio de 2016 são apresentados e contextualizados em cada um dos pontos no **Anexo 11.4.1 - 9**, que sintetiza os esforços da Norte Energia para adequação dos sistemas de controle ambiental das obras nas proximidades dos pontos monitorados, bem como explicita contribuições difusas em cada ponto, quando existirem, e que podem causar resultados em não conformidade com a legislação específica (Resolução CONAMA 357/2005), independentemente das atividades inerentes à obra.

Portanto, o **Anexo 11.4.1 - 9** atende à recomendação do IBAMA, apresentada no Parecer 291/2013¹¹, encaminhado em fevereiro de 2013, no Parecer 4933/2013¹², encaminhado em julho de 2013, no Parecer 7802/2013¹³, encaminhado em janeiro de 2014, no Parecer 2586/2014¹⁴, encaminhado em julho de 2014, e no Parecer 286/2015¹⁵, disponibilizado em março de 2015.

O registro fotográfico dos pontos no entorno dos canteiros é apresentado no mesmo anexo (**Anexo 11.4.1 - 9**).

11.4.1.2.4. MONITORAMENTO MENSAL – PONTOS PRÓXIMOS ÀS VIAS DE ACESSO E LINHAS DE TRANSMISSÃO

Os resultados do monitoramento mensal da qualidade da água obtidos nas campanhas entre janeiro de 2012 e maio de 2016 são apresentados e contextualizados para cada uma das vias no **Anexo 11.4.1 - 10**.

11.4.1.2.5. MONITORAMENTO MENSAL – INTERIOR DOS CANTEIROS

Como registrado em Relatórios Consolidados anteriores, a gestão das águas no interior dos canteiros e no seu entorno continua envolvendo uma complexa atuação e constante integração entre Norte Energia e as empresas construtoras e montadoras (entre o presente PBA 11.4.1 e o PBA 3.1 (PCAI)). Os resultados do monitoramento mensal dos pontos de captação, bebedouros, pontos de lançamento de efluentes sanitários e pontos na saída das caixas separadoras de óleos e graxas são apresentados, integralmente, somente no âmbito do Programa de Controle Ambiental Intrínseco, item 3.1.

¹¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 291/2013*. Análise do 2º Relatório Semestral de Andamento do Projeto Básico Ambiental, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 168/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, 31 de janeiro de 2013. 9 p.

¹²Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013 *Parecer Nº 4933/2013*. Análise do 3º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental e das Condicionantes da Licença de Instalação Nº 795/2011, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, 31 de maio de 2013. 132 p.

¹³Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 7802/2013*. Análise do 4º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 7244/2013 COHID/IBAMA, 23 de janeiro de 2014. 26 p.

¹⁴Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2014. *Parecer Nº 2586/2014*. Análise do 5º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 1533/2014 COHID/IBAMA, 01 de julho de 2014. 12 p.

¹⁵Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 7802/2013*. Análise do 6º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 5236/2014 COHID/IBAMA, 27 de janeiro de 2015. 18 p.

11.4.1.2.6. CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO

A seguir estão apresentados um resumo dos resultados obtidos durante o monitoramento da qualidade da água na fase de pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, realizado entre os dias 29 de março a 30 de junho de 2016. Tais informações oferecem um diagnóstico da evolução da qualidade da água dos reservatórios e dos igarapés inundados ao longo do tempo durante a fase de pós-enchimento. No **Anexo 11.4.1-11** do presente relatório estão apresentados de forma detalhada as informações referentes sobre as campanhas adicionais pós enchimento dos reservatórios.

As informações obtidas durante a fase de enchimento estão apresentadas no Relatório Técnico (RT_DS_Nº12_RC-Enchimento-Reservatórios_290416), referente ao Plano de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água para Fase de Enchimento dos reservatórios, encaminhado ao IBAMA através da CE 0216/2016 - DS.

11.4.1.2.6.1.METODOS

Em campo, foram determinados as seguintes variáveis: profundidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos totais, clorofila-a e temperatura da água, com o auxílio de Sondas Multiparamétricas. A transparência da água foi medida com o auxílio do Disco de Secchi. Para os pontos com demandas para atendimento específicos do Plano de Enchimento dos Reservatórios (PER), tais como aqueles localizados nos igarapés de Altamira, foram, também, determinados em laboratório os Coliformes Totais e *E. coli* pela técnica do substrato definido Colilert®, bem como Nitrogênio total e Fósforo total, baseados nos protocolos descritos em APHA(1998).¹⁶

As informações dos pontos monitorados nessa fase se encontram no **Quadro - 11.4.1 - 6**, Planilhas com os valores obtidos nas medições encontram-se no **Anexo 11.4.1 - 11**.

Quadro 11.4.1 - 8 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de pós-enchimento nas áreas de influência dos Reservatórios da UHE Belo Monte no período entre março e junho de 2016

Ponto	Área	Corpo d'água	Localização	Coleta de amostra	Localização (UTM)	
					m E	m S
RX02	RX	Rio Xingu	Próximo à foz do igarapé Pannels	PERFIL	364825	9642028
PAN M	RX	Igarapé Pannels	Montante do igarapé Pannels	SUPERFÍCIE	361607	9642323

¹⁶APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington. 1998.

Ponto	Área	Corpo d'água	Localização	Coleta de amostra	Localização (UTM)	
					m E	m S
PAN02	RX	Igarapé Panelas	Próximo à ponte da Av. Tancredo Neves, na cidade de Altamira	SUPERFÍCIE	362526	9642194
PAN J	RX	Igarapé Panelas	Na foz do igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	364178	9642202
ALT M	RX	Igarapé Altamira	Montante do igarapé Altamira	SUPERFÍCIE	362585	9646214
ALT02	RX	Igarapé Altamira	Na área urbana de Altamira	SUPERFÍCIE	364936	9646183
ALT J	RX	Igarapé Altamira	Na foz do igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	366309	9646092
AMB M	RX	Igarapé Ambé	Montante do igarapé, na ponte da Rodovia Transamazônica	SUPERFÍCIE	366774	9647763
AMB02	RX	Igarapé Ambé	Na área urbana de Altamira	SUPERFÍCIE	367145	9646750
AMB J	RX	Igarapé Ambé	Na foz do igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	367250	9646174
RX18	RX	Rio Xingu	A jusante 1 km da cidade de Altamira	PERFIL	369015	9645307
RX24	RX	Rio Xingu	A jusante 7 km da cidade de Altamira	PERFIL	380375	9643752
RXN5	RX	Rio Xingu		PERFIL	383111	9627961
PALHAL	RX	Rio Xingu	No na porção média do braço formado pelo igarapé Palhal	PERFIL	383111	9627961
PALHAL 02	RX	Rio Xingu	No fundo do braço formado pelo igarapé Palhal	PERFIL	380755	9628659
BASTIÃO	RX	Rio Xingu	No braço formado pelo igarapé Bastião	PERFIL	389521	9224322
IDM	RX	Rio Xingu	No igarapé Di Maria	PERFIL	397174	9624564
RX03	RX	Rio Xingu	Próximo ao eixo da Barragem Pincipal	PERFIL	393609	9621881
CN09	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção central da barragem do RI	PERFIL	413776	9653380
CN09-B	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção a esquerda da barragem do RI	PERFIL	413586	9653963
CANAL DE FUGA-M	TRV	Canal de Fuga	Junto à barragem do RI	PERFIL	455804	9654391
CANAL DE FUGA-J	TRV	Canal de Fuga	Próximo à foz no rio Xingu	PERFIL	413628	9655290
RX 07	TRV	Rio Xingu	A jusante 2 km do Canal de Fuga	PERFIL	412421	9657260
PTRV01	TRV	Rio Xingu	A jusante 4 km do Canal de Fuga	PERFIL	410747	9658329
PTRV02	TRV	Rio Xingu	A jusante 5 km do Canal de Fuga	PERFIL	410070	9658886
PTRV03	TRV	Rio Xingu	A jusante 9 km do Canal de Fuga	PERFIL	408843	9662656

11.4.1.2.6.2. RESERVATÓRIO DO XINGU

Nos pontos localizados no Reservatório do Xingu na fase de pós-enchimento inconformidades em relação aos valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 foram observadas apenas para concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas da coluna de água nos pontos PALHAL, PALHAL 2, BASTIÃO e IDM, todos localizados em braços inundados pelo Reservatório do Xingu. Tais ocorrências podem ser melhor observadas nos gráficos de isolinhas apresentadas nas **Figuras 2, 3, 4 e 5**, do anexo **11.4.1 – 11**. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas nas camadas mais profundas nos igarapés era um fato previsto durante e após os primeiros meses da formação do reservatório, resultante da decomposição da matéria orgânica lábil existente no solo inundado, bem como da matéria orgânica lixiviada da área inundada e transportada para o leito do reservatório.

No caso dos pontos PALHAL e PALHAL 2, as camadas deficientes em oxigênio dissolvido permaneceram até meados de junho de 2016, havendo um nítido aumento da concentração de oxigênio na coluna de água ao longo do mês de junho, evidenciando um processo de estabilização da referida área e melhoria das condições da coluna de água em termos de concentração de oxigenação. No caso dos pontos BASTIÃO e IDM, as inconformidades ocorreram em um período muito curto (**Figuras 4 e 5, do anexo 11.4.1 - 11**), também tendendo para uma melhora na qualidade da água ao longo de junho de 2016.

As demais variáveis de qualidade da água nos pontos localizados no corpo principal do Reservatório do Xingu e nos seus principais braços estiveram sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação, o que demonstra que, apesar da recente formação do Reservatório do Xingu, a qualidade da água se encontra em bom estado, com tendência à gradual melhora com a estabilização do sistema, o que já é evidente. O baixo tempo de retenção do reservatório, somado à boa qualidade da água do rio Xingu, certamente contribuíram para a esse cenário observado.

Os demais pontos monitorados no corpo principal do Reservatório do Xingu apresentaram concentrações das variáveis de qualidade da água sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação. As isolinhas e gráficos correspondentes aos resultados ao longo do tempo encontram-se no **Anexo 11.4.1 - 11**.

11.4.1.2.6.3. IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Nos igarapés de Altamira, verifica-se que inconformidades em relação aos valores norteadores da legislação foram observadas para a concentração de oxigênio dissolvido, pH e turbidez, principalmente no ponto PAN-M, localizado na porção a montante do igarapé. Os valores de pH em não conformidade com a legislação são resultantes das características naturais da bacia, a qual apresenta águas predominantemente ácidas

influenciadas tanto pela litologia como pela presença de substâncias húmicas provenientes da decomposição da matéria orgânica da mata ciliar. Já as inconformidades observadas em relação à concentração de oxigênio dissolvido e turbidez no ponto PAN-M podem ser resultantes da característica do igarapé naquela porção, com vazão reduzida e condições de estagnação.

Por outro lado, no ponto PAN-J, localizado na foz do igarapé no rio Xingu, inconformidade em relação à concentração de oxigênio dissolvido foi observada apenas esporadicamente no mês de abril, correspondente ao período de cheia, sendo que, a partir de maio, as concentrações se mantiveram sempre em conformidade. Da mesma forma, valores de turbidez no ponto PAN-J estiveram sempre em conformidade com os valores limites da legislação.

Em relação às variáveis *E. coli*, DBO, nitrogênio total e fósforo total, as concentrações observadas na fase de pós-enchimento estiveram sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação (conforme apresentado na **Figura – 10, do anexo 11.4.1 - 11**), não evidenciando, portanto, impactos resultantes, por exemplo, de aportes de esgoto doméstico no igarapé.

Esses resultados demonstram que o igarapé Pannels não interfere negativamente na qualidade da água do Reservatório do Xingu, dada a qualidade satisfatória da água na sua foz.

De forma semelhante ao igarapé Pannels, as inconformidades observadas em relação ao pH, no igarapé Altamira são resultantes das características naturais do igarapé, com águas predominantemente ácidas.

Já, em relação à concentração de oxigênio dissolvido, inconformidades foram observadas apenas no início de abril e em meados de maio de 2016 no ponto ALT 02, possivelmente resultante da influência do aporte orgânico proveniente da área urbana de Altamira durante o período de grande precipitação. De fato, valor de *E. coli* em não conformidade com a legislação foi também verificado no mesmo ponto no início de abril de 2016 (**Figura - 12 do Anexo 1.4.1 - 11**), o que corrobora essa hipótese.

Por outro lado, no ponto ALT-J, localizado na foz do igarapé Altamira, as concentrações das variáveis de qualidade da água, com exceção do pH, se mantiveram sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação. As inúmeras intervenções realizadas no curso do igarapé Altamira, tais como remoção de palafitas, supressão da vegetação, dragagem do leito, captação das fontes pontuais de esgoto, bem como o estabelecimento do parque linear na suas margens contribuíram de forma significativa na melhoria da qualidade da água nesse

De forma semelhante aos igarapés Pannels e Altamira, as inconformidades observadas em relação aos valores limites estabelecidos pela legislação para o pH, no igarapé Ambé, são resultantes das características naturais do igarapé, com águas predominantemente ácidas. Já as inconformidades observadas em relação à concentração de oxigênio dissolvido foram observadas principalmente no ponto AMB-M,

localizado na porção a montante da área urbana de Altamira, bem como em alguns períodos no ponto AMB 02, localizado na área urbana de Altamira. As baixas concentrações de oxigênio nesse igarapé, principalmente no ponto AMB-M, são resultantes das características hidrodinâmicas do igarapé, o qual apresenta áreas alagadas naturais que resultam em maior estagnação da água e, conseqüentemente, na redução da oxigenação.

Por outro lado, o ponto AMB-J, localizado na foz do igarapé no rio Xingu, apenas uma inconformidade foi observada em maio de 2016. Todas as demais variáveis de qualidade da água, incluindo *E. coli*, DBO e fósforo total se mantiveram em conformidade com a legislação nesse ponto (**Figura - 14 do Anexo 11.4.1 - 11**), o que demonstra que, como os demais igarapés de Altamira, o igarapé Ambé não interfere de forma negativa na qualidade da água do Reservatório do Xingu. As inúmeras intervenções também realizadas no curso desse igarapé na área urbana de Altamira certamente contribuíram para a melhoria da qualidade da água.

11.4.1.2.6.4. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Em relação ao Reservatório Intermediário, inconformidades em relação à legislação foram observadas para a variável concentração de oxigênio dissolvido em ambos os pontos, principalmente, nas camadas abaixo de 5 m da coluna de água, com valores próximos à anoxia na camada de 30 m de profundidade. Nos gráficos de isolinhas apresentados nas **Figuras - 15 e 16 do Anexo 11.4.1 - 11**, é possível verificar o gradiente da concentração de oxigênio dissolvido formado na coluna de água, influenciada pela estratificação térmica observada principalmente em abril e maio de 2016. Porém, verifica-se que, a partir de junho de 2016, ocorre uma retração da camada deficiente em oxigênio dissolvido, com aumento gradual da concentração de oxigênio dissolvido na camada de 0 a 30 m. No dia 30 de junho de 2016, por exemplo, a concentração mínima de oxigênio dissolvido no ponto CN09, observada a 30 m de profundidade, foi de 3,74 mg/L, sendo que no ponto CN09-B, localizado na porção esquerda da barragem, a concentração mínima observada a 30 m de profundidade foi de 4,16 mg/L. Esses resultados evidenciam uma melhora da qualidade da água do Reservatório Intermediário, possivelmente resultante do processo gradual de estabilização do sistema. Porém, o processo de estabilização do Reservatório Intermediário só poderá ser confirmado pós um maior período de monitoramento, considerando pelo menos, um ciclo hidrológico completo, uma vez que a evidência de melhora da qualidade da água pode ser devido a outros fatores de influência, como por exemplo, a sazonalidade.

11.4.1.2.6.5. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

No Trecho de Restituição de Vazão, inconformidades em relação aos valores limites estabelecidos pela legislação foram observadas apenas para a concentração de oxigênio dissolvido nos pontos CANAL DE FUGA-M e CANAL DE FUGA-J, localizados no Canal de Fuga da Casa de Força Principal, no sítio Belo Monte. As baixas concentrações de

oxigênio dissolvido, verificadas principalmente nas camadas mais profundas nos meses de março e junho de 2016, podem ser melhor visualizadas nos gráficos de isolinhas apresentadas nas **Figuras 17 e 18 do Anexo 11.4.1 - 11**. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas no Canal de Fuga se devem ao fluxo da água turbinada do Reservatório Intermediário, considerando que nos pontos CN09 e CN09 B, localizados na toma d'água no Reservatório Intermediário, apresentam concentrações de OD com deficiência de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas, fato esse já caracterizado no item anterior.

Porém, a partir de junho de 2016, verifica-se um aumento gradual da concentração de oxigênio dissolvido em ambos os pontos do Canal de Fuga, resultantes da melhoria da qualidade da água do Reservatório Intermediário, conforme observada nos pontos CN09 e CN09-B no mesmo período (**Figuras 15 e 16 do Anexo 11.4.1 - 11**), bem como, das intervenções realizadas no local, com a utilização de aeradores em vários pontos no Canal de Fuga. Portanto, com a estabilização progressiva do Reservatório Intermediário, é prevista, como consequência, uma melhora gradual da qualidade da água também no Canal de Fuga.

Verifica-se que, apesar das baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas no Canal de Fuga, as concentrações observadas nos pontos localizados no Trecho de Restituição de Vazão (a jusante deste) apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido, bem como, das demais variáveis de qualidade da água, sempre em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação. Tais resultados não evidenciam impactos da água do Canal de Fuga no rio Xingu no Trecho de Restituição de Vazão, dada à excelente qualidade da água observada nos pontos monitorados.

11.4.1.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

A planilha de atendimento aos objetivos do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial é apresentada na sequência.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
Identificar as alterações de qualidade da água no rio Xingu e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação do reservatório do Xingu e do reservatório Intermediário (gradiente temporal).	Monitoramento da qualidade da água no rio Xingu e tributários durante a fase de construção está sendo executado e continuará durante as fases de operação, conforme previsto no projeto.
Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis de qualidade da água, ao longo do rio Xingu e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação da UHE Belo Monte.	Tais avaliações estão sendo executadas durante as fases de enchimento e operação, conforme previsto no projeto.
Determinar o perfil vertical de variáveis limnológicas durante as etapas de Enchimento e Operação dos reservatórios.	As determinações de perfis das variáveis limnológicas após o início das fases de enchimento e operação, conforme previsto no projeto.
Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento, durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação da UHE Belo Monte.	Compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento, continuarão durante as fases de enchimento e operação conforme previsto no projeto.
Classificar a qualidade da água na área de influência do empreendimento, durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação da UHE Belo Monte.	Classificação da qualidade da água continuará durante as fases de enchimento e operação conforme previsto no projeto.
Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água dos corpos de água e adoção de medidas mitigadoras quando necessário.	Tais informações precisas sobre a qualidade da água estão sendo fornecidas para subsidiar a gestão dos corpos de água e adoção de medidas mitigadoras via banco de dados, conforme previsto no projeto.
Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água e das comunidades biológicas, decorrentes das transformações ambientais, durante as diferentes fases do empreendimento.	Diagnósticos e prognósticos estão sendo realizados conforme previsto no projeto.
Promover interface com o Plano Ambiental de Construção, e os Programas de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, de Conservação da Ictiofauna, de Conservação da Fauna Aquática, de Saúde Pública, de Comunicação Social e de Educação Ambiental.	A interface com os demais projetos relacionados à qualidade da água é promovida via fornecimento de informações pelo banco de dados brutos, conforme previsto no projeto.

11.4.1.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

A planilha de atendimento às metas do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial é apresentada na sequência.

METAS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>Realizar o monitoramento trimestral das variáveis físicas, químicas e biológicas nas 33 estações localizadas no rio Xingu, na Volta Grande, nos igarapés a serem barrados pelos diques, no rio Bacajá e tributários do rio Xingu durante as etapas de construção, enchimento e 42 estações na etapa de Operação da UHE Belo Monte;</p>	<p>A execução do monitoramento trimestral está em andamento, e as atividades vêm sendo executadas conforme previsto no projeto em 49 pontos de coleta após a fase de operação. Coletas em cada compartimento da UHE Belo Monte também serão realizadas nas etapas de enchimento e operação.</p>
<p>Realizar o monitoramento mensal das frações inorgânica e orgânica de fósforo com amostragem de superfície e fundo, bem como os perfis de temperatura e oxigênio dissolvido a cada metro de profundidade na estação de monitoramento mais próxima à entrada do Reservatório Intermediário (Ponto RX 03). Durante o enchimento dos reservatórios, realizar o monitoramento diário em alguns pontos do reservatório do Xingu (proximidades da cidade de Altamira, Sítio Pimental, entre outros), e semanal no Reservatório Intermediário (canal de derivação, Belo Monte, entre outros);</p>	<p>A execução do monitoramento mensal no ponto RX 03 está em andamento, e as atividades vêm sendo executadas conforme previsto no projeto. Coletas diárias e semanais também serão realizadas nas etapas de enchimento dos reservatórios.</p>
<p>Realizar análises de 26 variáveis físicas e químicas em 11 estações de monitoramento de qualidade da água próximas a canteiros de obra, acampamentos, linhas de transmissão e estradas, em campanhas de campo mensais executadas durante a etapa de construção, passando a ser trimestrais após o enchimento e na etapa de operação, até a total desativação da infra-estrutura de apoio;</p>	<p>A execução do monitoramento mensal próximas aos canteiros de obra, acampamentos, linhas de transmissão e estradas está em andamento (aproximadamente 30 variáveis são monitoradas), e as atividades vêm sendo executadas conforme previsto no projeto.</p>

METAS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>Realizar análises de 33 variáveis físico-químicas e biológicas em 4 estações de monitoramento nas captações de água para consumo e em 4 estações nos corpos receptores de efluentes de oficinas dos canteiros industriais e de estações de tratamentos de esgotos (ETE) dos acampamentos, em campanhas de campo mensais executadas durante as etapas de construção, enchimento e operação até a total desativação da infra-estrutura de apoio;</p>	<p>A gestão das águas no interior dos canteiros e no seu entorno envolve uma complexa atuação e constante integração (minimamente entre o presente Projeto e o Programa 3.1, PCAI). Os resultados do monitoramento mensal dos pontos de captação, bebedouros, em pontos de lançamento de efluentes sanitários e em pontos na saída das caixas separadoras de óleos e graxas estão integralmente apresentados no âmbito do Programa de Controle Ambiental Intrínseco, item 3.1.</p>
<p>Durante a etapa de Operação, realizar uma coleta nictemeral em cada compartimento da UHE Belo Monte: reservatórios, canal de derivação, igarapés barrados pelos diques, Volta Grande do Xingu e Trecho de Restituição de Vazões, nos períodos de seca e chuva;</p>	<p>Coletas nictemeraias em cada compartimento da UHE Belo Monte serão realizadas tão logo iniciar a etapa de operação.</p>
<p>Nas etapas de Enchimento e Operação, registrar a variação vertical dos parâmetros físicos e químicos da qualidade da água em todos os pontos de coleta dos reservatórios, quando for realizado o monitoramento trimestral;</p>	<p>Medidas da variação vertical das variáveis físicas e químicas da qualidade da água serão realizadas tão logo iniciar a etapa de enchimento e operação.</p>
<p>Comparar os resultados limnológicos obtidos aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 1 e 2, conforme a localização e Portaria 2914, conforme o uso do recurso. Os resultados obtidos da análise dos sedimentos serão comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012.</p>	<p>A comparação entre Classe 1 e 2 foi concluída no 8RC. Os dados obtidos até o momento no monitoramento são comparados aos padrões estabelecidos pela legislação (atualizada), conforme previsto no projeto para a Classe 2.</p>
<p>Criar um banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações de qualidade de água e comunidades biológicas decorrentes das campanhas de campo até o primeiro ano do programa e manter a alimentação e análise dos dados de forma contínua.</p>	<p>O banco de dados brutos do monitoramento trimestral para qualidade da água, biota (fitoplâncton, zooplâncton e bentos) e do monitoramento mensal estão sendo continuamente alimentados e revisados conforme previsto no projeto.</p>
<p>Fornecer informações complementares sobre a qualidade da água para o estudo da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas, após cada campanha de campo trimestral, através do banco de dados.</p>	<p>As informações sobre a qualidade da água são continuamente fornecidas e utilizadas pelo Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, conforme previsto no projeto.</p>

METAS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
Fornecer informações sobre aspectos limnológicos essenciais para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna, após cada campanha de campo trimestral, através do banco de dados.	As informações sobre a qualidade da água são fornecidas através do banco de dados para o projeto de estudo e manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna, conforme previsto no projeto.
Fornecer informações limnológicas para subsidiar o modelo matemático para prognóstico da qualidade da água dos reservatórios, após o enchimento dos mesmos e do trecho de restituição de vazões após a operação, através do banco de dados.	As informações sobre a qualidade da água foram fornecidas através do banco de dados brutos para os estudos de modelagem matemática do reservatório, conforme previsto no projeto.
Fornecer informações sobre qualidade da água no ecossistema aquático de interesse para saúde pública, através do banco de dados.	As informações sobre a qualidade da água de interesse à saúde pública são fornecidas através do banco de dados, conforme previsto no projeto.
Fornecer informações sobre as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes a comunicação social e educação ambiental.	As informações sobre alterações da qualidade da água decorrentes do empreendimento de interesse público, relevantes à comunicação social e educação ambiental estão sendo fornecidas através do banco de dados e emissões de Notas Técnicas, conforme previsto no projeto.

11.4.1.5. ATIVIDADES PREVISTAS

As atividades encontram-se de acordo com as previstas para o Projeto, não havendo necessidade de ajustes. Desta forma, para o próximo período, as seguintes atividades continuarão sendo executadas:

- Identificar alterações da qualidade da água no rio Xingu e seus principais tributários na área de influência do empreendimento, tanto no gradiente temporal como espacial, bem como a determinação do perfil vertical de variáveis limnológicas;
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento;
- Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água dos corpos de água e adoção de medidas mitigadoras quando necessário;
- Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água e das comunidades biológicas, decorrentes das transformações ambientais ocorridas.

Por fim, informa-se que durante a etapa de Operação, está prevista a realização de coletas nictemerais em cada área da UHE Belo Monte: Reservatório do Xingu, Canal de Derivação, igarapés Interceptados pelos Diques, Trecho de Vazão Reduzida e Trecho de Restituição de Vazão, nos períodos de seca e cheia.

Após a coleta significativa de dados, já fase de pós-enchimento, análises comparativas destes serão realizadas em relação aos resultados obtidos na fase anterior ao enchimento, visando a avaliação das alterações que ocorreram no sistema com a formação dos reservatórios.

11.4.1.6. ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O Cronograma das Atividades Previstas, apresentado abaixo para a continuidade do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial não sofreu qualquer tipo de adequação ou modificação em relação aquele que foi encaminhado em relação àquele que foi encaminhado no conteúdo do 9º Relatório Consolidado, datado de janeiro de 2016.

11.4.1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Projeto (PBA 11.4.1), da forma que vem sendo executado e desenvolvido, tem cumprido todos os objetivos e metas preconizados no PBA. Os dados obtidos até o momento, pela realização do monitoramento trimestral, referem-se a cinco (5) períodos de enchente e de cheia, e quatro (4) períodos de vazante e seca, na região, envolvendo o período de 2011 a 2016.

Informa-se que os resultados das 19 campanhas trimestrais realizadas até o presente momento demonstraram que a qualidade ambiental na malha analisada esteve adequada ao longo de todo o monitoramento executado nas fases anterior, durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte. Importante destacar que, com o acréscimo de dados e resultados que serão obtidos na continuidade do monitoramento da qualidade da água (campanhas trimestrais) e que poderá ser feita uma análise acurada e detalhada das possíveis alterações ocorridas, em função da formação dos reservatórios da UHE Belo Monte. Fato este que estará em consonância com o pleno atendimento dos objetivos e metas preconizados no presente Projeto.

Atualmente, conforme apresentado no contexto deste Relatório Consolidado, as oscilações da qualidade da água e do sedimento, na área estudada, estiveram associadas, principalmente, aos fatores ambientais de vazão e pluviosidade, não sendo possível identificar um padrão que indicasse deterioração na área entre os anos monitorados, como por exemplo, um aumento de nutrientes (fósforo e nitrogênio), ou um aumento de organismos indicativos de piora na qualidade do ambiente, como concentrações de *E. coli* ou de cianobactérias, entre outros.

O fato das condições no rio Xingu e seus tributários, permanecerem ao longo das campanhas anteriores, até o momento, com o enquadramento original (Classe 2) frente à legislação aplicável (Resolução CONAMA 357/2005) sustentam que não houve grandes alterações ambientais, face a implantação do empreendimento.

Entretanto, e como já discutido em Relatórios Consolidados anteriores, no entorno dos canteiros e nas áreas urbanas, alguns resultados são relevantes, considerando todo o período de monitoramento (2011 a 2016). O esgoto doméstico não tratado nas áreas urbanas e intervenções com revolvimento do solo, e sua exposição sem cobertura vegetal são impactos que já haviam sido prognosticados no EIA/RIMA, os quais poderiam afetar diretamente e/ou indiretamente os corpos hídricos do entorno, sobretudo no período de chuvas, quando o escoamento superficial é elevado. Esta situação pode ser observada nos meses de janeiro até maio de 2014, em vários pontos amostrados nas áreas em questão, quando não conformidades, em relação à legislação, foram registradas para algumas variáveis, como cor e turbidez. Mesmo considerando que esta situação foi prognosticada, é importante ressaltar que também foi visualizada recuperação da qualidade ambiental em corpos de água adjacentes às áreas que sofreram intervenção das obras (cujas atividades estão concluídas ou são, agora, menos intensas), indicando que tal impacto tem característica temporária, condição já registradas em relatórios anteriores. Destaca-se também esforços contínuos de gestão

ambiental, já explicitados no presente Relatório Consolidado, realizados por meio da integração constante entre o presente Projeto e outros Projetos e Programas afins, tais como Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2), Projeto de Monitoramento da Ictiofauna (PBA 13.3.4), Programa de Monitoramento dos Igarapés Interceptados pelos Diques (PBA 11.2), entre outros.

As metas previstas no cronograma do presente Projeto estão sendo atingidas com qualidade e dentro dos prazos, e as informações sobre qualidade da água, do sedimento e sobre a biota aquática, adquiridas até o presente, estão sendo armazenadas no Banco de Dados Digitais do Projeto. Essa atividade será mantida de forma contínua nas fases seguintes de monitoramento, visando servir de ferramenta para o prognóstico das possíveis alterações da qualidade da água, do sedimento e das comunidades biológicas decorrentes das transformações ambientais e terá efeito a adoção de medidas mitigadoras, quando e se necessário.

Por fim, ressalta-se que a partir do ano de 2016, foi iniciada uma nova etapa do Projeto 11.4.1 devido à formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário. Nesta etapa os resultados e dados provenientes das futuras campanhas de monitoramento limnológico e de qualidade da água superficial serão avaliados comparativamente com a caracterização constatada na fase anterior à formação dos referidos reservatórios. A continuidade do presente Projeto visa o cumprimento e pleno atendimento do seu objetivo principal que se caracteriza por: *“Prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água”*, como também atender as condicionantes relacionadas ao tema preconizadas na LO.

11.4.1.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

NOME DO PROFISSIONAL	FUNÇÃO	FORMAÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CTF IBAMA
Dr. José Galizia Tundisi	Coordenador Geral	Ciências Naturais	CRBio: 033693/01-D	296428
Dra. Takako Matsumura Tundisi	Diretora Técnica Geral	Bióloga	CRBio: 033694/01-D	311387
Dr. José Eduardo Tundisi	Diretor Financeiro	Engenheiro	-	310382
Dr. Donato Seiji Abe	Pesquisador - Relatórios	Biólogo	CRBio: 06075/01-D	311398
Dra Corina V. Sidagis-Galli	Pesquisadora – Relatórios e Banco de Dados	Bióloga	CRBio: 086833/01-D	3781165
Carlos Rogério Lopes Faria	Gestor do Programa	Biólogo	-	3780938
Fernando de Paula Blanco	Especialista de campo e de	Engenheiro	CREA: 5069060871	311418

NOME DO PROFISSIONAL	FUNÇÃO	FORMAÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CTF IBAMA
	laboratório			
Leandro Contri Campanelli	Especialista em fitoplâncton	Biólogo	-	5136560
Ricardo Milanetti Degani	Especialista em macroinvertebrados bentônicos	Biólogo	-	4925742
Fernando Souza Soares	Especialista em zooplâncton	Biólogo	-	3811199
Gabriela Crestana Rabello	Especialista em zooplâncton	Bióloga	-	6321831
Cileise Priscila Pereira de Lima	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	5223059
Valéria Silva Pizzo	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	311376
Lisbeth Podanoschi Faria	Técnica de campo e laboratório	Técnica em Meio Ambiente	CRQ: 04489963	5007175
Haren Santos	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	6321756
Leandro Cesar Lima	Técnico de Campo	Tecnólogo em Gestão Ambiental		6338856
Graciele Podanoschi	Técnica de Campo e Laboratório	Técnica em Meio Ambiente	-	6388573

11.4.1.9. ANEXOS

Anexo 11.4.1 - 1 – Materiais e métodos dos monitoramentos trimestral e mensais do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 2 – Coordenadas geográficas dos pontos da malha amostral dos monitoramentos trimestral e mensais do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 3 – Mapa com a localização dos pontos da malha amostral do monitoramento trimestral do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 4 – Mapas com a localização dos pontos da malha amostral dos monitoramentos mensais (pontos próximos às LTs e vias de acessos e entorno dos canteiros) do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 5 – Métodos da análise estatística multivariada aplicada às variáveis de qualidade da água e do sedimento no monitoramento trimestral do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 6 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados trimestralmente no Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1 - 7 – Resultados de qualidade e granulometria do sedimento dos pontos monitorados trimestralmente no Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1- 8 – Resultados da biota aquática nas campanhas trimestrais de enchente e de cheia (2011-2015) do Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1- 9 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados mensalmente no entorno dos canteiros de obra no Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1- 10 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados mensalmente em locais próximos às Vias de Acesso e Linhas de Transmissão e Vias no Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial.

Anexo 11.4.1-11 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados na fase de pós-enchimento – Plano de Enchimento dos Reservatórios.