

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	11.4.1-152
11.4.1.2.3.	MONITORAMENTO MENSAL – ENTORNO DOS CANTEIROS.. ..	11.4.1-155
11.4.1.2.4.	MONITORAMENTO MENSAL – PONTOS PRÓXIMOS ÀS VIAS DE ACESSO E LINHAS DE TRANSMISSÃO.....	11.4.1-157
11.4.1.2.5.	MONITORAMENTO MENSAL – INTERIOR DOS CANTEIROS	11.4.1-157
11.4.1.2.6.	MONITORAMENTO NICTEMERAL DA QUALIDADE DA ÁGUA . ..	11.4.1-157
11.4.1.2.7.	CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.. ..	11.4.1-158
11.4.1.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO	11.4.1-166
11.4.1.4.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO.... ..	11.4.1-168
11.4.1.5.	ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.1-170
11.4.1.6.	ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA.....	11.4.1-170
11.4.1.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.4.1-172
11.4.1.8.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.4.1-174
11.4.1.9.	ANEXOS.....	11.4.1-175

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

Segundo o diagnóstico do sistema aquático referente à qualidade da água e limnologia apresentada do 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, principalmente pela elevada vazão. 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 diminui 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 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 previram 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 (PBA 11.4), integrante do Plano de Gestão dos Recursos Hídricos (PBA 11). A implementação do

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.

conjunto 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 dos reservatórios e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade da água.

Ressalta-se que, além dos pontos já definidos no EIA/RIMA, 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 em janeiro de 2015, na área do Trecho de Vazão Reduzida/Volta Grande, em atendimento ao Ofício 10268/2014⁵, os quais são: RX MBS, localizado a montante das instalações da Mineradora Belo Sun, na ilha da Ressaca, e RX JBS, localizado a jusante dessas instalações.

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 (no PBA, aprovado em 2011, foram apresentados 34 pontos de coleta).

11.4.1.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

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

No período de dezembro de 2011 a novembro 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 21 campanhas de monitoramento trimestral (dezembro de 2011, março, junho, setembro e novembro de 2012, janeiro,

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.

abril, julho e outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014, janeiro, abril, julho e outubro de 2015, e janeiro, abril, julho e outubro de 2016) na área de influência do empreendimento e 59 campanhas de monitoramento mensal (período de janeiro de 2012 a novembro 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 Principal, Intermediário, Trechos de Vazão Reduzida e Restituição de Vazões, 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 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).

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 Projeto (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 Consolidado e nos relatórios 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 mídia digital. Durante o mês de dezembro de 2016, o Banco de Dados foi totalmente revisado, o qual é apresentado integralmente junto ao presente Relatório.

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.

Adicionalmente, informações obtidas durante os monitoramentos adicionais realizados na fase de operação dos reservatórios da UHE Belo Monte, no período entre março e novembro de 2016, foram consideradas no presente relatório, tais como dados do Reservatório do Xingu, incluindo pontos localizados nos igarapés de Altamira, nos braços formados pelos igarapés Palhal, Bastião e Di Maria, dados do Reservatório Intermediário em pontos localizados próximos à Casa de Força Principal em Belo Monte, bem como, os dados dos pontos localizados no Canal de Fuga e no Trecho de Restituição de Vazões no rio Xingu, as quais estão apresentadas no **Anexo 11.4.1-11**.

No período entre 27 de junho e 08 de agosto de 2016 foram realizadas medições de variação nictemeral da qualidade da água em todas as áreas de monitoramento, como parte do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água (PBA 11.4.1). Os resultados das medidas nictemeraias, realizadas com sonda multi-paramétrica, estão apresentados no **Anexo 11.4.1-12**.

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 outubro 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 PBA. Estas análises buscam evidenciar padrões temporais (entre 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 os resultados das campanhas trimestrais referentes aos cinco ciclos hidrológicos completos (enchente, cheia, vazante e seca) de dezembro de 2011 a outubro de 2016. No 1º ciclo hidrológico foram realizadas duas campanhas de campo referentes ao período de seca: uma em setembro e outra em novembro de 2012. Visando evitar duplicidade de informações correspondentes a um mesmo período do ciclo hidrológico e redundância dos resultados, os dados referentes à campanha de novembro de 2012 foram desconsiderados nas análises estatísticas multivariadas. 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 nas diferentes áreas monitoradas e identificar possíveis alterações que denotem deterioração nos ambientes avaliados durante e após a implantação do empreendimento. Neste sentido, avaliações comparativas foram realizadas com os dados obtidos durante as fases de pré-enchimento, enchimento e de operação, cujo principal objetivo foi o de verificar possíveis alterações ocorridas após 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 as vazões e pluviosidades de campanhas de um mesmo período hidrológico, conforme o **Quadro 11.4.1 - 1**. Vazões máximas no período de cheia durante todo o período monitorado foram observadas no terceiro ciclo hidrológico (fevereiro e março de 2014), sendo que no quinto ciclo hidrológico as vazões de cheia (abril de 2016) foram as menores observadas.

Outra observação é a diferença na pluviosidade verificada entre os diferentes ciclos hidrológicos. Durante a cheia do quinto ciclo (Che_5, em março de 2016), por exemplo, ocorreu o valor máximo de precipitação total mensal registrado (564,5 mm), muito superior aos valores registrados nos ciclos anteriores (2013 a 2015) e semelhante ao valor observado na cheia do primeiro ciclo hidrológico em março de 2012 (521,6 mm). Por outro lado, o quinto ciclo hidrológico foi também caracterizado por baixas vazões, considerando todos os períodos hidrológicos até o presente monitoramento. Portanto, o quinto ciclo hidrológico foi atípico para a região, quando comparado com os ciclos hidrológicos anteriores. Tais alterações no regime pluviométrico e vazão do rio Xingu resultam em grandes variações na qualidade da água nos corpos hídricos. Em geral, em condições de aumento das chuvas 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 de material particulado orgânico e inorgânico, diminuindo a transparência da coluna de água e aumentando os processos de decomposição no ambiente. Em contrapartida, as condições de baixas vazões resultaram no deplecionamento dos reservatórios, como ocorreu na vazante e seca de 2016, com aumento da transparência e das concentrações de íons na água.

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

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m ³ /s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
dez-11	6.008,7	8,6	167,1
jan-12	12.271,5	222,4	280,9
fev-12	21.093,1	288,9	298,2
mar-12	21.114,9	521,6	380,3
abr-12	18.358,7	194,9	319,2
mai-12	10.301,1	163,4	216,5

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m³/s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
jun-12	5.675,4	56,8	115,9
jul-12	3.016,8	33,4	66,6
ago-12	1.606,5	-	23,4
set-12	1.042,7	37,5	35,7
out-12	1.022,6	112,3	56,2
nov-12	1.580,6	19,8	72,4
dez-12	4.099,6	-	167,1
jan-13	5.714,6	330,9	280,9
fev-13	15.856,2	-	298,2
mar-13	17.472,3	483,9	380,3
abr-13	17.886,7	-	319,2
mai-13	15.728,6	310,2	216,5
jun-13	7.277,1	256,1	115,9
jul-13	3.456,0	129,9	66,6
ago-13	2.016,9	22,9	23,4
set-13	1.322,0	99,5	35,7
out-13	1.194,0	65,0	56,2
nov-13	2.683,9	76	72,4
dez-13	5.087,5	119	167,1
jan-14	9.533,6	198,2	280,9
fev-14	15.521,1	461,7	298,2
mar-14	25.524,6	337,9	380,3
abr-14	21.950,1	382,8	319,2
mai-14	15.122,0	151,2	216,5
jun-14	7.581,1	98,4	115,9
jul-14	3.498,7	52,3	66,6
ago-14	1.871,5	142,3	23,4
set-14	1.302,4	79,4	35,7
out-14	1.256,1	92,2	56,2
nov-14	2.684,0	14,9	72,4
dez-14	5.087,0	48,9	167,1
jan-15	6.452,0	293,8	280,9
fev-15	8.687,0	263,7	298,2
mar-15	13.735,0	441,3	380,3
abr-15	16.580,0	274,8	319,2
mai-15	13.342,00	165,2	216,5
jun-15	6.779,00	88,2	115,9

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m ³ /s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
jul-15	3.064,81	139,0	66,6
ago-15	1.632,39	25,4	23,4
set-15	1.069,73	29,0	35,7
out-15	880,48	5,1	56,2
nov-15	1.023,00(*)	32,30	72,4
dez-15	1.425,00(*)	18,30	167,1
jan-16	2.442,00(*)	216,70	280,9
fev-16	6.379,00(*)	269,2	298,2
mar-16	7.798,00(*)	564,5	380,3
abr-16	1.0693(*)	458,2	319,2
mai-16	6.127,00	-	216,5
jun-16	2.732,00	54,4	115,9
jul-16	1.550,00	19,0	66,6
ago-16	890,00	42,5	23,4
set-16	745,00	179,7	35,7
out-16	991,00	89,0	56,2
nov-16	1.635,44	4,50	72,4

(*) As vazões médias a partir de novembro/15 são regidas pela adoção do Hidrograma de Consenso B para as vazões defluentes ao TVR.

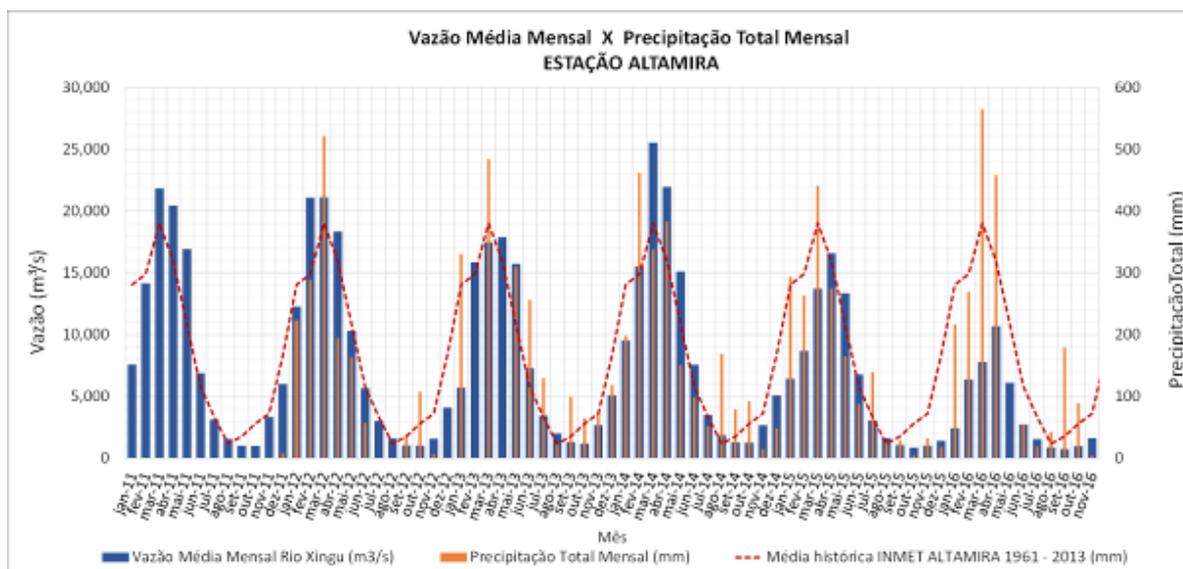


Figura 11.4.1 - 1 – Representação gráfica da vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a novembro de 2016.

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 (49 pontos de coleta) ao longo das 21 campanhas realizadas, 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

Nos Relatórios Consolidados anteriores, as análises multivariadas foram aplicadas a todos os pontos do rio Xingu em conjunto, uma vez que, durante a fase de pré-enchimento, os diferentes trechos do rio Xingu, tais como Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e Trecho de Restituição de Vazão (TRV) se encontravam em continuidade, sem o barramento das águas do rio Xingu.

Com a formação do RX e do Reservatório Intermediário (RI), cujos enchimentos foram completados em fevereiro de 2016, as diferentes áreas de influência até então monitoradas pelo projeto, com exceção do trecho a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), passaram a ser influenciadas, tanto pelas condições climáticas e pelo regime hidrológico natural da bacia do rio Xingu, como pelas atividades de operação da UHE Belo Monte (Casas de Força Principal e Complementar), tornando-as distintas da fase de pré-enchimento dos reservatórios. Após o enchimento, a área do RX passou a ter um volume de água e um tempo de residência maior, sendo que a área do TVR passou a receber vazões controladas, no mínimo, pelo hidrograma B, portanto, vazões distintas da fase de pré-enchimento. Já os igarapés interceptados pelos diques passaram a receber água do Reservatório Intermediário, sendo que a região do TRV recebe a água, tanto do RI via Canal de Fuga da Casa de Força Principal, quanto do rio Xingu proveniente do TVR. Para considerar essas alterações no regime hidrológico, as análises multivariadas foram aplicadas separadamente nas diferentes áreas de monitoramento, de forma a avaliar possíveis alterações na qualidade da água e do sedimento nesses locais, após a formação dos reservatórios.

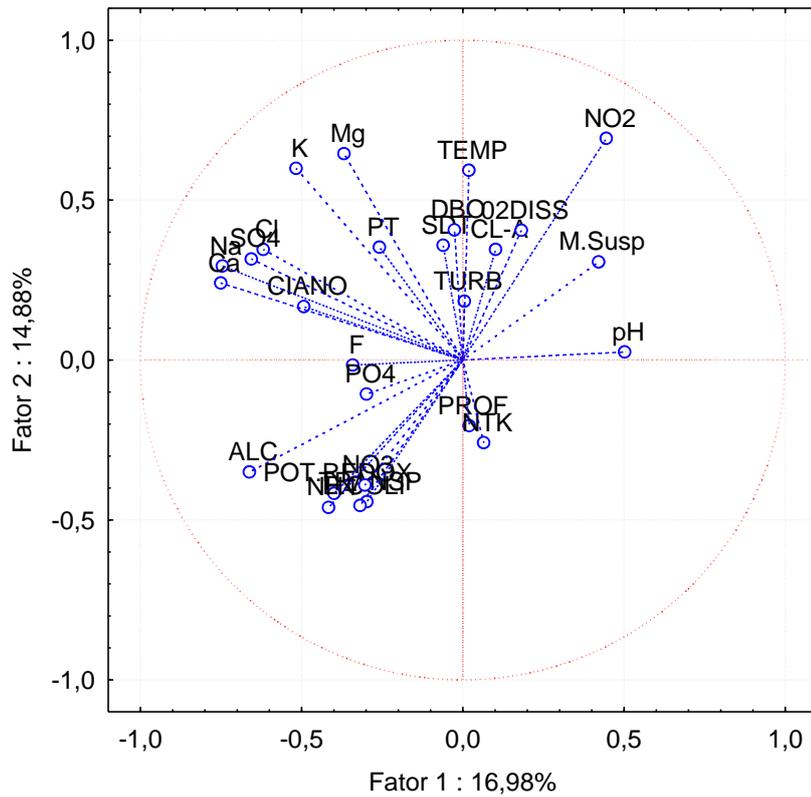
11.4.1.2.1.1.A. ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU (MRX)

O resultado gráfico da 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**. A dispersão das observações (pontos de coleta) no plano fatorial da Análise de Componentes Principais (ACP) no ponto RX 19, localizado na área de MRX, indicou que houve ampla variação da qualidade da água nos distintos períodos e ciclos hidrológicos.

Por outro lado, a partir do gráfico do plano fatorial das variáveis, é possível verificar que várias delas estiveram correlacionadas no decorrer das campanhas, a destacar os íons tais como cloreto, sulfato, sódio, potássio, magnésio e cálcio, cujos vetores se posicionaram no quadrante superior esquerdo. De fato, as variáveis mais relevantes as quais apresentaram os maiores fatores de carregamento na ACP foram esses íons,

juntamente com a temperatura, alcalinidade e pH (**Quadro 11.4.1 - 2**). Tais variáveis estão relacionadas ao ciclo hidrológico do rio Xingu, em geral, com maiores concentrações de íons nos períodos de enchente. Já as variáveis relacionadas à eutrofização, tais como fósforo total, fosfato, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e amônio não foram tão relevantes na análise, haja vista que a área de MRX não está sob influência antrópica importante, diretamente, como por exemplo, existência de áreas urbanas ou agrícolas, nem mesmo sob influência da formação do RX.

Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Montante do Reservatório do Xingu



Projeção das observações de coleta de água no plano fatorial (1 x 2)
Montante do Reservatório do Xingu

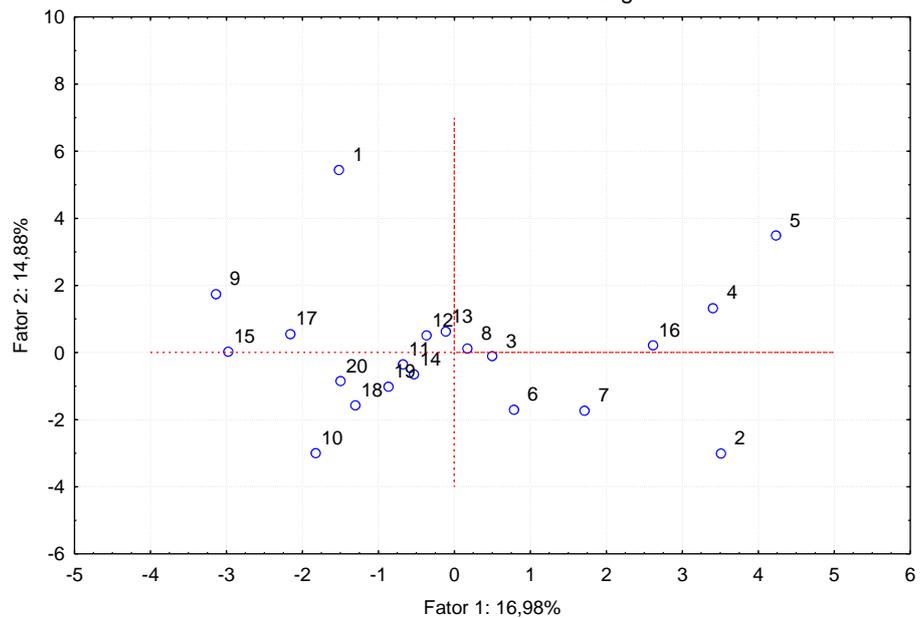


Figura 11.4.1 - 2 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de água obtidas na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos no ponto RX 19, localizado na área de MRX nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

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 ponto RX 19, localizado na área de Montante do Reservatório do Xingu, obtidos nas campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Cálcio	-0,750882	0,240908
Sódio	-0,745730	0,293881
Nitrito	0,445399	0,692832
Alcalinidade	-0,661450	-0,350556
Sulfato	-0,655359	0,315929
Magnésio	-0,367846	0,645149
Cloreto	-0,618541	0,345442
Potássio	-0,516450	0,599328
Temperatura	0,018731	0,593297
pH	0,502702	0,025485
Cianobactérias	-0,493453	0,166915
Amônio	-0,416563	-0,461089
Potencial redox	-0,399584	-0,416836
Fluoreto	-0,341029	-0,015410
<i>E. coli</i>	-0,318044	-0,455051
Nitrato	-0,303990	-0,390806
Fosfato	-0,297845	-0,106059
Transparência	-0,297431	-0,443319
Fósforo total	-0,258632	0,353052
Sólidos totais diss.	-0,061030	0,358986
DBO	-0,025723	0,406824
Turbidez	0,005475	0,184281
Profundidade	0,020240	-0,205353
N total Kjeldahl	0,065435	-0,258421
Clorofila-a	0,102408	0,345593
O2 dissolvido	0,181832	0,405552
Mat. Susp. Total	0,421179	0,307059

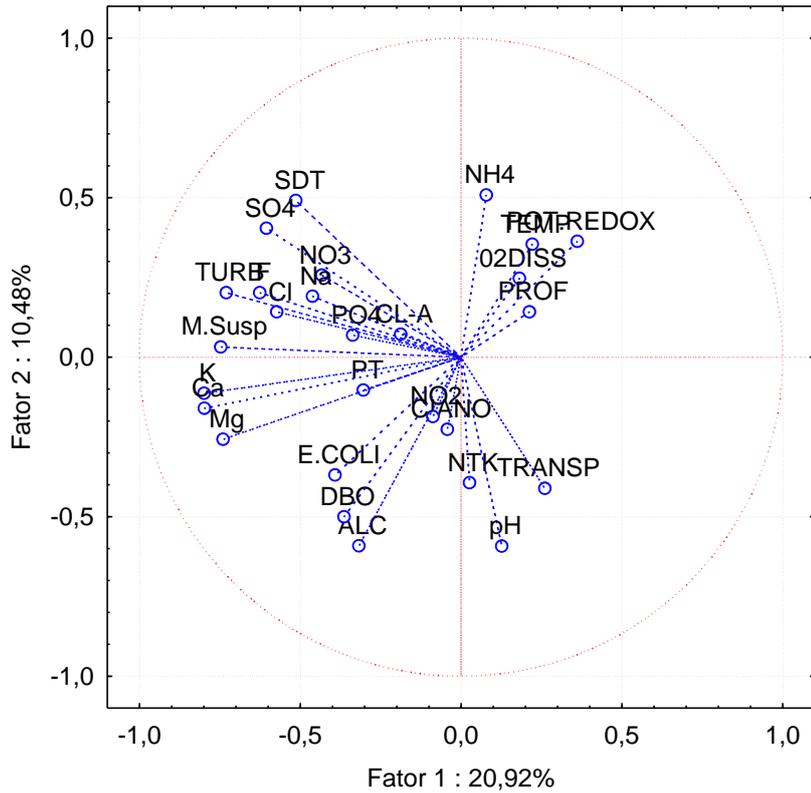
Considerando que uma única observação (1 ponto de monitoramento) foi realizada por campanha de campo na área a Montante do Reservatório do Xingu, correspondente ao ponto RX 19, não foi possível aplicar a Análise de Discriminante para avaliação do conjunto de dados referentes às 21 campanhas realizadas, haja vista que essa análise se torna possível apenas quando o número de observações por campanha seja igual ou superior a 2. Não obstante, a ACP possibilitou o reconhecimento das variáveis de qualidade da água mais relevantes e correlacionadas, as quais indicaram o fator ciclo hidrológico como determinante para a caracterização daquele local.

11.4.1.2.1.1.B. ÁREA DO RESERVATÓRIO DO XINGU (RX)

Os gráficos dos planos fatoriais das variáveis de qualidade da água e das observações referentes aos pontos de coleta na área do RX estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 3**. Nesta análise, os pontos localizados nos igarapés de Altamira (Painelas, Altamira e Ambé) foram analisados separadamente dos demais pontos localizados no RX por se tratarem de ambientes muito distintos, sob maior influência da área urbana de Altamira e de propriedade rurais, apesar de também estarem localizados na área do RX. Tais resultados estão apresentados no item seguinte (11.4.1.2.1.1.C).

Verifica-se que no eixo horizontal, referente ao fator 1, há um agrupamento de vetores referentes aos íons como potássio, cálcio, magnésio, cloreto, fluoreto e sulfato, mas também de material em suspensão, turbidez e sólidos totais dissolvidos no quadrante de esquerda. Já no quadrante direito superior, referente ao eixo do fator 2 (vertical), destaca-se o vetor do íon amônio. Tomando-se como base essas disposições dos vetores das variáveis no plano fatorial da ACP, o eixo 1 (horizontal) corresponde ao fator ciclo hidrológico, o qual determina as concentrações iônicas na água do RX, sendo que o fator 2 (eixo vertical) corresponde à formação do RX, haja vista que o amônio é um indicador de ambientes mais redutores, característico de camadas mais profundas próximas ao sedimento. De fato, o íon amônio, juntamente com outras variáveis como os íons acima citados, além de pH, turbidez, material em suspensão total e sólidos totais dissolvidos, foi uma das variáveis consideradas relevantes na ACP aplicada aos dados obtidos no RX (**Quadro 11.4.1 - 3**), cujos fatores de carregamento nos eixos estimados (1 e 2) foram superiores a 0,5. 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 %.

Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório do Xingu



Projeção das observações de coleta de água no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório do Xingu

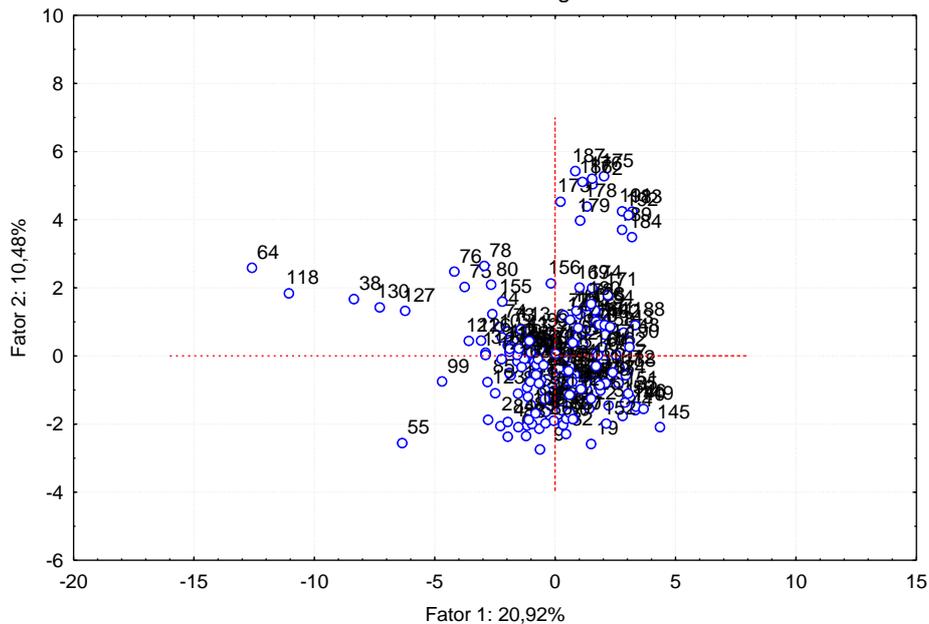


Figura 11.4.1 - 3 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do RX nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 3 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu, obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Potássio	-0,798456	-0,126583
Cálcio	-0,798218	-0,167394
Material Susp. Total	-0,743281	0,018841
Magnésio	-0,738409	-0,262690
Turbidez	-0,729508	0,197231
Fluoreto	-0,649325	0,194482
Sulfato	-0,585035	0,439436
pH	0,129293	-0,597340
Alcalinidade	-0,318082	-0,561194
Cloreto	-0,568064	0,184378
Sól. Totais dissolvidos	-0,513064	0,488814
Amônio	0,077585	0,528437
DBO	-0,363917	-0,493003
Sódio	-0,462078	0,191211
Nitrato	-0,432683	0,256710
<i>E. coli</i>	-0,391252	-0,369520
Fosfato	-0,336345	0,068855
Fósforo total	-0,303429	-0,102884
Clorofila-a	-0,187535	0,071862
Nitrito	-0,087915	-0,186733
Cianobactérias	-0,041931	-0,225735
Nitrogênio total Kjeldahl	0,026478	-0,393339
O2 dissolvido	0,182253	0,247465
Profundidade	0,213066	0,141819
Temperatura	0,221540	0,354224
Transparência	0,261302	-0,411482
Potencial redox	0,361400	0,362556

Assim, as variáveis consideradas relevantes na ACP, 12 no total, foram empregadas na Análise de Discriminante (AD), de modo a se evidenciar as características dos conjuntos de dados obtidos nas campanhas no decorrer do monitoramento no RX. A representação gráfica da AD aplicada aos resultados obtidos nos pontos de coleta do RX 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;

- Quadrados abertos: correspondentes ao período de vazante;
- Losangos preenchidos: correspondentes ao período de seca.

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 setembro de 2012);
- Verdes: referentes ao 2º ciclo hidrológico (janeiro e outubro de 2013);
- Azuis: referentes ao 3º ciclo hidrológico (janeiro e outubro de 2014);
- Amarelos: referentes ao 4º ciclo hidrológico (janeiro e outubro de 2015);
- Roxos: referentes ao 5º ciclo hidrológico, sendo a campanha de janeiro de 2016, correspondente à fase de enchimento do reservatório, e as campanhas de abril, julho e outubro de 2016 correspondentes à fase de pós-enchimento.

Observou-se uma considerável distinção entre os marcadores dos diferentes períodos do ciclo hidrológico, em especial aqueles referentes ao período de enchente (círculos preenchidos), os quais se agruparam no quadrante inferior do plano fatorial, induzidos pelos elevados valores de sólidos dissolvidos totais, cloreto, magnésio e pH, representados pelos vetores das variáveis no gráfico inferior da **Figura 11.4.1 - 4**. Exceção foi observada nos marcadores do período de enchente do 4º ciclo hidrológico (janeiro de 2015), que se agruparam no quadrante superior esquerdo, juntamente com a maior parte dos marcadores referentes ao período de cheia, influenciados pelos maiores valores dos íons fluoreto e cálcio. Destacam-se, também, os marcadores referentes às campanhas de cheia, vazante e seca do 5º ciclo hidrológico, correspondentes ao período de pós-enchimento do RX, os quais se agruparam no quadrante superior esquerdo do plano fatorial, o que demonstra uma distinção das condições antes, durante e após a formação do reservatório. Apesar dessa distinção observada, a análise de discriminante demonstra que as variações na qualidade da água do RX estiveram atreladas à composição iônica, e não às variáveis indicadoras de eutrofização, tais como fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, DBO, *E. coli*, clorofila-a e densidade de cianobactérias, variáveis essas que, em geral, apresentam elevadas concentrações nas fases iniciais da formação de reservatórios, bem como ocorrência de anoxia. Já a composição iônica da água nos pontos do RX esteve relacionada ao regime de pluviosidade nas distintas das estações do ciclo hidrológico, que resultou no maior ou menor carreamento de determinados íons para o curso do rio Xingu.

Tais resultados não evidenciam, portanto, o processo de eutrofização na fase inicial de formação do RX. A boa qualidade da água do rio Xingu, somada à inexistência de aportes importantes de nutrientes na bacia e ao baixo tempo de retenção do RX certamente contribuem para essa condição.

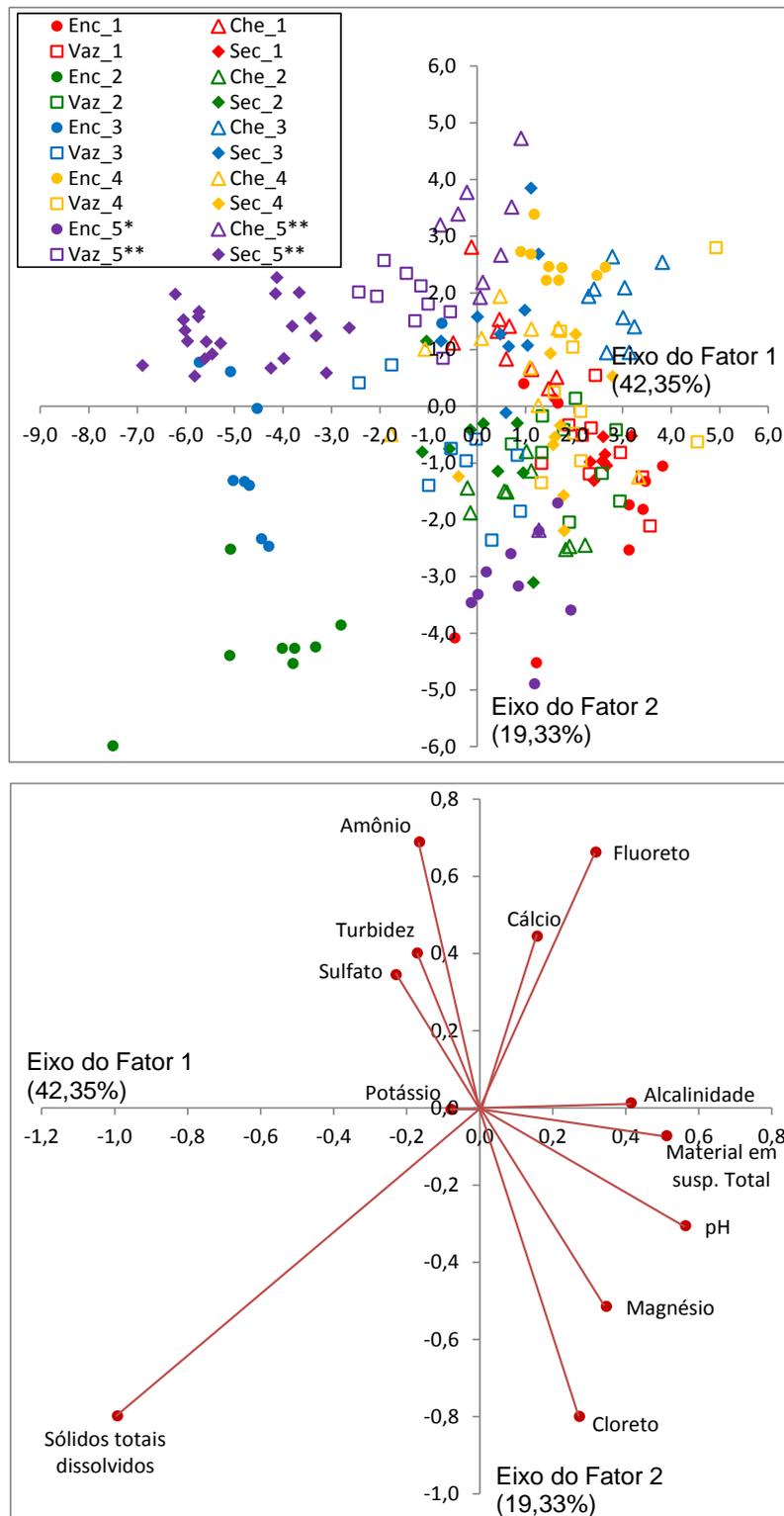


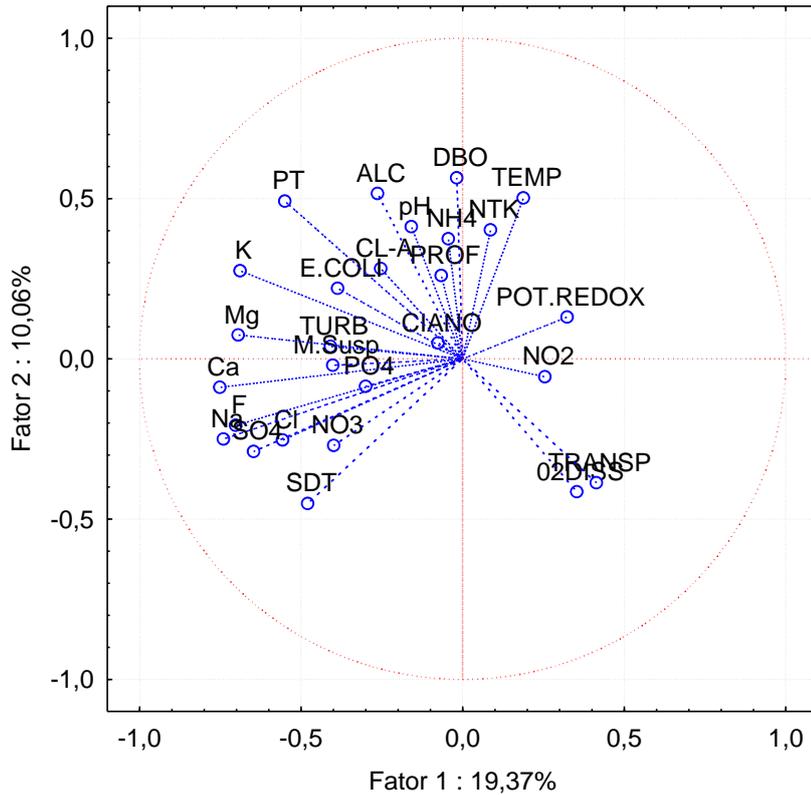
Figura 11.4.1 - 4 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Reservatório do Xingu nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

Na **Figura 11.4.1 - 5** estão apresentados os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados de qualidade da água obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira nas campanhas de campo trimestrais dos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Nota-se que os vetores referentes aos íons como cloreto, sódio, potássio, magnésio, cálcio e sulfato, bem como as variáveis turbidez e material em suspensão total, se agruparam no quadrante esquerdo do plano fatorial, junto ao eixo 1 (horizontal), sendo que os vetores das variáveis indicadoras de eutrofização, tais como DBO, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl e amônio se agruparam no quadrante superior, junto ao eixo 2 (vertical), em oposição aos vetores das variáveis oxigênio dissolvido e transparência, agrupados no quadrante inferior.

No **Quadro 11.4.1 - 4** estão apresentados os fatores de carregamento obtidos na ACP para as variáveis de qualidade da água dos igarapés de Altamira. De forma distinta às variáveis observadas nos pontos localizados no RX, nos igarapés de Altamira algumas variáveis indicadoras de eutrofização, tais como fósforo total e DBO, apresentaram valores de correlação superiores a 0,5 e, portanto, consideradas relevantes na análise, as quais, juntamente com os íons cloreto, sódio, potássio, magnésio, cálcio, sulfato e fluoreto, além de temperatura e alcalinidade, foram incluídas na análise de discriminante.

Os gráficos resultantes da análise de discriminante aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 6**. Verifica-se que, em geral, os marcadores referentes ao período de cheia de todos os ciclos hidrológicos (triângulos abertos) se agruparam no quadrante superior esquerdo, correlacionados com os vetores das variáveis DBO e fluoreto, sendo que os marcadores referentes ao período de seca (losangos preenchidos) se agruparam no quadrante inferior, correlacionados com os vetores das variáveis sódio e magnésio. Verifica-se que os marcadores referentes ao 4º ciclo hidrológico, de coloração amarela, apresentaram pouca dispersão em comparação com os marcadores dos demais ciclos hidrológicos, possivelmente condicionadas pelas intervenções realizadas naquele período, como remoção das palafitas que ocupavam as margens dos igarapés Altamira e Ambé, dragagem do leito, supressão da vegetação do entorno e redução significativa do aporte de esgotos domésticos. Já no quinto ciclo hidrológico (marcadores em roxo), a dispersão foi maior, possivelmente sob influência da formação do RX, com aumento do nível da água nos períodos de cheia e vazante e grande diminuição no período de seca causada pela baixa vazão afluente, o que acarretou o deplecionamento do RX.

Projeção das variáveis no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira - Reservatório do Xingu



Projeção das observações no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira - Reservatório do Xingu

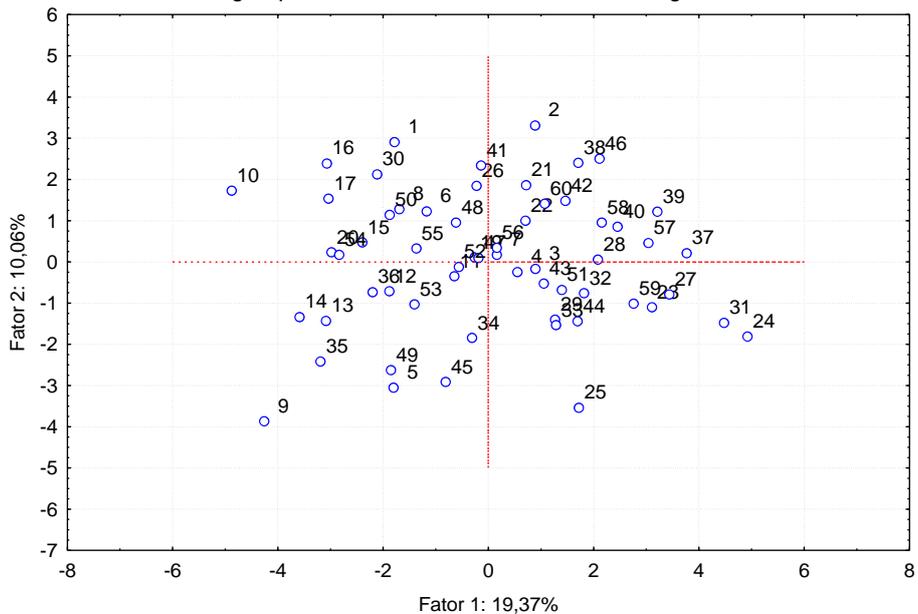


Figura 11.4.1 - 5 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (Área do RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 4 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (área do RX), obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Cálcio	-0,750871	-0,088681
Sódio	-0,740169	-0,250433
Fluoreto	-0,702932	-0,207618
Magnésio	-0,694252	0,074389
Potássio	-0,688876	0,274787
Sulfato	-0,646474	-0,288780
DBO	-0,018593	0,564084
Cloreto	-0,557009	-0,252672
Fósforo total	-0,550348	0,492374
Alcalinidade	-0,263601	0,515826
Temperatura	0,187789	0,501732
Sólidos diss. Totais	-0,478818	-0,450849
Turbidez	-0,408973	0,038760
Mat. Susp. Total	-0,401459	-0,020545
Nitrato	-0,398325	-0,270482
<i>E. coli</i>	-0,386931	0,219527
Fosfato	-0,300765	-0,085412
Clorofila-a	-0,253165	0,281602
pH	-0,158723	0,412492
Cianobactérias	-0,076101	0,049402
Profundidade	-0,065908	0,259598
Amônio	-0,044316	0,373974
Nitrogênio total Kjeldahl	0,085967	0,401820
Nitrito	0,254073	-0,055830
Potencial redox	0,322913	0,130471
Oxigênio dissolvido	0,353075	-0,414517
Transparência	0,414037	-0,386078

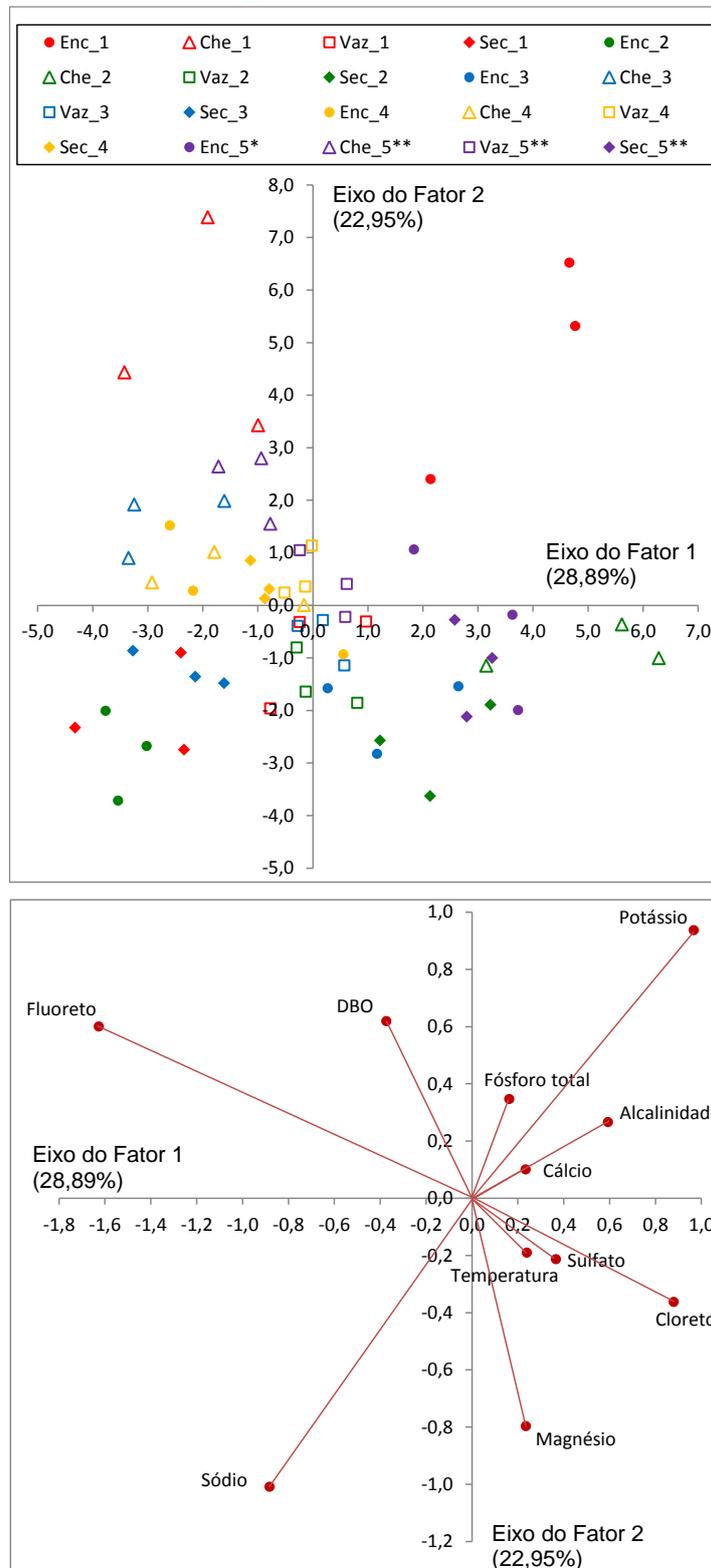


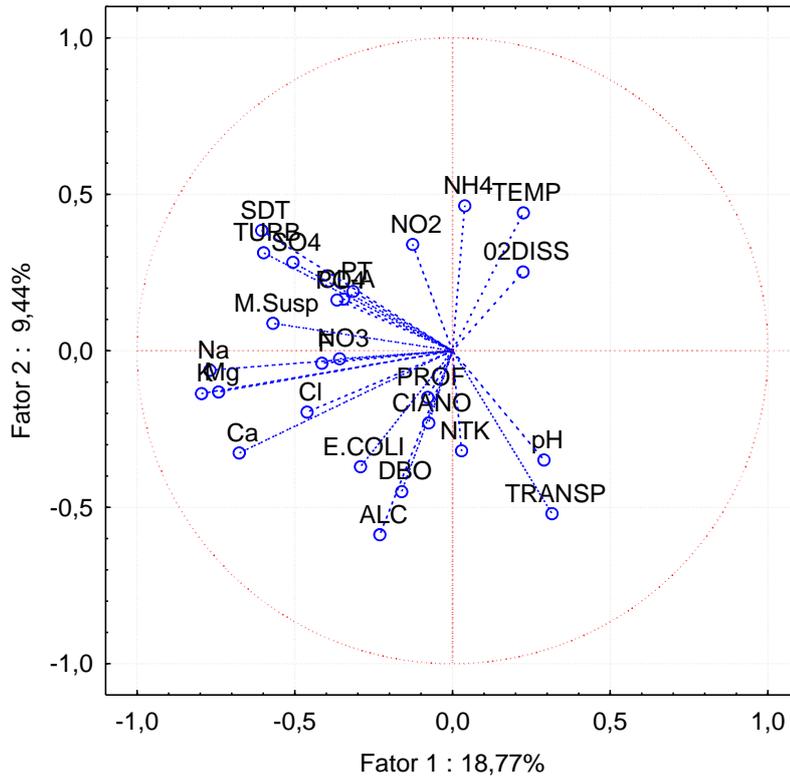
Figura 11.4.1 - 6 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados nos igarapés de Altamira (área do RX), nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.D. ÁREA DO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

Na **Figura 11.4.1 - 5** estão apresentados os gráficos das projeções das variáveis de qualidade da água e das observações nos planos fatoriais obtidos na ACP referentes aos pontos de coleta na área do Trecho de Vazão Reduzida nos cinco ciclos hidrológicos monitorados. A disposição dos agrupamentos dos vetores das variáveis de qualidade da água no plano fatorial foi muito semelhante àquela observada para os pontos do RX, no qual se verificou correlação entre os vetores dos íons como cloreto, sódio, potássio, magnésio, cálcio e sulfato no quadrante da esquerda, próximos ao eixo do fator 1 (horizontal), atribuído ao ciclo hidrológico do rio Xingu.

Os valores dos fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água obtidos na ACP estão apresentados no **Quadro 11.4.1 - 3**. Do total das variáveis utilizadas, 9 foram consideradas relevantes e aplicadas na Análise de Discriminante, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 6**.

Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Vazão Reduzida



Projeção das observações de coleta de água no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Vazão Reduzida

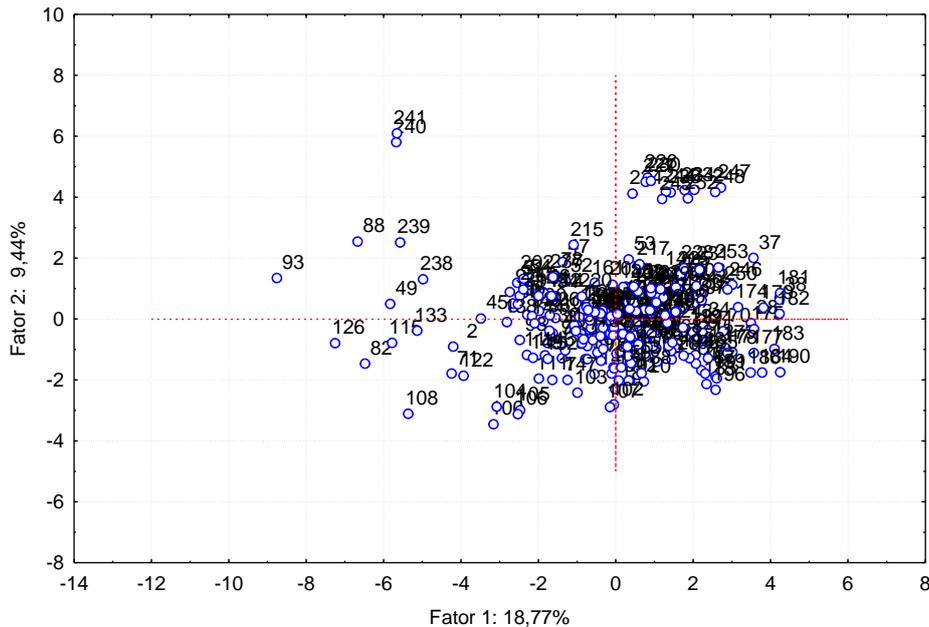


Figura 11.4.1 - 7 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 5 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do TVR em campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Potássio	-0,795928	-0,136314
Sódio	-0,768640	-0,061697
Magnésio	-0,741777	-0,131137
cálcio	-0,676446	-0,326301
Sólidos totais dissolvidos	-0,604821	0,384635
Turbidez	-0,598614	0,313146
Alcalinidade	-0,230012	-0,588099
Material em susp. Total	-0,569122	0,088115
Transparência	0,315899	-0,520378
Sulfato	-0,505675	0,282721
Cloreto	-0,461115	-0,196080
Fluoreto	-0,414041	-0,039176
Fosfato	-0,365833	0,162609
Nitrato	-0,357406	-0,025370
Clorofila-a	-0,346264	0,165321
Fósforo total	-0,315680	0,189810
E. coli	-0,291749	-0,370224
DBO	-0,161151	-0,449326
Nitrito	-0,126504	0,339928
Profundidade	-0,077828	-0,148964
Cianobactérias	-0,075803	-0,230243
Nitrogênio total Kjeldahl	0,028782	-0,319831
Amônio	0,039012	0,464038
Oxigênio dissolvido	0,223841	0,252125
Temperatura	0,223935	0,440992
pH	0,290101	-0,348861

Os eixos resultantes da análise explicam juntos 61,26 % da variabilidade ocorrida na área, sendo que o “eixo 1” respondeu por 37,56 % e o “eixo 2” por 23,69 % deste total.

Observou-se uma distinção entre as campanhas de enchente e cheia e as campanhas de vazante e seca dos quatro primeiros ciclos hidrológicos na área do TVR. Os marcadores de enchente e cheia (círculos preenchidos e triângulos vazados) se mantiveram, na sua grande maioria, agrupados no quadrante inferior do plano fatorial, influenciados pela maior turbidez e maiores concentrações de material em suspensão, potássio e cálcio naqueles períodos, identificados pelos vetores do gráfico inferior da **Figura 11.4.1 - 6**, resultantes dos regimes de pluviosidade e hidrológico. Já os marcadores dos períodos de vazante e seca (quadrados vazados e losangos preenchidos) se mantiveram, em geral, no quadrante superior. Por outro lado, os marcadores dos períodos de enchente e seca do 5º ciclo hidrológico (círculos e losangos

preenchidos em roxo) ficaram agrupados no quadrante superior do plano fatorial, se destacando em relação aos marcadores dos demais períodos dos quatro primeiros ciclos hidrológicos. No caso dos marcadores do período de seca, a variável determinante na disposição destes foi a transparência da água, maior nesse período, sendo que no caso dos marcadores do período de enchente, a variável determinante foi o íon sódio, tomando-se como base a disposição dos vetores dessas variáveis. Já os marcadores dos períodos de cheia e vazante do 5º ciclo hidrológico se mantiveram dispersos nas mesmas porções dos marcadores dos demais ciclos hidrológicos, não evidenciando, portanto, alterações importantes na qualidade da água do rio Xingu, no TVR, após a formação do RX.

Da mesma forma como observado no RX, as variáveis indicadoras de eutrofização não foram influentes nas análises multivariadas aplicadas aos dados obtidos nos pontos do TVR, o que caracteriza águas de boa qualidade nessa área.

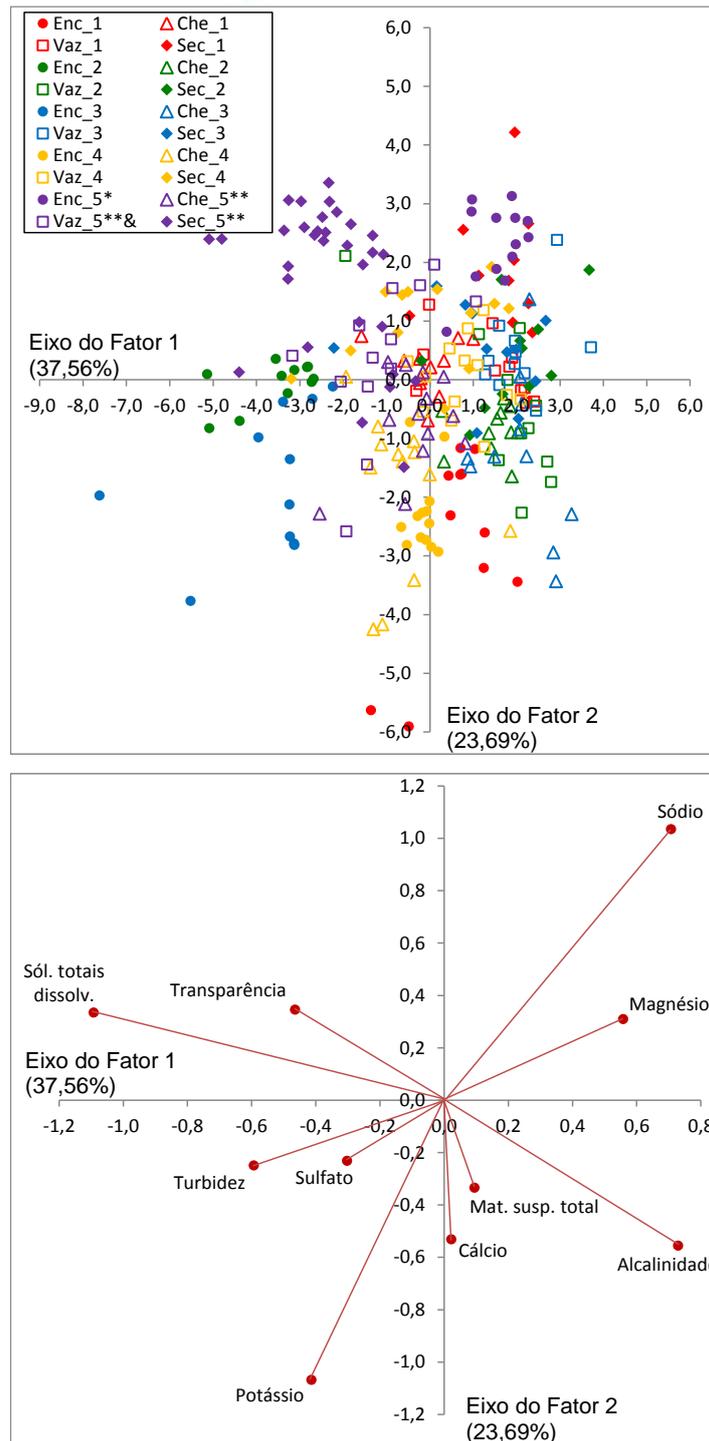


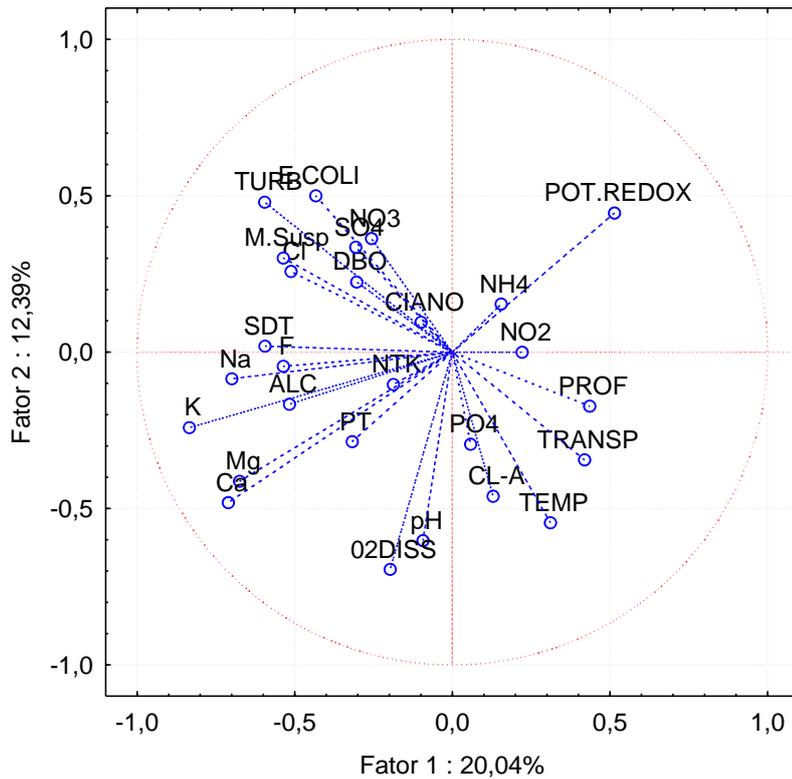
Figura 11.4.1 - 8 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.E. PONTOS DE COLETA NO TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Os gráficos das projeções das variáveis de qualidade da água e das observações no plano fatorial referentes aos pontos de coleta no Trecho de Restituição de Vazão estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 9**. No eixo do fator 1 (horizontal), variáveis como sólidos totais dissolvidos, fluoreto, sódio, potássio e alcalinidade, em oposição à variável potencial redox, possivelmente relacionadas às alterações do ciclo hidrológico do rio Xingu, sendo que no eixo 2 (vertical), variáveis como *E. coli*, turbidez, material em suspensão, sulfato e DBO se agruparam no quadrante superior, em oposição às variáveis que apresentaram baixos valores, como oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a, temperatura e transparência, as quais se agruparam no quadrante inferior, relacionadas às características predominantes no ponto TUC 01, localizado no igarapé Tucuruí, características essas bastante distintas daquelas observadas no rio Xingu.

Dentre as 27 variáveis aplicadas na ACP, 14 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 6**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 10**. Assim como observada nas áreas do RX e do TVR, verifica-se uma distinção entre os agrupamentos dos marcadores das diferentes campanhas e ciclos hidrológicos, condicionada pelo regime pluviométrico na bacia do rio Xingu.

Projeção das variáveis no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Restituição de Vazão



Projeção das observações de coleta de água no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Restituição de Vazão

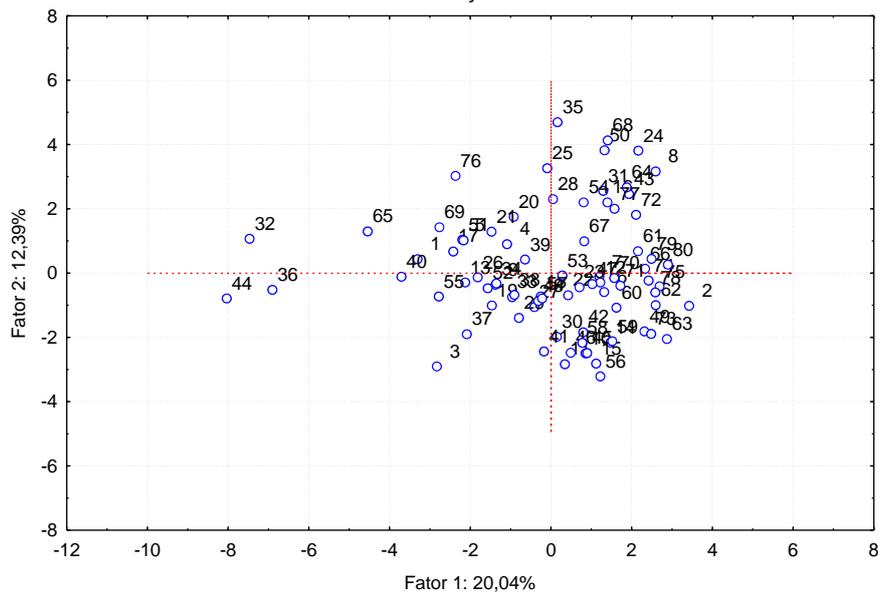


Figura 11.4.1 - 9 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 6 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do TRV em campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Potássio	-0,834715	-0,240717
Cálcio	-0,710255	-0,480990
Sódio	-0,699172	-0,085349
Oxigênio dissolvido	-0,197345	-0,694374
Magnésio	-0,674806	-0,413031
pH	-0,092592	-0,602437
Turbidez	-0,595346	0,480098
Sólidos totais dissolvidos	-0,594144	0,018979
Temperatura	0,310924	-0,545502
Fluoreto	-0,536657	-0,045320
Material em susp. Total	-0,536215	0,301667
Alcalinidade	-0,516473	-0,166666
Potencial redox	0,514727	0,445126
Cloreto	-0,511643	0,258486
<i>E. coli</i>	-0,433618	0,499956
Fósforo total	-0,317797	-0,286321
Sulfato	-0,306018	0,335709
DBO	-0,303807	0,225015
Nitrato	-0,256563	0,363781
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,187502	-0,103802
Cianobactérias	-0,099184	0,095825
Fosfato	0,058293	-0,294161
Clorofila-a	0,129035	-0,460792
Amônio	0,154796	0,154168
Nitrito	0,221433	0,000342
Transparência	0,419061	-0,344667
Profundidade	0,435178	-0,172773

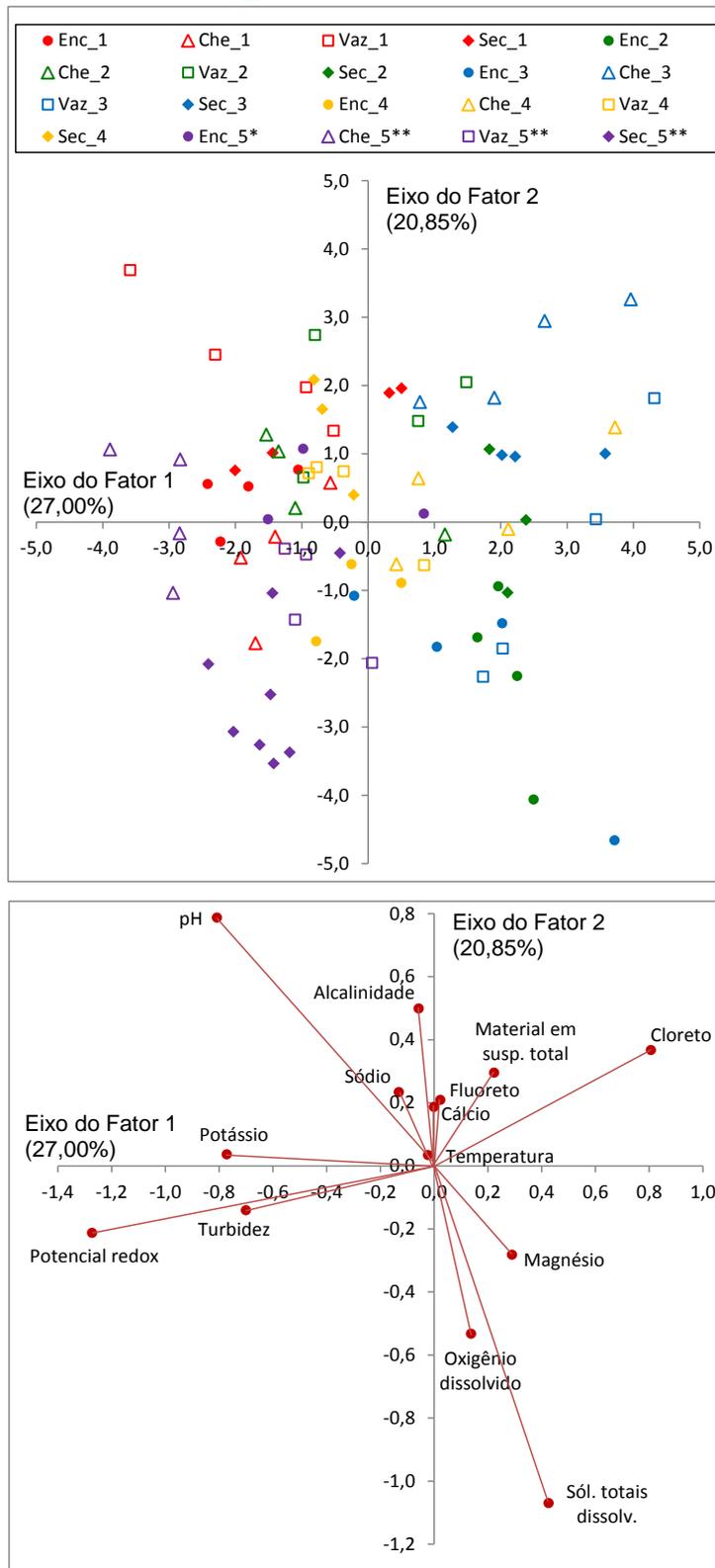
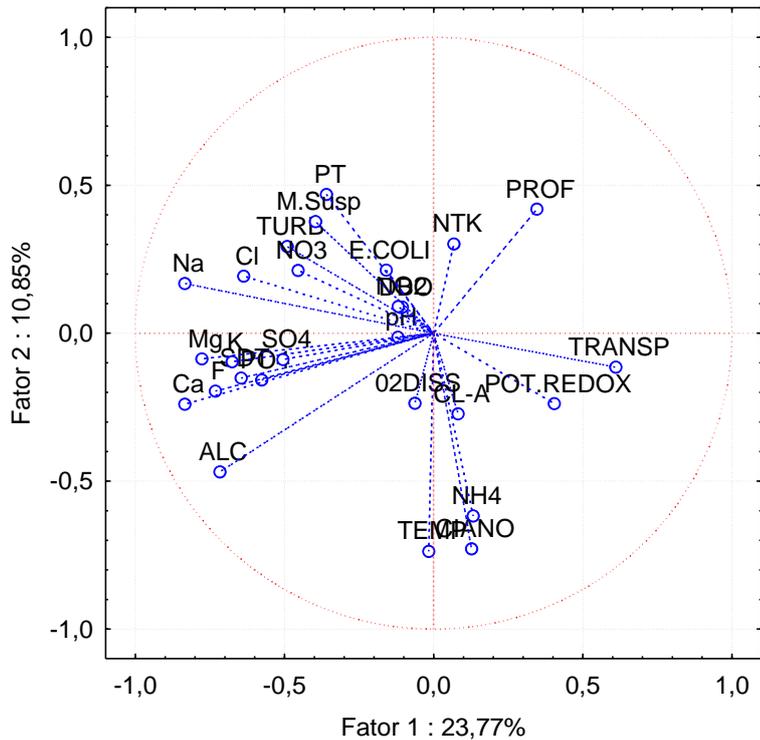


Figura 11.4.1 - 10 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.F. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI

Em relação aos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI), também verificam-se agrupamentos nos planos fatoriais das variáveis e das observações resultantes da ACP (**Figura 11.4.1 - 11**), condicionados pelo regime de precipitações nos distintos períodos dos ciclos hidrológicos. Do total das 27 variáveis empregadas na ACP, 13 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 7**) e utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 12**. Nota-se que os marcadores referentes ao período de enchente se agruparam, em geral, no quadrante superior do plano fatorial, condicionados pelos valores mais elevados dos íons magnésio, potássio, cloreto e pelos sólidos totais dissolvidos, sendo que nos períodos de cheia, vazante e seca os marcadores se agruparam na porção mais central, junto ao eixo 1. Já os marcadores referentes ao 5º ciclo hidrológico, referente aos períodos de enchimento e pós-enchimento do RI, os marcadores se posicionaram no quadrante inferior, ou seja, em uma porção distinta do plano fatorial quando comparado aos agrupamentos dos marcadores referentes aos demais ciclos hidrológicos da fase de pré-enchimento, condicionados pelos íons amônio, sódio e cálcio, bem como pelas variáveis temperatura, alcalinidade e densidade de cianobactérias. Tal distinção se deve muito provavelmente à formação do RI, uma vez que os igarapés interceptados pelos diques, os quais recebiam as águas das próprias bacias originais durante a fase de pré-enchimento, passaram a receber água superficial desse reservatório, o qual, por sua vez, recebe grande parte da água do rio Xingu via canal de derivação, além das águas dos igarapés. Não obstante, tais alterações observadas na qualidade da água dos IID-RI, após a formação do RI, não resultaram em diminuição da riqueza total e da diversidade de organismos fitoplanctônicos, zooplanctônicos e bentônicos, comprovados nos resultados da biota aquática apresentados no **Item 11.4.1.2.1.3** deste documento.

Projeção das variáveis no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário



Projeção das observações no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário

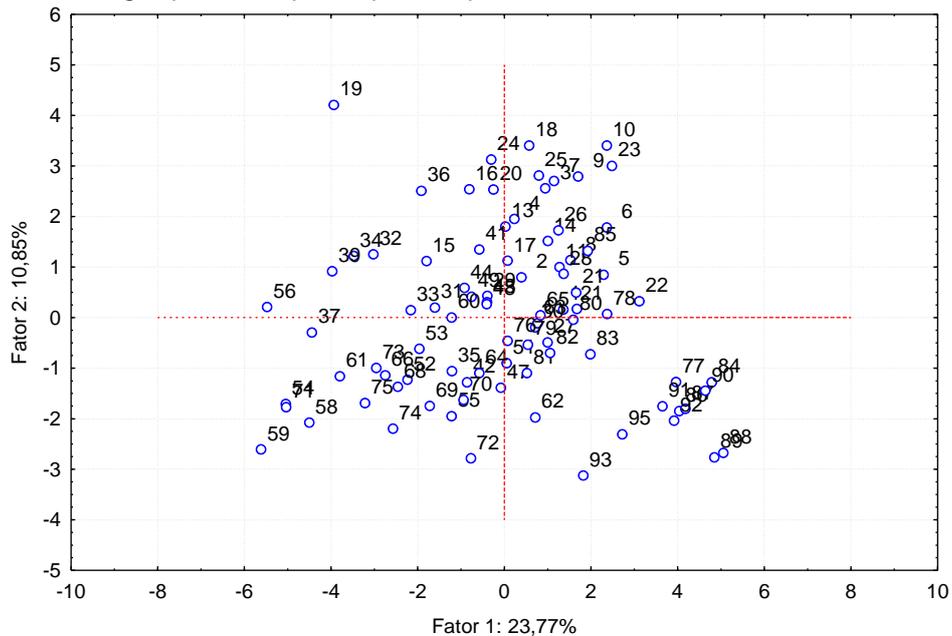


Figura 11.4.1 - 11 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 7 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos Igarapés Interceptados pelos Diques em campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Cálcio	-0,836113	-0,244959
Sódio	-0,816440	0,209824
Magnésio	-0,785009	-0,192416
Temperatura	-0,022457	-0,742973
Alcalinidade	-0,738379	-0,417834
Fluoreto	-0,724743	-0,042292
Potássio	-0,686700	-0,286882
Cianobactérias	0,102174	-0,674633
Sólidos totais dissolvidos	-0,657240	-0,042887
Cloreto	-0,649069	0,142090
Amônio	0,097832	-0,609329
Transparência	0,584814	-0,101016
Fosfato	-0,540181	-0,208002
Turbidez	-0,488024	0,282494
Sulfato	-0,474727	0,077215
Nitrato	-0,427330	0,375435
Material em suspensão total	-0,398540	0,398568
Fósforo total	-0,396648	0,343463
DBO	-0,114195	-0,136537
Nitrito	-0,106076	0,139269
pH	-0,088249	0,122054
<i>E. coli</i>	0,002825	0,402327
Clorofila- <i>a</i>	0,002889	-0,449168
Oxigênio dissolvido	0,040760	-0,019701
Nitrogênio total Kjeldahl	0,043359	0,148658
Profundidade	0,341041	0,442363
Potencial redox	0,414715	-0,276026

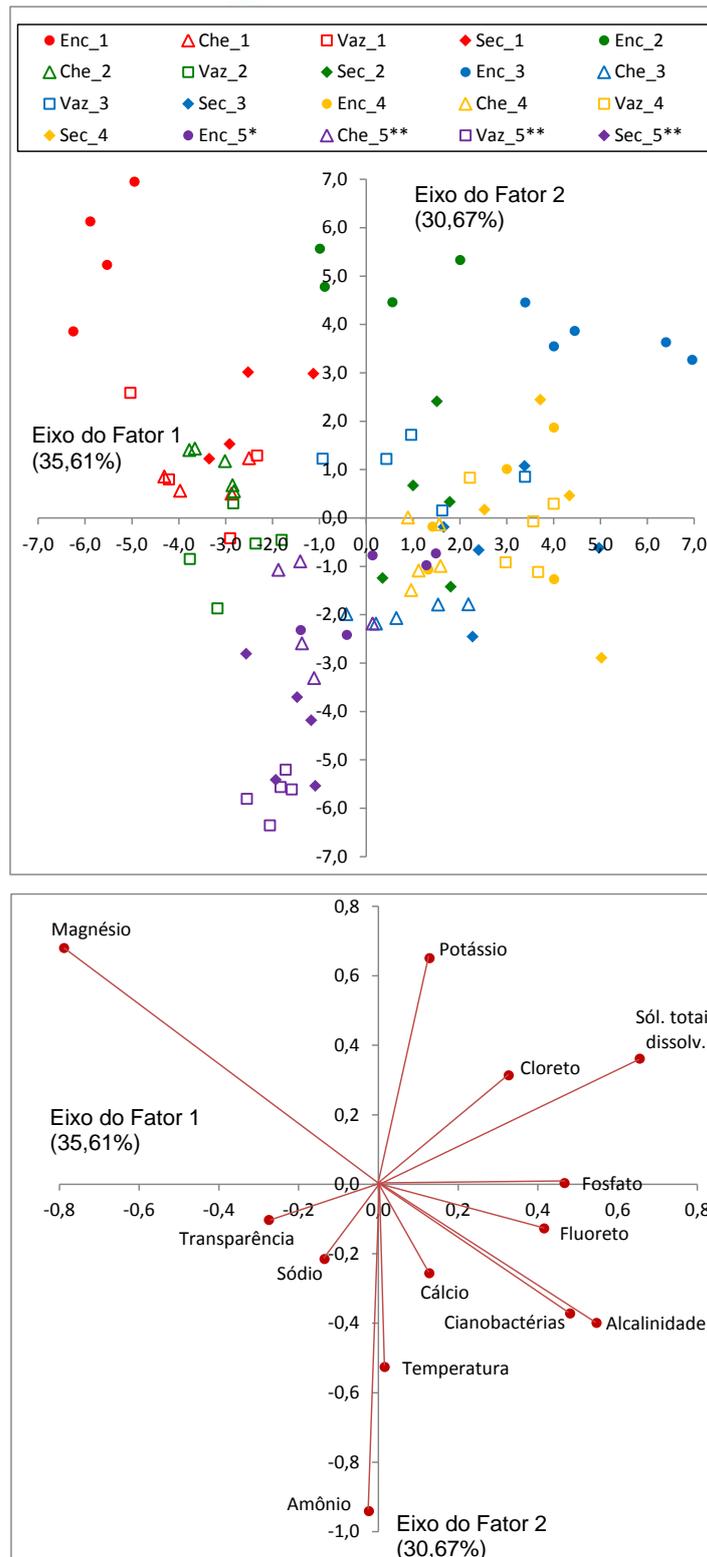


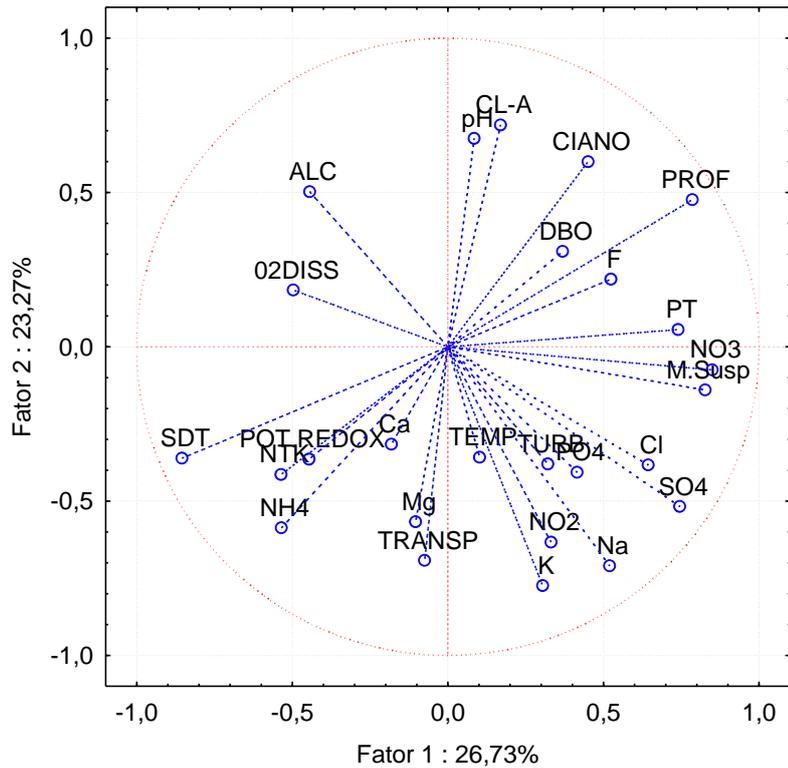
Figura 11.4.1 - 12 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.G. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

De forma distinta aos planos fatoriais da ACP obtidos com os dados das demais áreas monitoradas, os vetores das variáveis resultantes da análise aplicada aos dados obtidos no RI apresentaram-se espalhados no plano fatorial, sendo que os *biplots* referentes aos pontos de coleta mantiveram-se agrupados, relacionados às diferentes características da qualidade da água observadas nos três períodos (abril, julho e outubro de 2016) monitorados (**Figura 11.4.1 - 13**). Dentre as variáveis aplicadas na ACP, 12 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 8**) e utilizadas para a AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 14**.

Verifica-se uma nítida distinção entre os marcadores no plano fatorial, o que evidencia a distinção entre as características da qualidade da água em cada campanha. Assim, na campanha de cheia, cujos marcadores se posicionaram no quadrante esquerdo superior, as variáveis mais correlacionadas foram fósforo total e pH, identificadas pelo posicionamento dos vetores no plano fatorial, sendo que os marcadores da campanha de vazante se posicionaram no quadrante esquerdo inferior, correlacionados às variáveis cianobactérias, nitrato, profundidade e material em suspensão total. Já os marcadores do período de seca se posicionaram no quadrante superior direito, correlacionados com as variáveis sólidos totais dissolvidos, sódio e cálcio. Tais distinções observadas nos três diferentes períodos estão relacionadas ao regime hidrológico na região, bem como, às alterações verificadas no próprio RI, em estágio de estabilização.

Projeção das variáveis no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório Intermediário



Projeção das observações no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório Intermediário

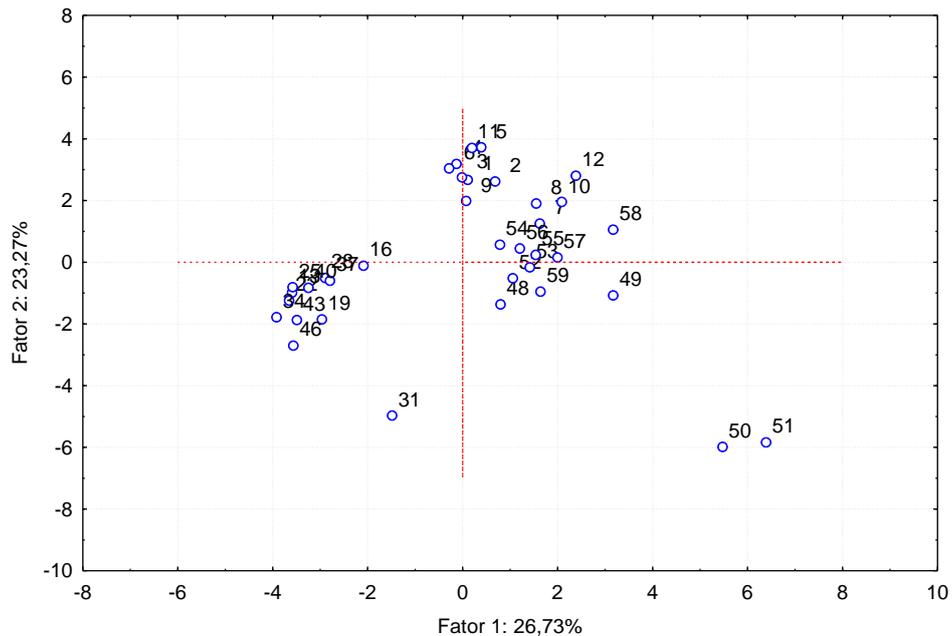


Figura 11.4.1 - 13 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) no 5º ciclo hidrológico, referente à fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 8 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no RI em campanhas realizadas no 5º ciclo hidrológico do monitoramento, referente à fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Material em suspensão total	-0,905279	-0,213730
Temperatura	0,852973	0,342362
Sólidos totais dissolvidos	0,837047	-0,225868
Fluoreto	0,166354	-0,792564
pH	0,791625	-0,265046
Alcalinidade	0,384512	-0,758298
Potencial redox	0,753623	-0,087417
Nitrogênio total Kjeldahl	0,265055	0,711399
Nitrito	-0,176638	-0,685973
Cianobactérias	0,174236	0,682171
Turbidez	0,650497	-0,624528
Fósforo total	0,209547	-0,649877
Cálcio	-0,615611	-0,504933
Sódio	-0,375420	0,597647
Magnésio	-0,592614	-0,326742
Clorofila-a	0,573045	-0,476714
Oxigênio dissolvido	0,542542	0,149878
Profundidade	0,538154	0,524905
Nitrato	-0,210961	-0,511128
Potássio	-0,503196	-0,281432
Transparência	0,415190	0,244048
DBO	0,272111	-0,455079
Cloreto	0,048214	-0,377628
Sulfato	-0,239825	-0,261636
Amônio	-0,465191	0,270178

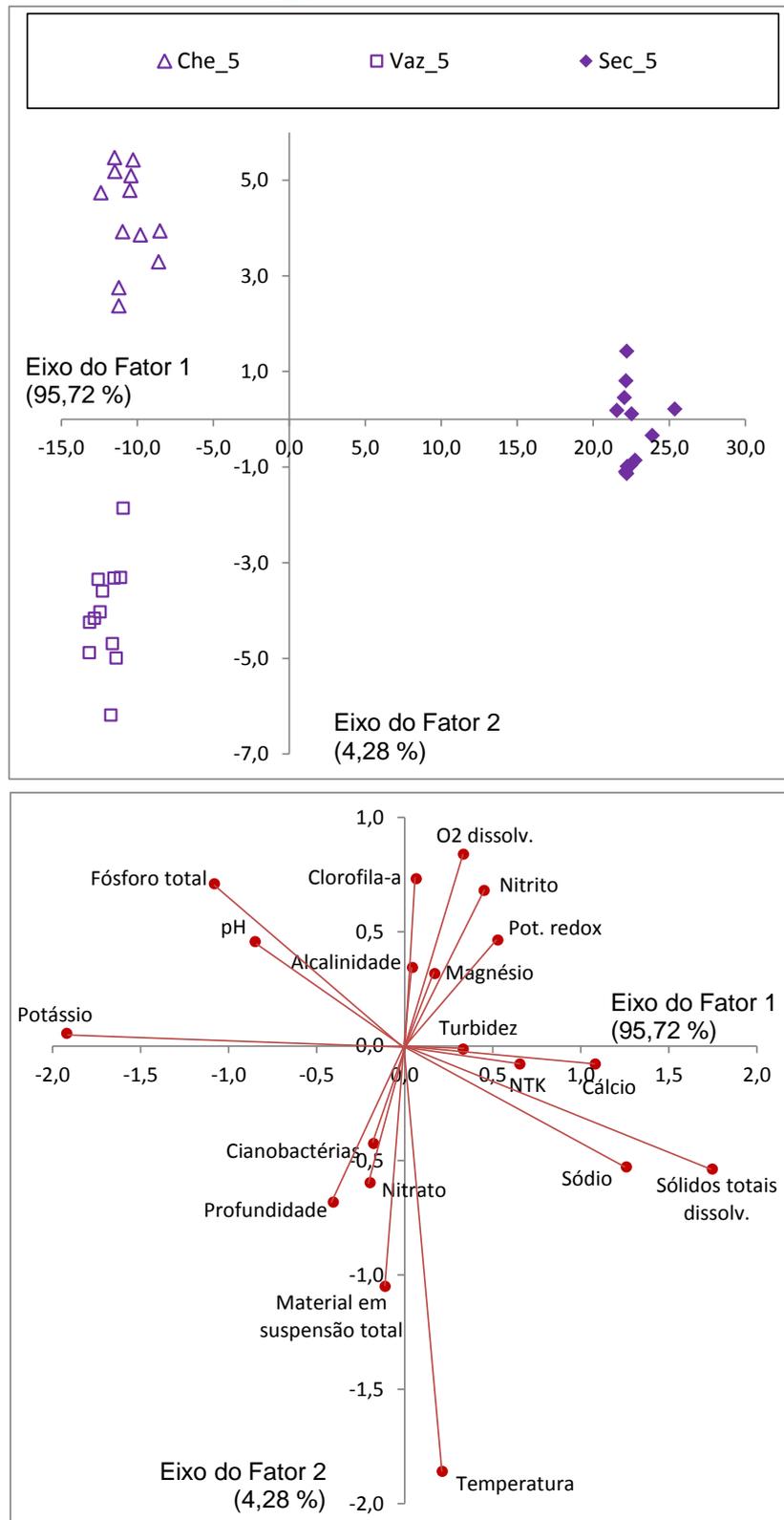


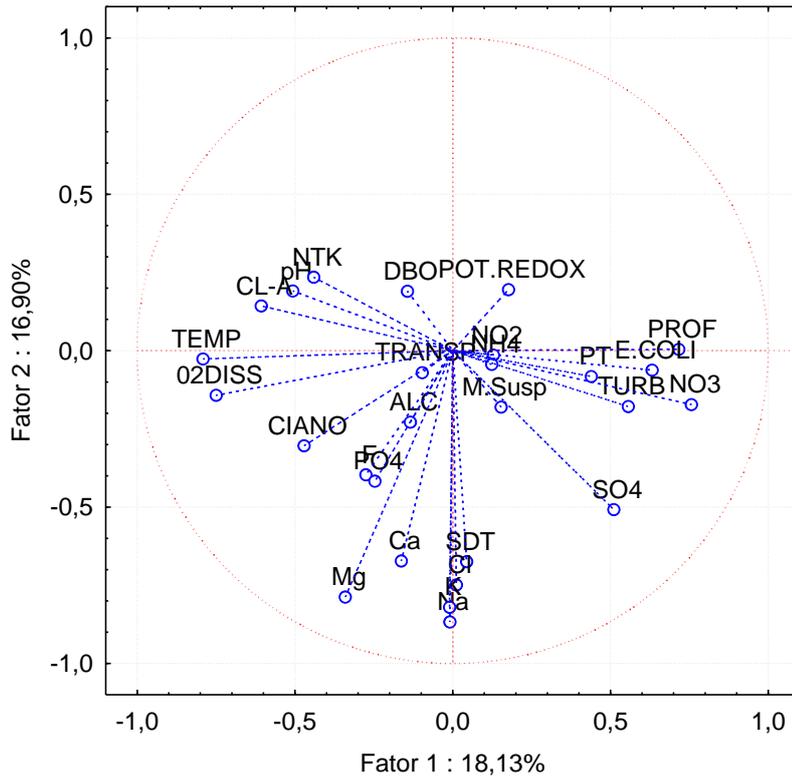
Figura 11.4.1 - 14 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta nos pontos localizados no RI no 5º ciclo hidrológico, referente à fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.1.H. PONTOS LOCALIZADOS NO RIO BACAJÁ

Os vetores das variáveis de qualidade da água obtidos na ACP aplicada aos dados dos pontos do Rio Bacajá apresentaram-se agrupados em distintas porções do plano fatorial (**Figura 11.4.1 - 15**), relacionados às características observadas em cada período do ciclo hidrológico. Por exemplo, os vetores de temperatura e oxigênio dissolvido se posicionaram no quadrante esquerdo inferior, próximo ao eixo do fator 1 (horizontal), relacionados às condições normalmente verificadas nos períodos de seca, sendo que os vetores das variáveis cloreto, sódio, potássio, magnésio, cálcio e sólidos totais dissolvidos se agruparam no quadrante inferior, próximo ao eixo 2 (vertical), relacionados às condições observadas nos períodos de enchente. Já os vetores das variáveis profundidade, *E. coli*, turbidez, nitrato e fósforo total, foram agrupados no quadrante direito do plano fatorial, próximos ao eixo do fator 1, relacionados às condições observadas no período de cheia.

Dentre as variáveis utilizadas na ACP, 15 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 9**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 16**. Nota-se uma nítida distinção entre os agrupamentos dos marcadores referentes aos diferentes períodos do ciclo hidrológico, relacionados, conforme descrito anteriormente, às condições da qualidade da água. Porém, com relação ao 5º ciclo hidrológico, nota-se que os marcadores das campanhas de enchente, vazante e seca se mantiveram agrupados muito próximos no quadrante superior. Tal disposição dos marcadores do 5º ciclo hidrológico sugere que as condições da qualidade da água no rio Bacajá nos períodos de enchente e vazante estiveram muito semelhantes ao período de seca, muito em função da estiagem (baixa vazão) prolongada que ocorreu nesse ciclo, conforme já discutido no item 11.4.1.2.1 deste documento. Exceção foi observada no posicionamento dos marcadores referentes ao período de cheia do 5º ciclo hidrológico, os quais se agruparam no quadrante inferior direito, muito próximo aos marcadores do período de cheia dos demais ciclos hidrológicos. Esse resultado demonstra que, no período de cheia, as condições da qualidade de água do rio Bacajá do 5º ciclo hidrológico, referente aos períodos de enchimento e pós-enchimento do RX se mantiveram semelhantes àquelas observadas no período de pré-enchimento.

Projeção das variáveis no plano fatorial (1 x 2)
Rio Bacajá



Projeção das observações no plano fatorial (1 x 2)
Rio Bacajá

Cases with sum of cosine square >= 0,00

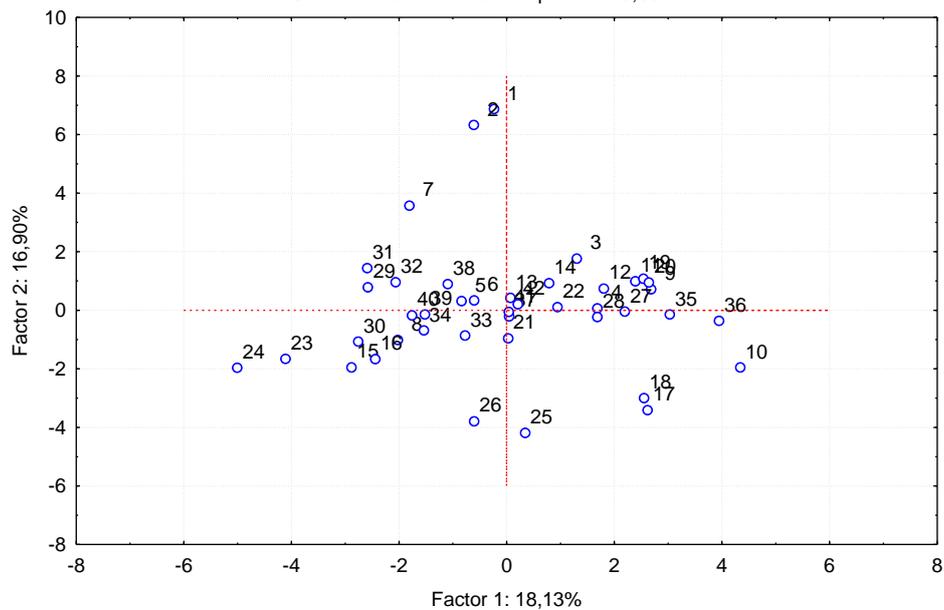


Figura 11.4.1 - 15 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 9 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do Rio Bacajá em campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
Sódio	-0,009458	-0,867195
Potássio	-0,010326	-0,819892
Temperatura	-0,791082	-0,026113
Magnésio	-0,340465	-0,787508
Nitrato	0,756712	-0,171902
Oxigênio dissolvido	-0,750075	-0,142638
Cloreto	0,011925	-0,748318
Profundidade	0,716541	0,003874
Sólidos totais dissolvidos	0,044226	-0,674136
Cálcio	-0,163304	-0,672039
<i>E. coli</i>	0,632329	-0,062227
Clorofila-a	-0,607361	0,143333
Turbidez	0,556373	-0,177936
Sulfato	0,510481	-0,508223
pH	-0,506743	0,191233
Cianobactérias	-0,471453	-0,304077
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,440856	0,234710
Fluoreto	-0,274852	-0,397040
Fosfato	-0,247052	-0,417112
DBO	-0,143958	0,189793
Alcalinidade	-0,134216	-0,228487
Transparência	-0,096688	-0,069393
Amônio	0,124239	-0,043282
Nitrito	0,129035	-0,014124
Material em suspensão total	0,153468	-0,180289
Potencial redox	0,176461	0,195050
Fósforo total	0,439262	-0,082088

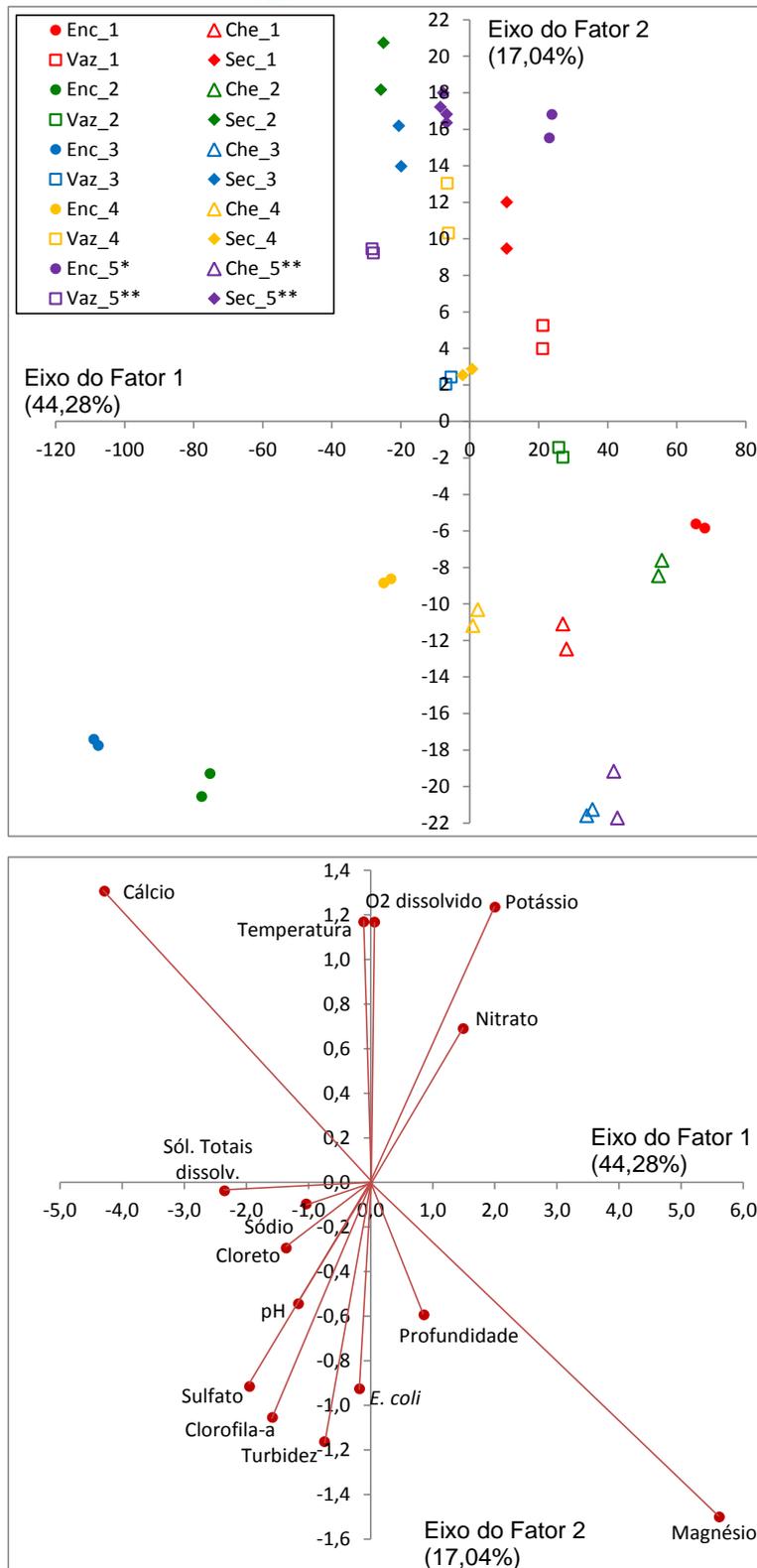


Figura 11.4.1 - 16 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.I. OUTRAS VARIÁVEIS

Como citado anteriormente, as variáveis selecionadas inicialmente para compor as análises estatísticas multivariadas apresentaram valores detectáveis pelos métodos empregados. 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 (ALT 02), que recebia parte do esgoto não tratado da área urbana, além da influência de propriedades rurais, e, também, nos igarapés localizados na área dos Igarapés Interceptados pelos Diques (IGCO, IGCAJ e Aturiá), que sofriam influência, também, de propriedades rurais para a criação de gado em toda a sua área de abrangência. Os valores das médias e desvios padrão de coliformes totais dos pontos localizados no RI são referentes aos meses de abril, julho e outubro de 2016, após a formação do reservatório. 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**).

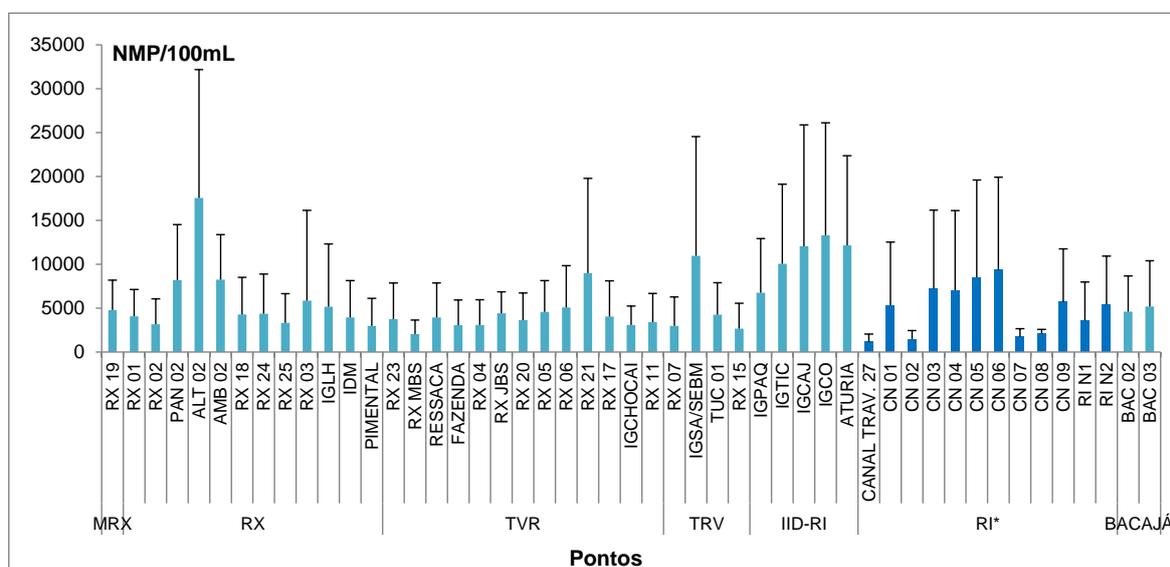


Figura 11.4.1 - 17 – Médias e desvio padrão das concentrações de coliformes totais nas campanhas trimestrais nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). MRX: Montante do Reservatório do Xingu; RX: Reservatório do Xingu; TVR: Trecho de Vazão Reduzida; TRV: Trecho de Restituição de Vazão; IID-RI: Igarapés Interceptados pelos Diques; RI: Reservatório Intermediário; BAC: rio Bacajá. *: dados do RI são referentes aos meses de abril, julho e outubro de 2016, após a formação do reservatório.

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 21ª campanha trimestral (outubro 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.J. CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

A análise multivariada da qualidade da água na área de influência da UHE Belo Monte indicou, como esperado, variabilidade entre campanhas ao longo do monitoramento, por terem sido realizadas em distintos períodos hidrológicos e relacionadas ao pulso de inundação na bacia hidrográfica. De uma forma geral, as variabilidades entre os diferentes períodos do ciclo hidrológico estiveram condicionadas às concentrações de íons como cloreto, sódio, potássio, magnésio e cálcio, e variáveis a eles relacionados, como pH, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos, as quais apresentaram distinções nesses períodos.

As diferenças interanuais foram também observadas entre os cinco (5) ciclos hidrológicos nas diferentes áreas de monitoramento, relacionadas às condições pluviométricas distintas observadas em cada ciclo, com consequência nas características físicas e químicas da água. Em relação ao 5º ciclo hidrológico também foram observadas distinções na qualidade da água pela AD em relação aos demais ciclos hidrológicos referentes ao período de pré-enchimento em todas as áreas monitoradas, ocasionadas pelas condições pluviométricas e de vazões já discutidas anteriormente, como precipitação acumulada mensal máxima durante o período de cheia e baixas vazões nos períodos de vazante e seca. No caso dos Igarapés Interceptados pelos Diques, as alterações foram resultantes da formação do RI, uma vez que os cursos desses igarapés passaram a ser alimentados pela água superficial do reservatório. Não obstante, tais alterações observadas na qualidade da água das diferentes áreas monitoradas após a formação dos reservatórios não resultaram em diminuição da riqueza total e da diversidade de organismos fitoplanctônicos, zooplanctônicos e bentônicos, comprovados nos resultados da biota aquática apresentados posteriormente neste documento.

11.4.1.2.1.2. ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DO SEDIMENTO

Para a aplicação da análise multivariada aos dados da qualidade do sedimento obtidos no projeto, os mesmos procedimentos utilizados aos dados de qualidade da água, apresentados no item anterior, foram adotados, tais como aplicação de ACP e escolha das variáveis consideradas significativas para aplicação da AD e os padrões dos marcadores (formas e cores) para os diferentes períodos e ciclos hidrológicos, respectivamente. Adotou-se, também, a mesma separação dos dados para a aplicação das análises nas diferentes áreas de influência, a citar: Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Igarapés de Altamira (IA-RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Trecho de Restituição de Vazão (TRV), Reservatório Intermediário (RI), Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) e Rio Bacajá. Novamente, o principal objetivo dessa caracterização das diferentes áreas de monitoramento é a verificação de possíveis alterações que possam ter ocorrido na qualidade dos sedimentos após a formação do RX e do RI.

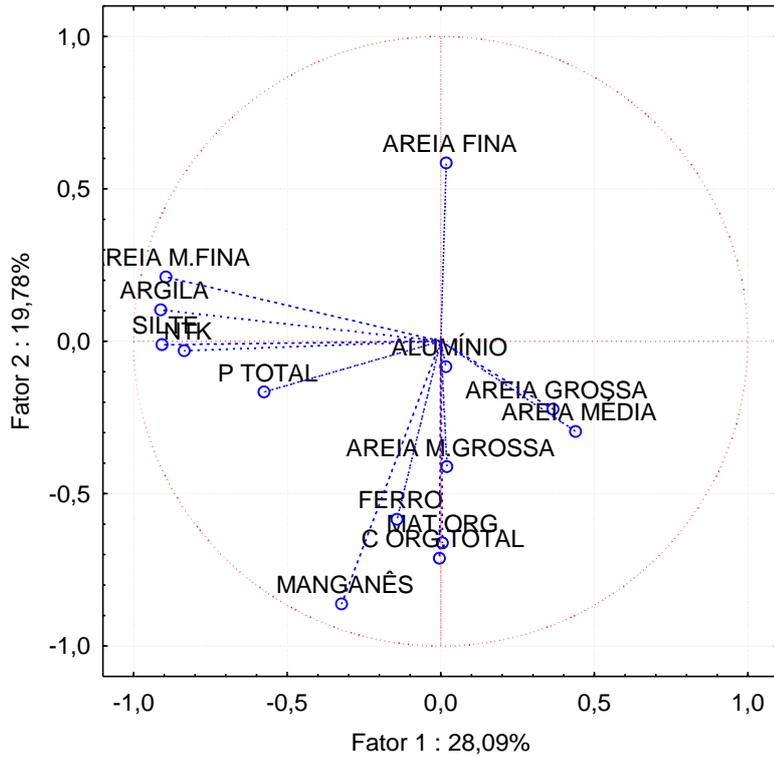
Foram utilizadas 14 (quatorze) variáveis do sedimento na ACP, a citar: teores de matéria orgânica, carbono orgânico total, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, ferro, manganês, alumínio, e as diferentes frações granulométricas de sedimento: argila, silte, areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa.

11.4.1.2.1.2.A. PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS NA ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Na **Figura 11.4.1 - 18** estão apresentados os gráficos dos planos fatoriais resultantes da ACP aplicada aos dados obtidos no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu. O agrupamento dos vetores das variáveis argila, silte, areia muito fina, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total no quadrante esquerdo, próximo ao eixo do fator 1 (horizontal) refere-se à 2ª campanha de campo realizada no local em março de 2012, referente ao período de cheia, sendo que o segundo agrupamento formado no quadrante inferior, próximo ao eixo do fator 2 (vertical), composto pelos vetores das variáveis matéria orgânica, carbono orgânico total, manganês, ferro e areia muito grossa, está associado às amostras do período de enchente. Já o terceiro agrupamento formado no quadrante superior, também junto ao eixo do fator 2, formado pelo vetor da variável areia fina, refere-se às amostras coletadas nos períodos de vazante e seca, nos quais predominaram sedimentos com essa fração granulométrica. Portanto, a disposição dos vetores das variáveis de qualidade de sedimento foi condicionada pelos diferentes períodos dos ciclos hidrológicos naquele local.

A AD não pode ser utilizada para a área a MRX por ter sido realizada apenas uma coleta de amostra por campanha. Não obstante, a ACP possibilitou uma caracterização do local baseada nas características da qualidade do sedimento, diferenciadas em função das diferentes estações do ciclo hidrológico.

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



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Montante do Reservatório do Xingu

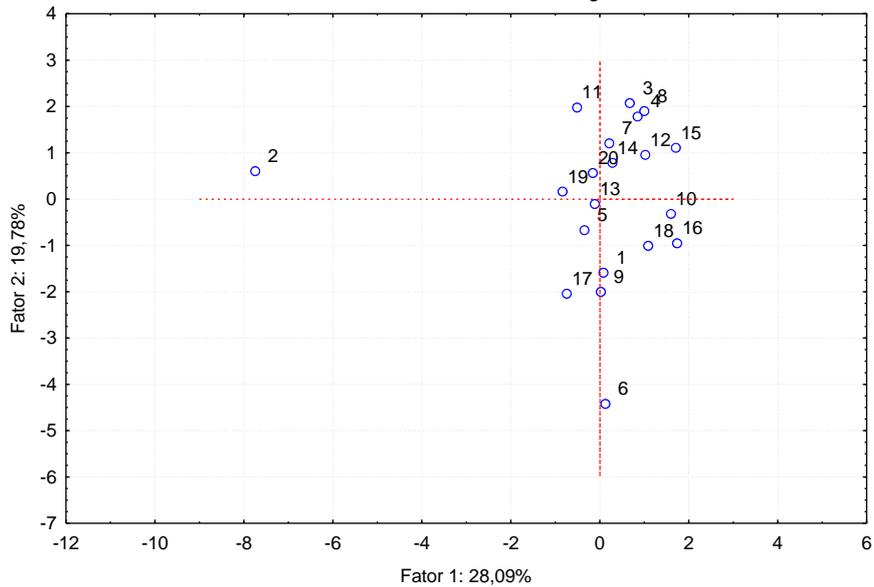


Figura 11.4.1 - 18 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos no ponto localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 10 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu, obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Argila	-0,911367	0,102815
Silte	-0,906754	-0,011889
Areia muito fina	-0,894388	0,210800
Manganês	-0,322815	-0,862381
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,834900	-0,031133
Carbono orgânico total	-0,004174	-0,712284
Matéria orgânica	0,005740	-0,661849
Areia fina	0,018340	0,584811
Ferro	-0,142134	-0,583984
Fósforo total	-0,574649	-0,166341
Alumínio	0,017050	-0,083587
Areia muito grossa	0,020519	-0,411494
Areia grossa	0,365648	-0,222470
Areia média	0,439130	-0,296496

11.4.1.2.1.2.B. PONTOS NO RESERVATÓRIO DO XINGU

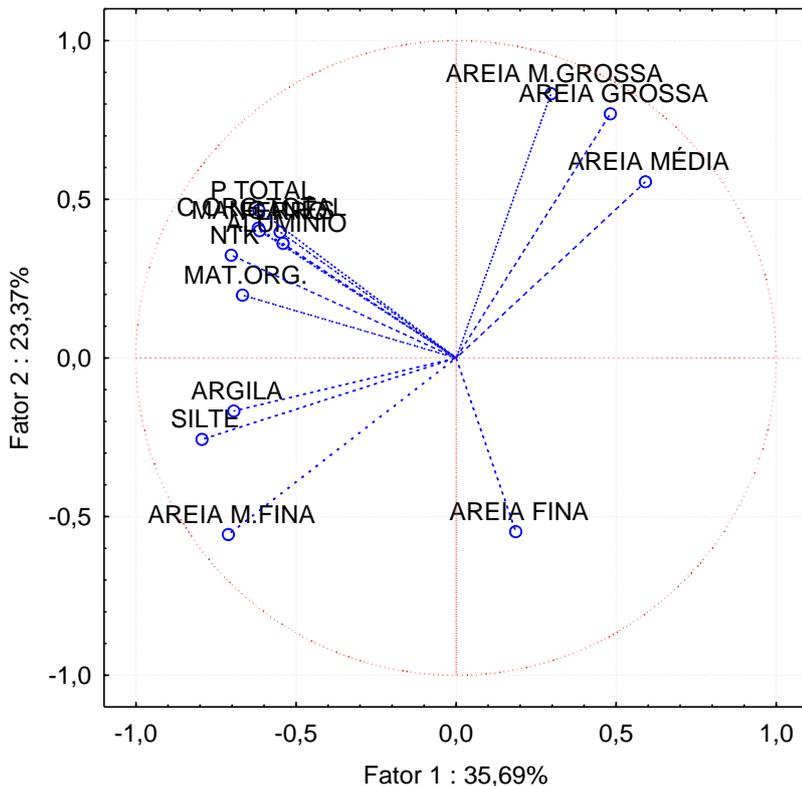
11.4.1.2.1.2.B.I. CORPO PRINCIPAL E BRAÇOS DO RX

Na ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no RX verifica-se um agrupamento de vetores das variáveis de sedimento como fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, matéria orgânica, carbono orgânico total, alumínio, manganês e ferro no quadrante superior esquerdo, muito próximos dos vetores das variáveis silte e argila no quadrante esquerdo inferior, em oposição ao vetor da variável areia fina no quadrante inferior direito. Outro agrupamento de vetores das variáveis das frações granulométricas mais grosseiras foi formado no quadrante superior direito, em oposição aos vetores das variáveis das frações granulométricas mais finas no quadrante inferior esquerdo (**Figura 11.4.1 – 19**). A maior parte das projeções das observações de coleta nos pontos localizados no RX se posicionou, também, no quadrante superior direito, o que demonstra que grande parte das amostras ali coletadas era formada por sedimentos com frações granulométricas mais grosseiras, como areia muito grossa, areia grossa e areia média.

A ACP identificou 12 variáveis de sedimento consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 11**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 20**.

Em relação aos marcadores das diferentes campanhas dos ciclos hidrológicos no plano fatorial da AD, destacam-se aqueles referentes ao primeiro ciclo hidrológico (marcadores em vermelho), os quais se agruparam no quadrante direito juntamente com os marcadores referentes à campanha de cheia do segundo ciclo hidrológico (triângulos abertos verdes), haja vista que, conforme descritos nos relatórios consolidados anteriores, o primeiro ciclo hidrológico foi comparativamente atípico em função da elevada precipitação. Já os marcadores referentes à campanha de seca do 5º ciclo hidrológico (losangos roxos), correspondentes à fase de pós-enchimento do RX, se agruparam no quadrante inferior esquerdo, em uma porção distinta dos marcadores dos demais ciclos hidrológicos. Esses marcadores estiveram correlacionados com o fósforo total no sedimento, identificado pelo vetor dessa variável no plano fatorial. É possível que, com a formação do RX, houve um pequeno aumento da concentração de fósforo total nos sedimentos resultante da maior taxa de deposição de material particulado no leito do reservatório. Situação essa que poderá vir a ser confirmada com a continuidade do monitoramento.

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



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório do Xingu

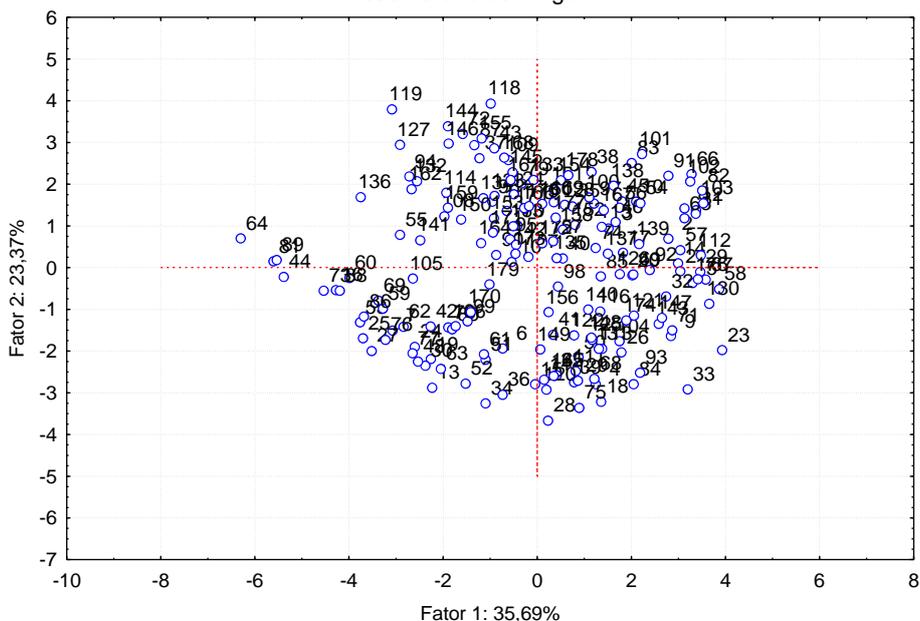


Figura 11.4.1 - 19 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 11 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Areia muito grossa	0,296423	0,832171
Silte	-0,794250	-0,256222
Areia grossa	0,481603	0,768956
Areia muito fina	-0,711502	-0,556613
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,702755	0,323753
Argila	-0,695089	-0,167385
Matéria orgânica	-0,667440	0,198334
Carbono orgânico total	-0,618543	0,409272
Fósforo total	-0,616268	0,464955
Manganês	-0,613589	0,401596
Ferro	-0,549343	0,397171
Alumínio	-0,540357	0,360547
Areia fina	0,186834	-0,546755
Areia média	0,591032	0,555419

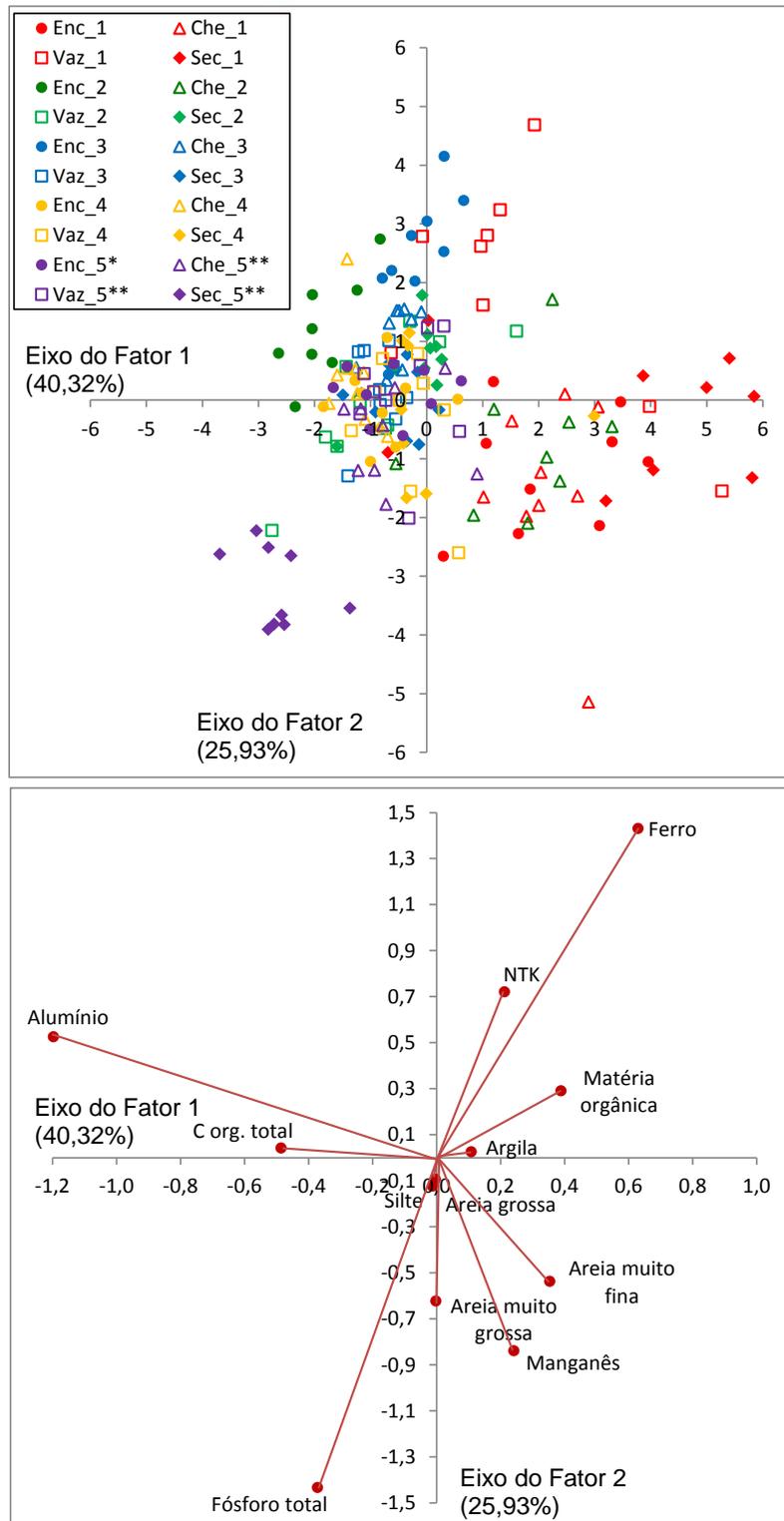


Figura 11.4.1 - 20 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados no Reservatório do Xingu nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

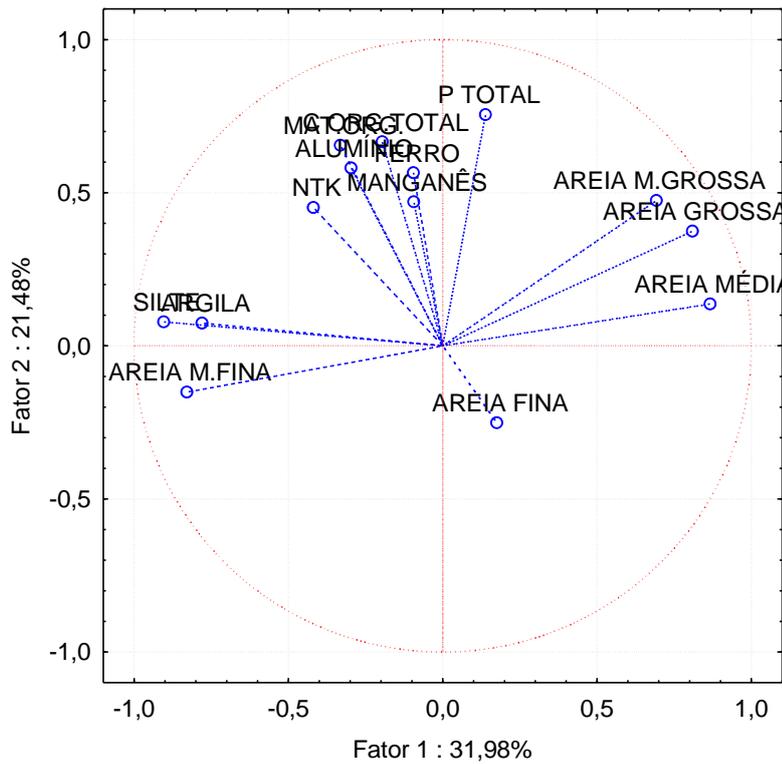
11.4.1.2.1.2.B.II. PONTOS NOS IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Assim como verificadas com os pontos localizados no corpo principal e nos braços do Reservatório do Xingu, os vetores das variáveis químicas do sedimento referentes aos pontos localizados nos igarapés de Altamira, tais como matéria orgânica, carbono orgânico total, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, alumínio, ferro e manganês formaram um agrupamento no quadrante superior, junto ao eixo 2 (vertical) do plano fatorial resultante da ACP (**Figura 11.4.1 - 21**). O plano fatorial das observações de coleta também evidencia um maior agrupamento de pontos no quadrante superior, o que sugere que os sedimentos nesses locais apresentaram, na maioria das campanhas, elevadas concentrações dessas variáveis químicas citadas.

A ACP identificou 11 variáveis de sedimento consideradas relevantes referentes aos pontos dos igarapés de Altamira (**Quadro 11.4.1 - 12**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 21**.

Novamente a AD destaca os marcadores referentes ao primeiro ciclo hidrológico (em vermelho), os quais se agruparam no quadrante esquerdo e atribuído ao ano atípico de elevadas precipitações, bem como o grupamento dos marcadores da campanha de seca do 5º ciclo hidrológico (fase de pós-enchimento), os quais se agruparam no quadrante inferior esquerdo, também correlacionado com o vetor da variável fósforo total, assim como os vetores das variáveis granulométricas areia muito grossa e areia média.

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



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira

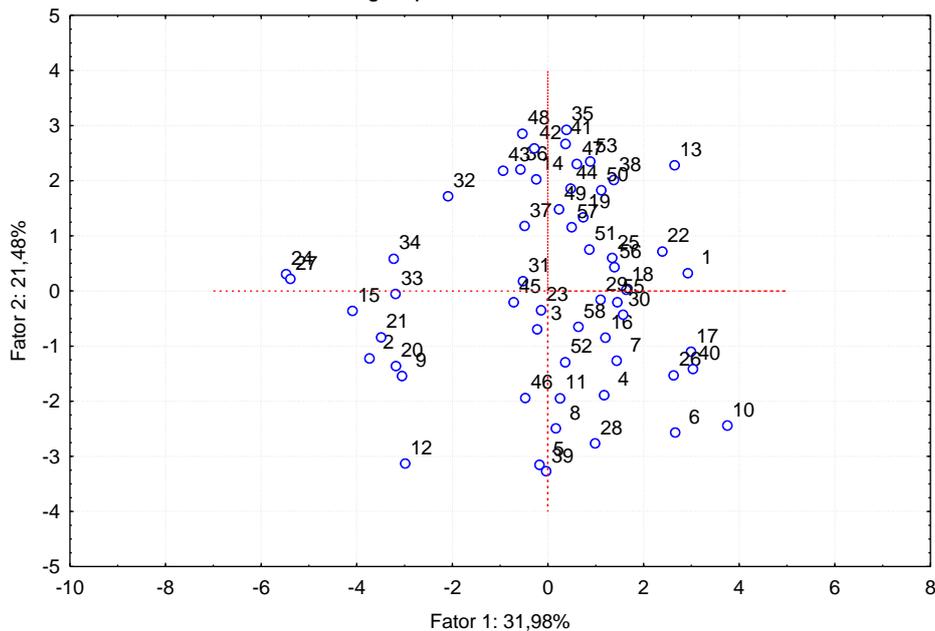


Figura 11.4.1 - 21 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 12 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos igarapés de Altamira obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Silte	-0,904268	0,078014
Areia média	0,866678	0,136667
Areia muito fina	-0,829212	-0,150648
Areia grossa	0,808963	0,374755
Argila	-0,779325	0,074700
Fósforo total	0,138764	0,754945
Areia muito grossa	0,691930	0,474558
Carbono orgânico total	-0,195334	0,666014
Matéria orgânica	-0,331719	0,655252
Alumínio	-0,297251	0,580541
Ferro	-0,094261	0,565621
Manganês	-0,093442	0,470799
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,419258	0,451758
Areia fina	0,175913	-0,250993

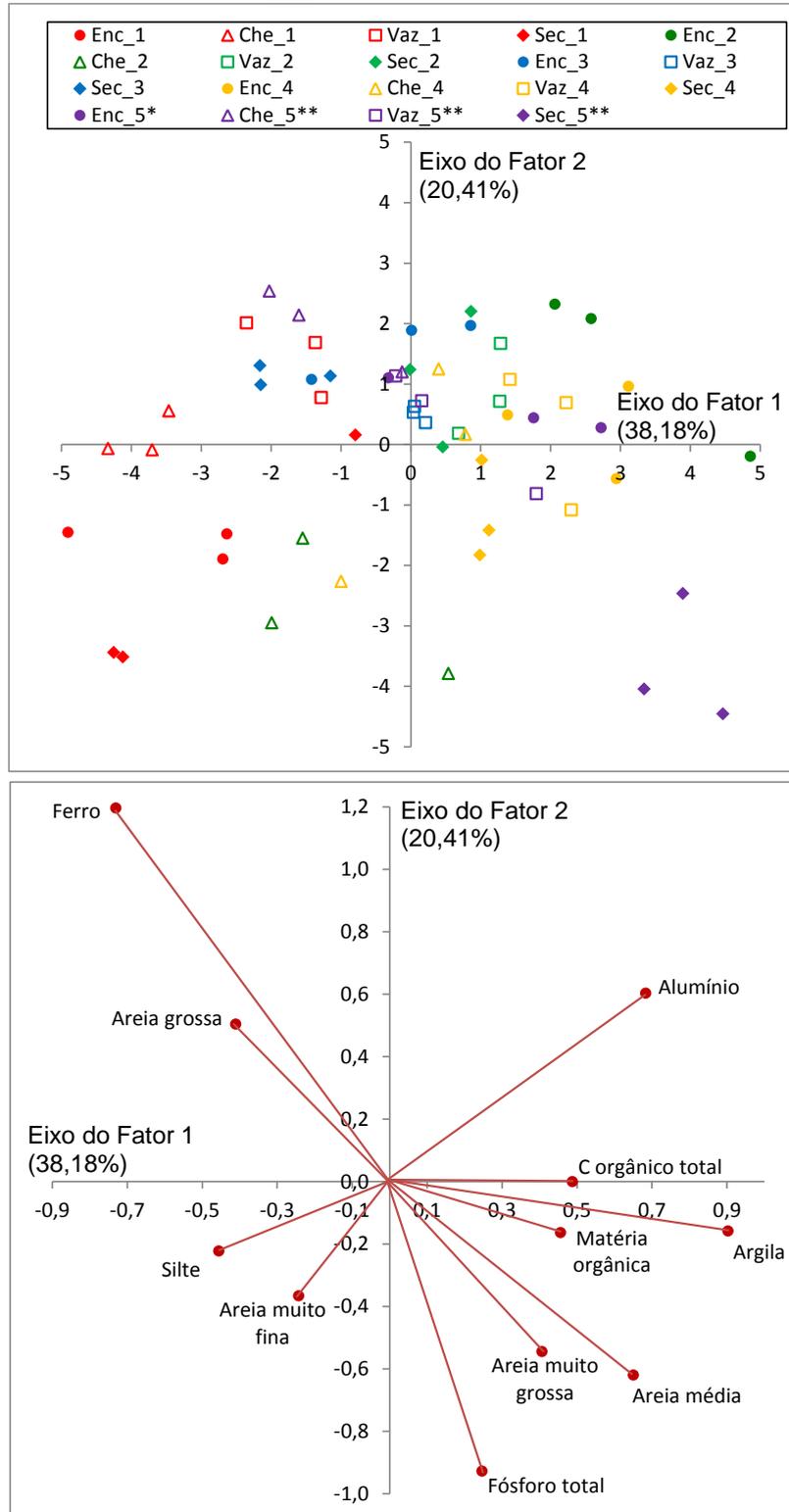


Figura 11.4.1 - 22 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados nos igarapés de Altamira nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

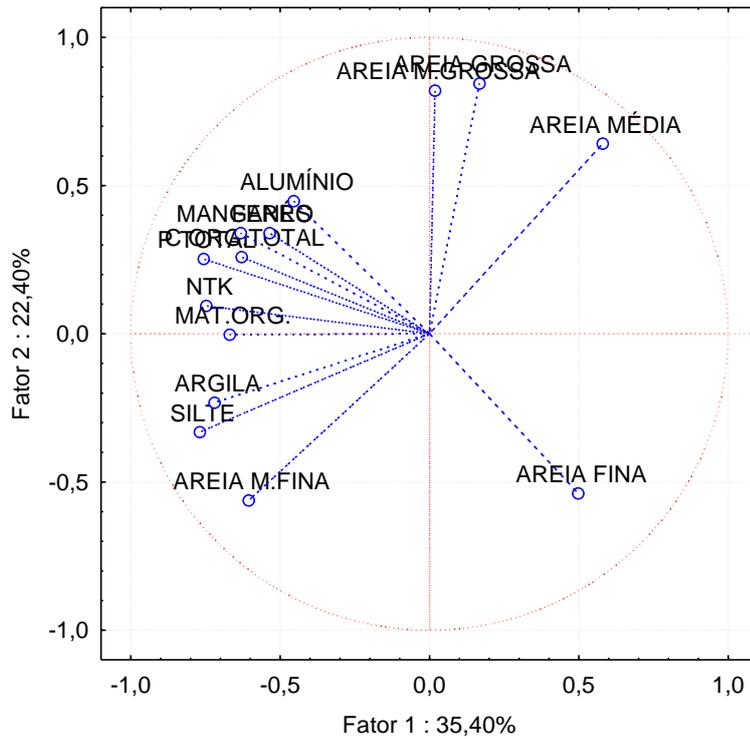
11.4.1.2.1.2.C. PONTOS NA ÁREA DO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

Na **Figura 11.4.1 - 23** estão apresentados os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados dos pontos localizados na área do TVR. Os padrões dos agrupamentos dos vetores das variáveis de sedimento referentes aos pontos localizados no TVR foram semelhantes àqueles observados nos pontos localizados no RX, com agrupamentos das variáveis químicas próximas aos vetores das variáveis granulométricas menores no quadrante esquerdo, como argila, silte e areia muito fina. Por outro lado, a maior densidade de agrupamentos dos biplots referentes às observações de coleta foi verificada no quadrante direito, correlacionada com as variáveis areia média e areia fina, o que sugere que a maior parte das amostras de sedimento apresentou essas frações granulométricas.

A ACP identificou 12 variáveis de sedimento consideradas relevantes referentes aos pontos localizados na área do TVR (**Quadro 11.4.1 - 13**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 24**.

Novamente destacam se, além dos marcadores referentes às campanhas do primeiro ciclo hidrológico (em vermelho), também os marcadores referentes à campanha de seca do 5º ciclo hidrológico (losangos roxos), os quais formaram um agrupamento no quadrante esquerdo do plano fatorial da AD junto ao eixo 1 (horizontal), correlacionado com os vetores das variáveis fósforo total, argila e areia muito grossa. Já os marcadores dos demais períodos do 5º ciclo hidrológico (enchente, cheia e vazante) se mantiveram espalhados na mesma porção mais centralizada do plano fatorial, juntamente com os marcadores dos períodos do 2º, 3º e 4º ciclos hidrológicos. Desta forma, o barramento do Reservatório do Xingu não evidencia influência na composição dos sedimentos nos pontos localizados no TVR.

Projeção das variáveis de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Vazão Reduzida



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Vazão Reduzida

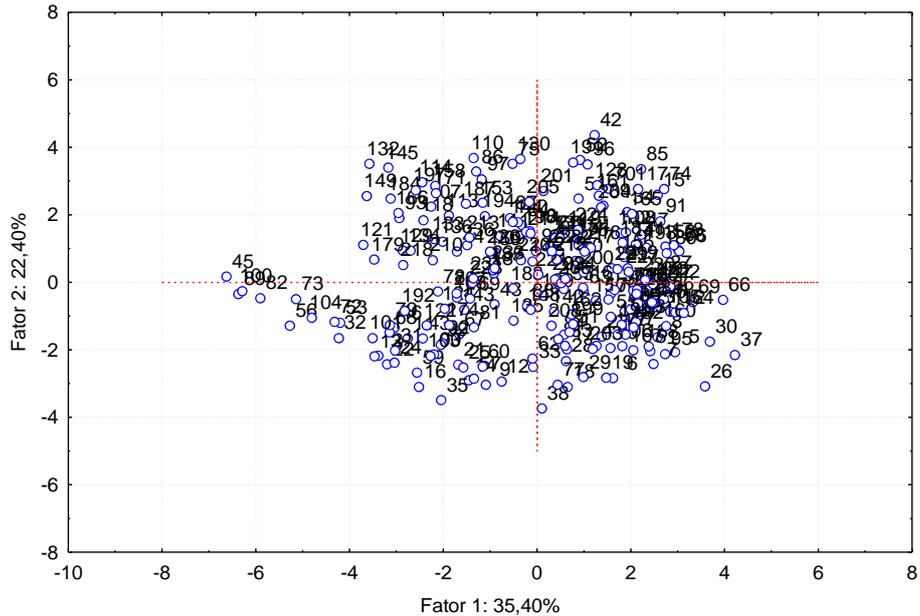


Figura 11.4.1 - 23 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 13 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Areia grossa	0,167166	0,843963
Areia muito grossa	0,018672	0,820176
Silte	-0,769395	-0,331763
Fósforo total	-0,756479	0,252555
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,747313	0,094144
Argila	-0,719818	-0,232088
Matéria orgânica	-0,669087	-0,002856
Areia média	0,579485	0,641265
Manganês	-0,631709	0,339384
Carbono orgânico total	-0,629261	0,259148
Areia muito fina	-0,605656	-0,561475
Ferro	-0,535843	0,339457
Alumínio	-0,454441	0,447400
Areia fina	0,498239	-0,538308

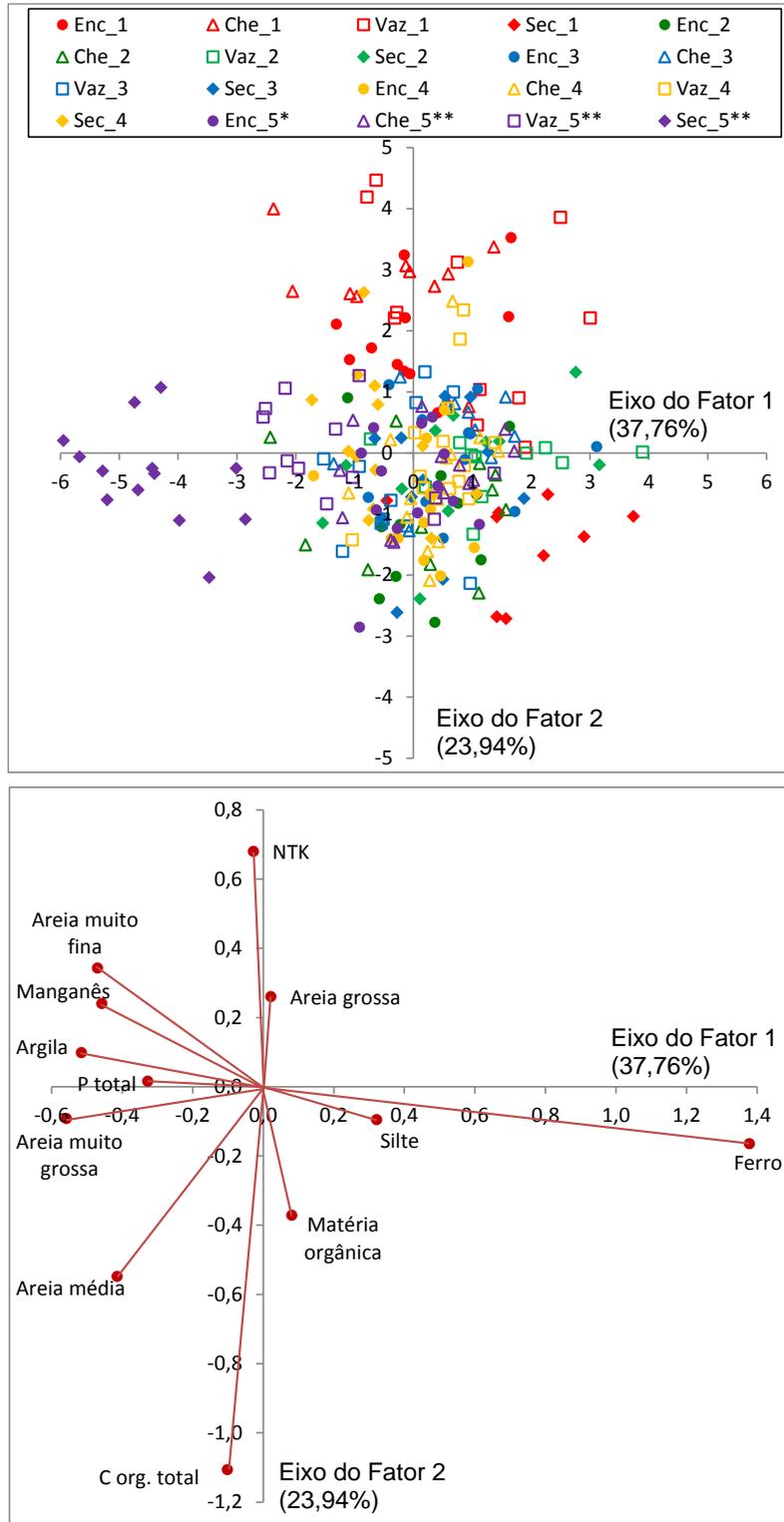


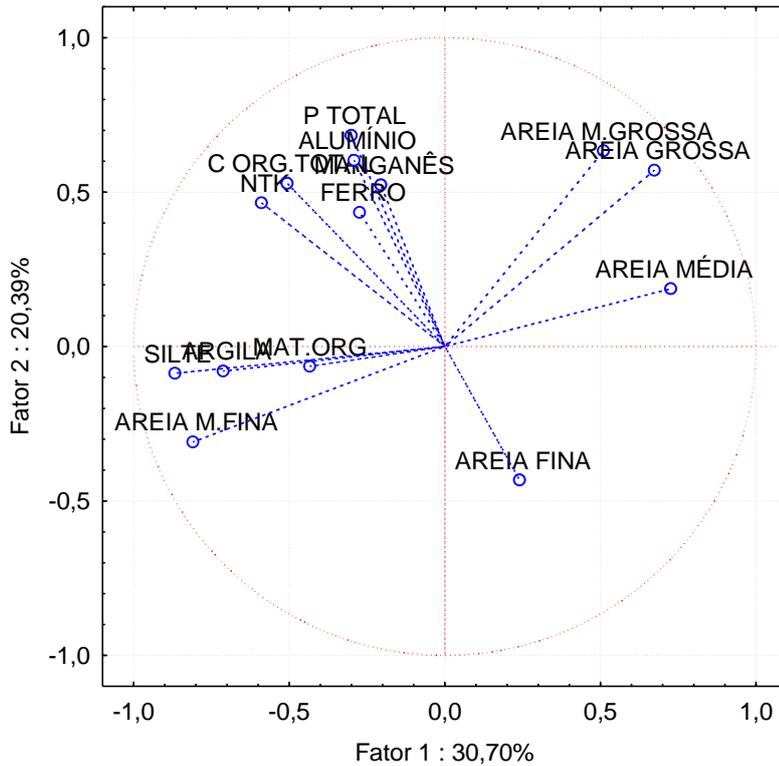
Figura 11.4.1 - 24 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.2.D. PONTOS NA ÁREA DO TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

A ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do TRV mostra um padrão de distribuição dos vetores das variáveis de sedimento no plano fatorial semelhante àqueles observados nas áreas do RX e do TVR (**Figura 11.4.1 - 25**). Porém, os biplots referentes às observações de coleta se mantiveram bem distribuídos no plano fatorial, o que demonstra que os pontos de coleta apresentaram sedimentos com grande variabilidade tanto em termos de componentes químicos como de granulometria. Dentre as variáveis de sedimento utilizadas na ACP, 11 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 14**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 26**.

Na área do TRV, os marcadores referentes ao 5º ciclo hidrológico se mantiveram, em geral, espalhados nas mesmas porções dos marcadores referentes aos 2º, 3º e 4º ciclos hidrológicos no plano fatorial, ou seja, não se verificou alterações significativas na qualidade dos sedimentos após a formação do RX e do RI.

Projeção das variáveis de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Restituição de Vazão



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Trecho de Restituição de Vazão

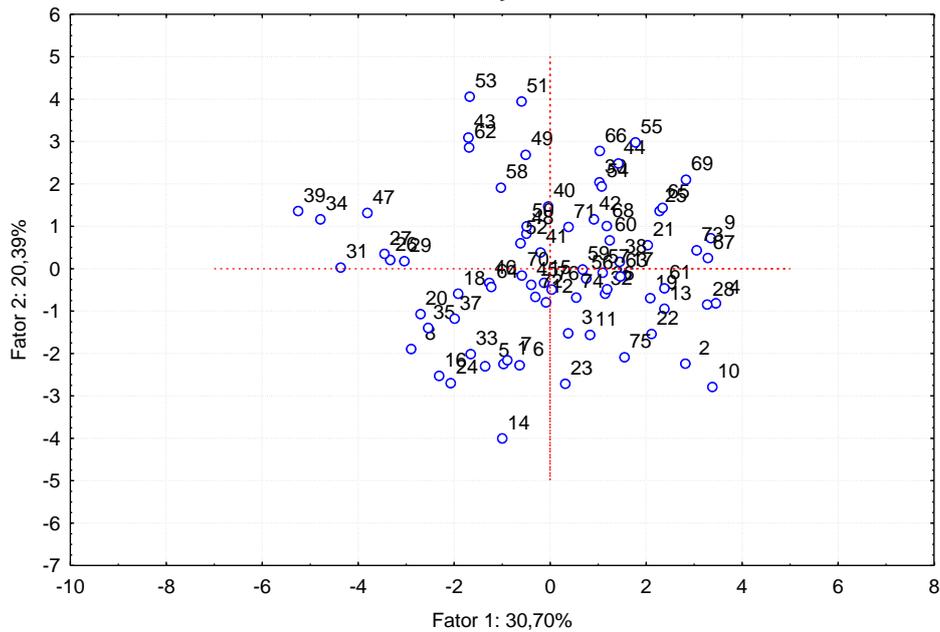
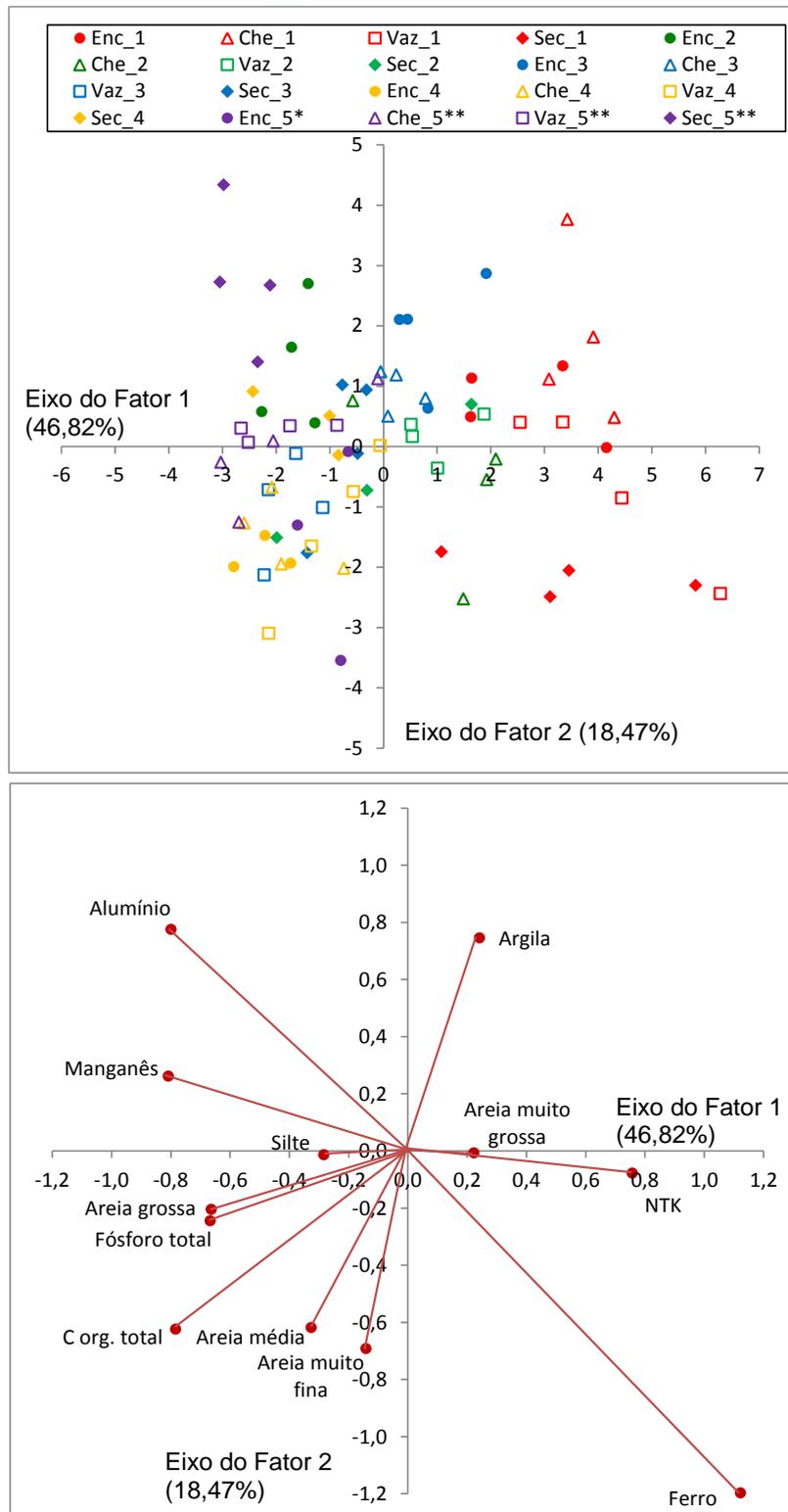


Figura 11.4.1 - 25 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 14 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Silte	-0,867645	-0,086982
Areia muito fina	-0,809746	-0,308518
Areia média	0,726061	0,187704
Argila	-0,712030	-0,079637
Fósforo total	-0,301241	0,683795
Areia grossa	0,673499	0,571271
Areia muito grossa	0,510073	0,633877
Alumínio	-0,291487	0,602563
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,589467	0,466162
Manganês	-0,204974	0,523903
Carbono orgânico total	-0,506127	0,528059
Matéria orgânica	-0,433764	-0,063544
Ferro	-0,273892	0,434853
Areia fina	0,239884	-0,432496

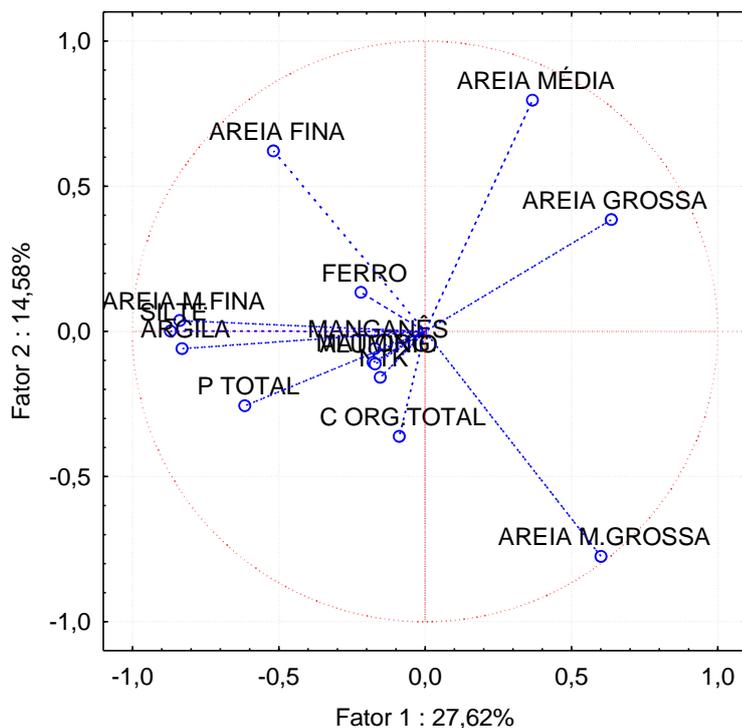


11.4.1.2.1.2.E. PONTOS NOS IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques (IID-RI) evidenciam que a maior parte das amostras de sedimento era composta por frações granulométricas entre grossa e muito grossa, característicos de ambientes lóticos com fortes correntezas, haja vista a densidade de biplots posicionados no quadrante direito do plano fatorial, em correlação com os vetores dessas variáveis (**Figura 11.4.1 - 27**). Dentre o total de variáveis utilizadas na ACP, 11 foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 15**) e utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 28**.

Novamente, os planos fatoriais da AD evidenciam agrupamentos distintos dos marcadores referentes aos dados de sedimento obtidos no primeiro ciclo hidrológico (em vermelho), os quais mantiveram-se no quadrante esquerdo e correlacionados com as variáveis areia grossa, ferro e matéria orgânica, sendo que a maior parte dos demais marcadores referentes aos outros ciclos hidrológicos se mantiveram na porção mais centralizada do plano fatorial. Já a maior parte dos marcadores referentes aos dados do 5º ciclo hidrológico se posicionou no quadrante direito superior, correlacionados com os vetores das variáveis fósforo total e areia muito fina. É possível que tal alteração evidenciada pela AD na qualidade dos sedimentos referentes aos pontos localizados nos IID-RI tenha sido ocasionada pela formação do RI nesse ciclo hidrológico, que resultou na diminuição da amplitude dos picos das vazões de cheia e maior estabilidade das condições hidrodinâmicas no leito dos igarapés, possibilitando a permanência de partículas mais finas de sedimento, como por exemplo, de areia muito fina. Não obstante, da mesma forma como discutido anteriormente no **Item 11.4.1.2.1.1.F** referente à qualidade da água, tais alterações na qualidade dos sedimentos dos IID-RI não resultaram em diminuição da riqueza total e da diversidade da biota aquática, comprovados nos resultados apresentados no **Item 11.4.1.2.1.3** deste documento.

Projeção das variáveis de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário

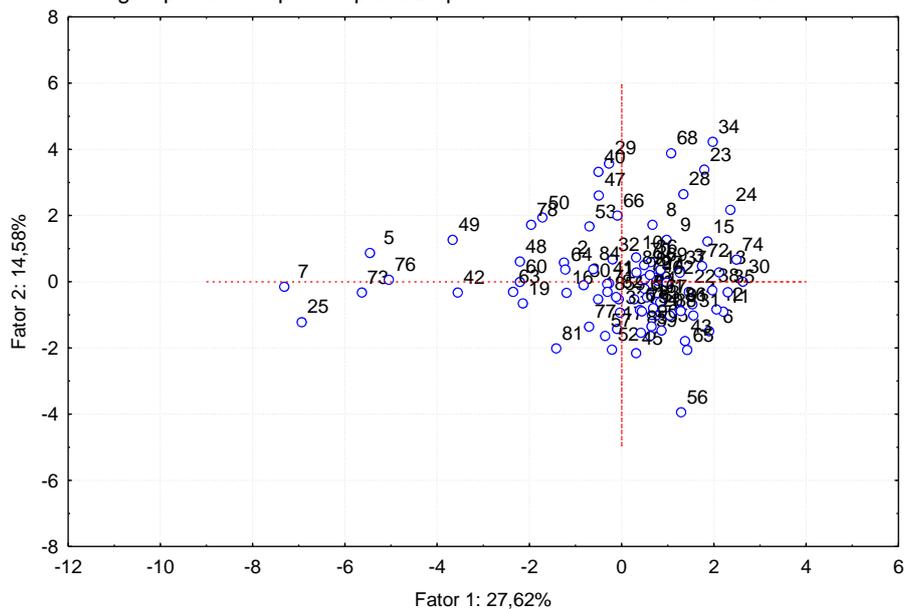


Figura 11.4.1 - 27 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 15 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Areia muito fina	-0,853008	-0,241637
Silte	-0,819331	-0,106738
Argila	-0,810233	-0,061278
Alumínio	-0,214467	0,790552
Areia grossa	0,755953	0,259556
Manganês	-0,275032	0,687592
Fósforo total	-0,685813	0,190487
Ferro	-0,336934	0,641118
Areia média	0,628297	0,181866
Areia muito grossa	0,603707	0,262280
Matéria orgânica	-0,504329	-0,071006
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,331636	0,318703
Areia fina	-0,278152	-0,276488
Carbono orgânico total	-0,234005	0,486110

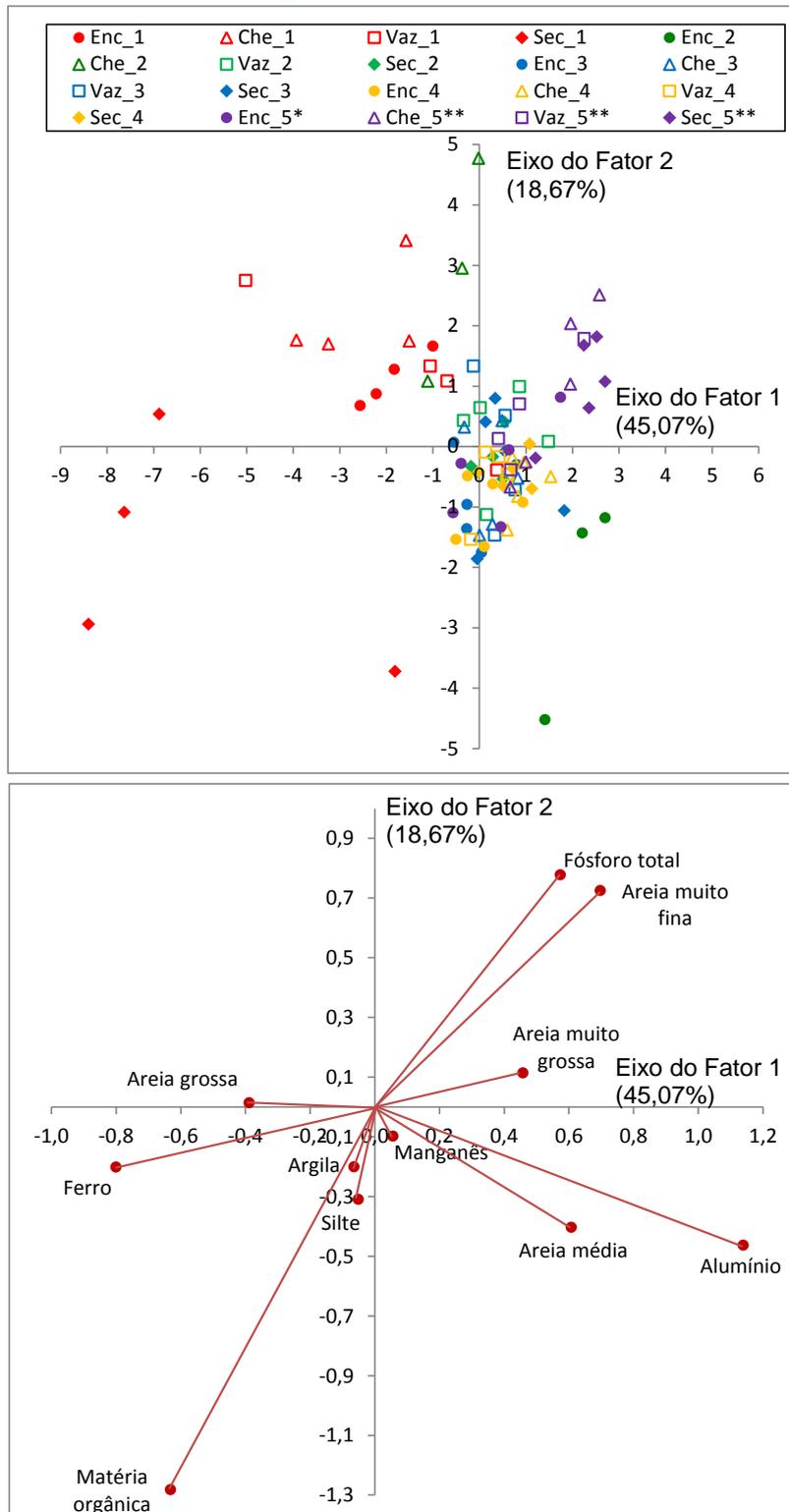


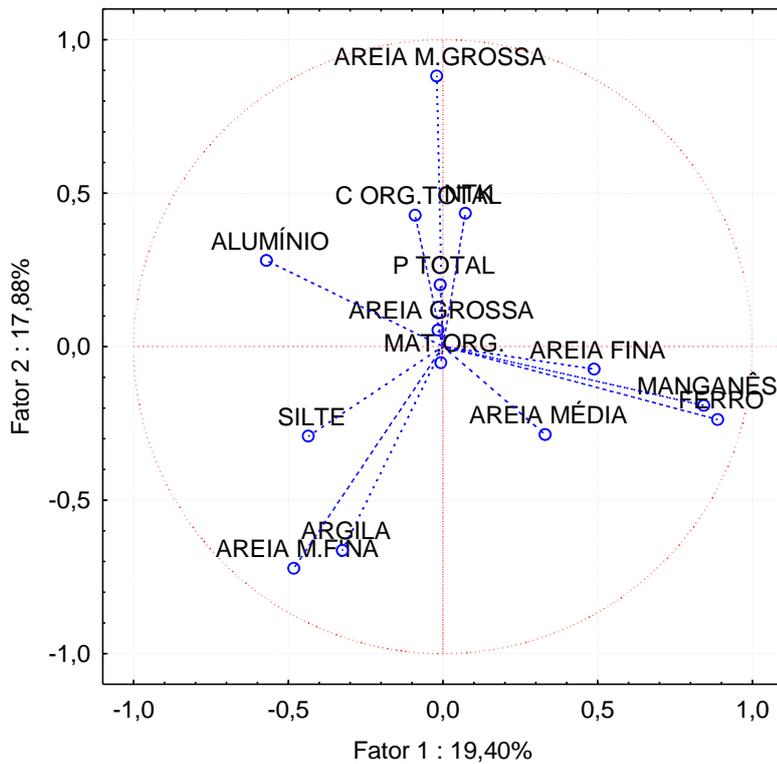
Figura 11.4.1 - 28 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.2.F. PONTOS NO RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Os gráficos resultantes da ACP caracterizam o RI como um ambiente com sedimentos bastante diversificados, haja vista a dispersão dos vetores das variáveis e dos biplots referentes às observações de coleta (**Figura 11.4.1 - 29**). Essa característica dos sedimentos do RI pode ser explicado pela formação recente do sistema, com reduzido acúmulo de material no leito, visto que os resultados observados até o momento refletem, na realidade, as características do solo original ali existente.

Dentre as variáveis que compuseram a ACP, seis foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 16**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 30**. Verificou-se uma nítida distinção entre a qualidade dos sedimentos referentes aos três períodos (campanhas) monitorados após a formação do RI. Os marcadores referentes aos períodos de cheia (abril de 2016) e de vazante (julho de 2016) se mantiveram agrupados no quadrante esquerdo superior e inferior, correlacionados com os vetores das variáveis ferro e manganês, sendo que os marcadores referentes ao período de seca (outubro de 2016) se mantiveram agrupados no quadrante direito, correlacionados com os vetores das variáveis alumínio e areia muito fina. Essa distinção dos marcadores referentes ao período de seca em relação aos períodos de cheia e vazante pode ter sido ocasionada pelo acúmulo, apesar de pequeno, de material particulado de pequena granulometria e rico em alumínio no leito do RI, após 8 meses de formação.

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



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Reservatório Intermediário

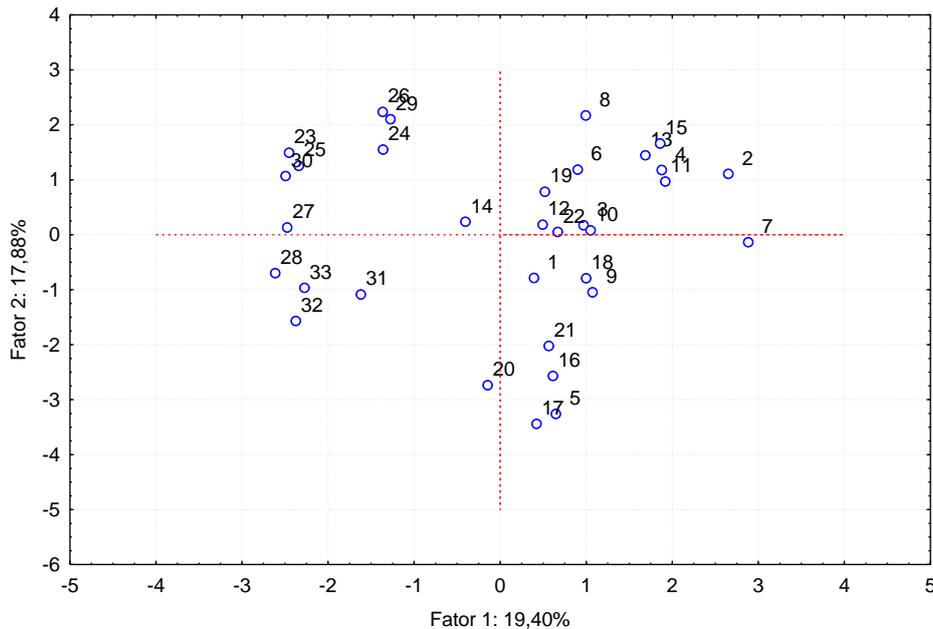


Figura 11.4.1 - 29 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico (abril a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 16 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados no Reservatório Intermediário obtidos durante o 5º ciclo hidrológico (abril a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Ferro	0,888556	-0,237777
Areia muito grossa	-0,020125	0,882320
Manganês	0,843991	-0,191466
Areia muito fina	-0,481874	-0,721919
Argila	-0,324782	-0,663872
Alumínio	-0,569959	0,280752
Silte	-0,434697	-0,291906
Carbono orgânico total	-0,090113	0,427571
Areia grossa	-0,015887	0,054006
Fósforo total	-0,008018	0,202016
Matéria orgânica	-0,007052	-0,052465
Nitrogênio total Kjeldahl	0,072422	0,434838
Areia média	0,330172	-0,286589
Areia fina	0,489250	-0,073503

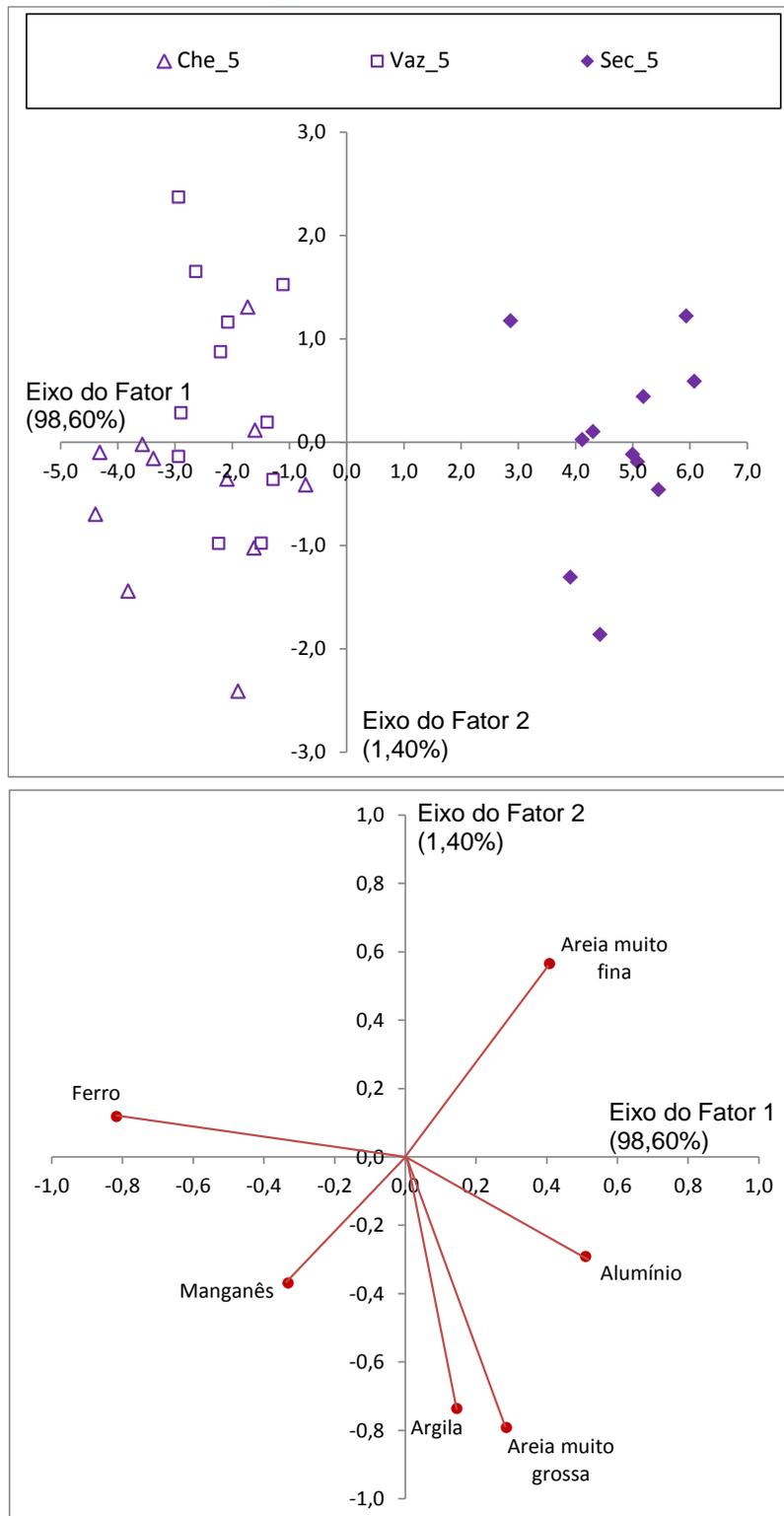


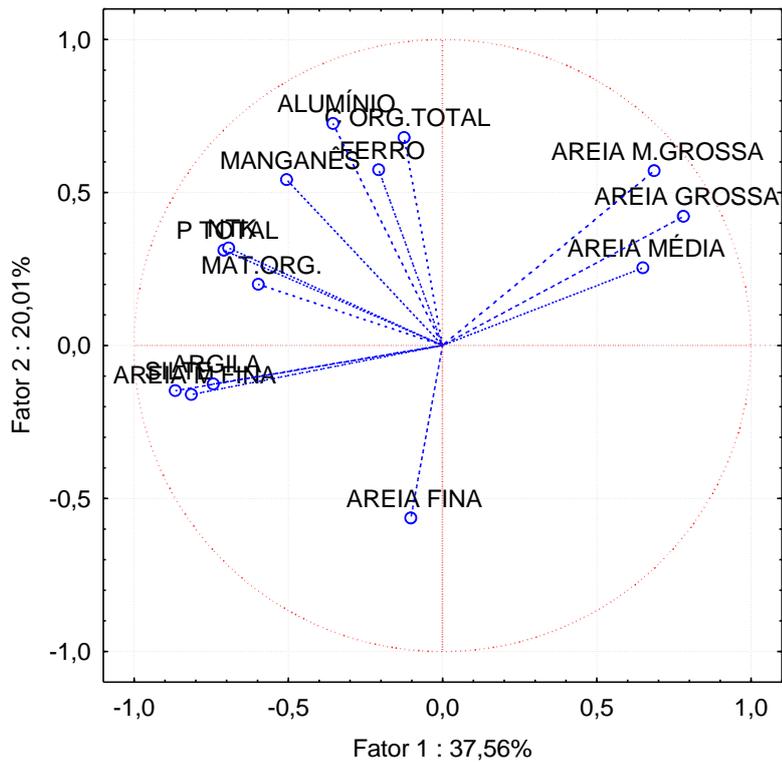
Figura 11.4.1 - 30 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico (abril a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.2.G. PONTOS NA ÁREA DO RIO BACAJÁ

De forma semelhante aos padrões observados nos IID-RI, os dados de qualidade do sedimento obtidos pela ACP nos pontos localizados na área do rio Bacajá evidenciam um maior agrupamento dos biplots referentes às observações de coleta no quadrante esquerdo superior, em correlação com os vetores das variáveis de maior granulometria, como areia muito grossa, areia grossa e areia média (**Figura 11.4.1 - 31**), características essas típicas de ambientes lóticos com elevada correnteza. Dentre as variáveis empregadas na ACP, todas foram consideradas relevantes no rio Bacajá (**Quadro 11.4.1 - 17**), cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 32**.

Os marcadores referentes aos dados de qualidade de sedimento do rio Bacajá das diferentes campanhas e ciclos hidrológicos apresentaram grande variação no plano fatorial da AD, o que evidencia uma grande alteração nas características dos sedimentos nos diferentes períodos, típicos de ambientes lóticos com elevada correnteza e com grande dinâmica de mobilidade das partículas sedimentares, como é o caso do rio Bacajá. Assim, dada a continuidade das características dos sedimentos do rio Bacajá mesmo após a formação do reservatório do Xingu, o barramento do rio Xingu e a formação do Trecho de Vazão Reduzida não evidenciam interferência nesse sistema.

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



Projeção das observações de coleta de sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Rio Bacajá

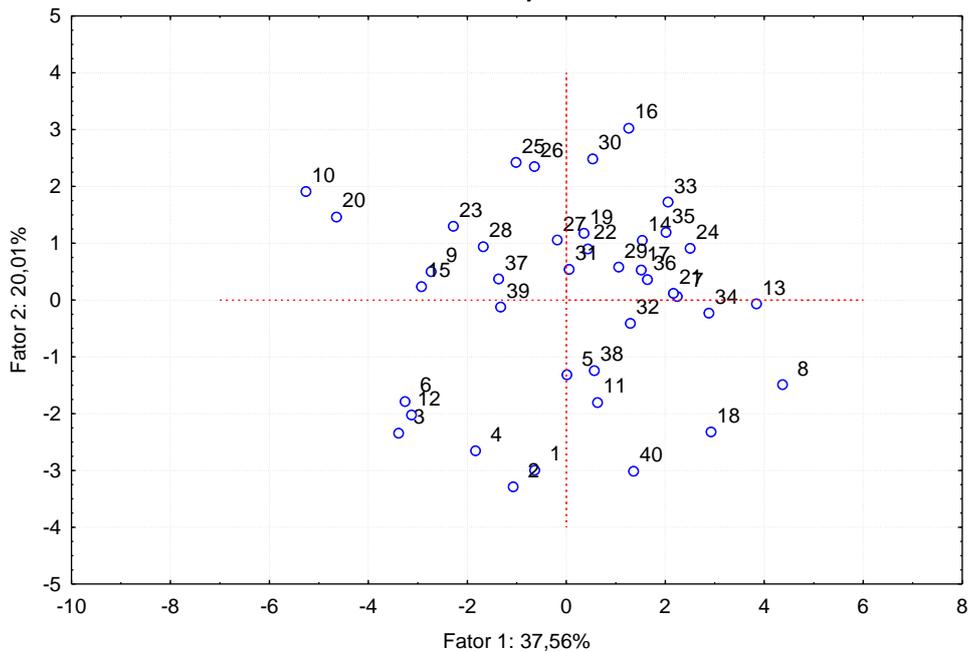


Figura 11.4.1 - 31 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016).

Quadro 11.4.1 - 17 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Rio Bacajá obtidos durante os cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2016). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	FATOR 1	FATOR 2
Silte	-0,866303	-0,147410
Areia muito fina	-0,814077	-0,159806
Argila	-0,743253	-0,125736
Fósforo total	-0,708477	0,311540
Nitrogênio total Kjeldahl	-0,693241	0,318548
Matéria orgânica	-0,597362	0,199674
Manganês	-0,505075	0,542399
Alumínio	-0,354881	0,725425
Ferro	-0,206968	0,574540
Carbono orgânico total	-0,124845	0,679249
Areia fina	-0,102452	-0,564233
Areia média	0,649939	0,253622
Areia muito grossa	0,686167	0,571518
Areia grossa	0,781007	0,422377

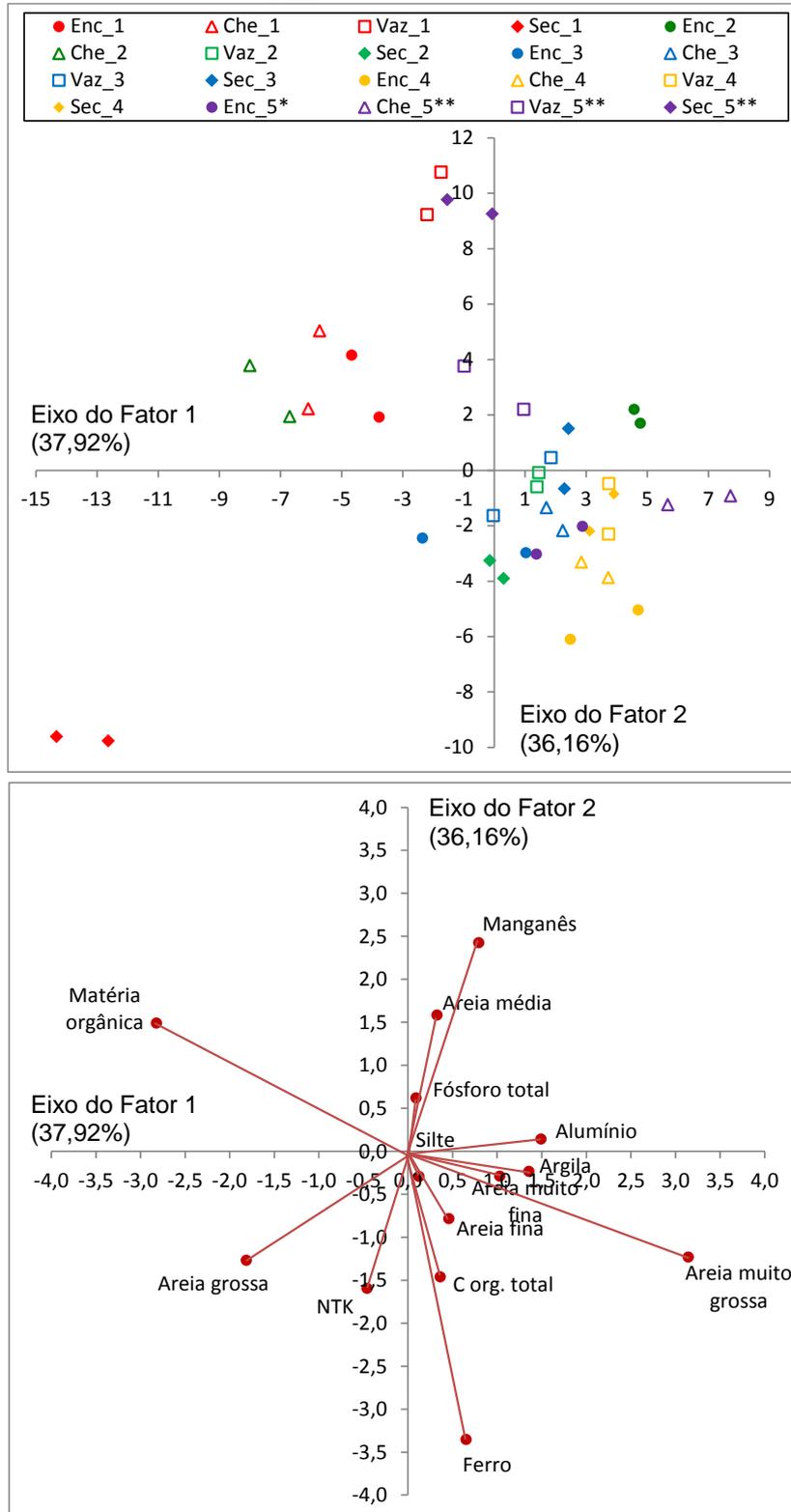


Figura 11.4.1 - 32 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados na área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.2.H. 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 durante as intensas atividades das obras do empreendimento, com supressão vegetal e alteração de cursos de igarapés para construção dos Diques no RI, e mesmo após a formação dos reservatórios.

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 vigésima primeira campanha trimestral (outubro de 2016), não foi registrada ocorrência de valores acima do valor de detecção pela metodologia empregada, o que demonstra que os sedimentos nas áreas monitoradas no Projeto não apresentam níveis de contaminação por pesticidas.

11.4.1.2.1.2.I. 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, tais como os igarapés interceptados pelos diques e rio Bacajá. 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, quer seja pelo empreendimento de Belo Monte ou por outras atividades, não alteraram de forma significativa a qualidade do sedimento na região, ao longo do monitoramento. A

maior variabilidade dos sedimentos amostrados no RI está relacionada à diversidade existente entre as diferentes poções do sistema, uma vez que o reservatório, formado muito recentemente, apresenta reduzido acúmulo de material no leito, e cujos resultados observados, até o momento, refletem, na realidade, as características do solo original ali existente.

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 na área de influência da UHE Belo Monte das campanhas realizadas nos cinco (5) ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016) são apresentados a seguir.

Visando evidenciar as possíveis alterações ocorridas na biota aquática ao longo do monitoramento, em especial após a formação do RX e do RI no 5º ciclo hidrológico, os gráficos dos descritores das comunidades referentes aos cinco ciclos hidrológicos completos foram agrupados em uma mesma figura para cada área de influência.

No **Anexo 11.4.1 - 8** são apresentados os resultados consolidados das comunidades bióticas aquáticas obtidos nas 21 campanhas trimestrais realizadas até o presente momento.

11.4.1.2.1.3.A. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

11.4.1.2.1.3.A.I. RIQUEZA TOTAL

11.4.1.2.1.3.A.I.1. PONTOS DE COLETA NA ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Na **Figura 11.4.1 - 33** estão apresentados os gráficos de riqueza total de gêneros do fitoplâncton no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu, observados nos cinco ciclos hidrológicos completos. Nota-se um visível aumento de riqueza total do ciclo 1 para o ciclo 4, correspondentes à fase de pré-enchimento dos reservatórios, em especial nas campanhas de enchente e cheia. Já no 5º ciclo hidrológico verificou-se uma diminuição da riqueza no período de enchente (janeiro de 2016) e de cheia, possivelmente relacionada à forte precipitação que ocorreu no ciclo como um todo (**Figura 11.4.1 - 1**), promovendo águas turbulentas e turvas naquela porção do rio Xingu e que podem ter desfavorecido o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica. Uma vez que o ponto RX 19 está localizado em uma área sem influência do remanso do RX, tal diminuição da riqueza total não está relacionada à formação do reservatório.

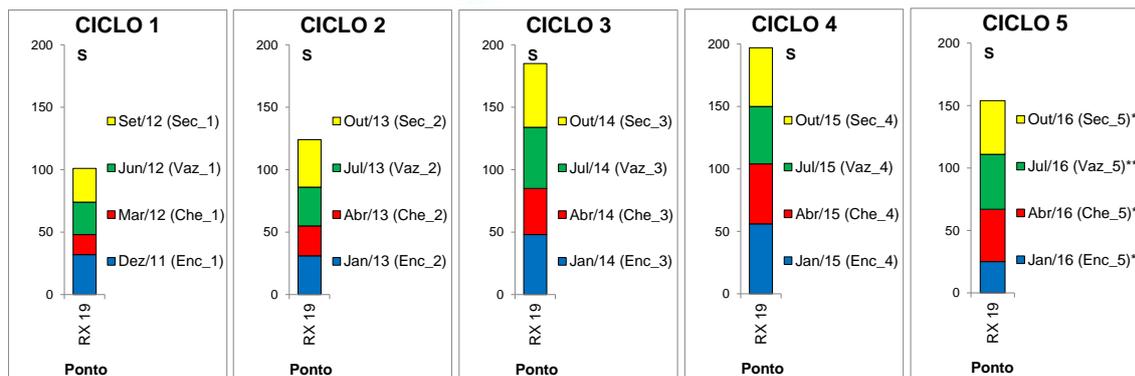


Figura 11.4.1 - 33 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.I.2. RESERVATÓRIO DO XINGU

Em relação aos gráficos de riqueza total referentes à área do RX, é possível verificar valores inferiores nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (**Figura 11 4.1 - 34**), tais como PAN 02, localizado no igarapé Panelas, e ALT 02, localizado no igarapé Altamira. É possível que esse fato seja resultante das condições menos favoráveis nesses igarapés em relação ao rio Xingu, como por exemplo, águas mais turvas que dificultam a penetração de luz. Já os valores de riqueza total no rio Xingu foram muito semelhantes, tanto em termos espaciais, ou seja, entre os pontos de coleta do mesmo ciclo hidrológico, como em termos temporais, ou seja, entre os diferentes ciclos hidrológicos. Mesmo no 5º ciclo hidrológico, referente às fases de enchimento e pós-enchimento do RX, não houve alteração visível na riqueza total. Portanto, esses resultados demonstram que a formação do RX não alterou de forma significativa a riqueza total de gêneros fitoplancônicos.

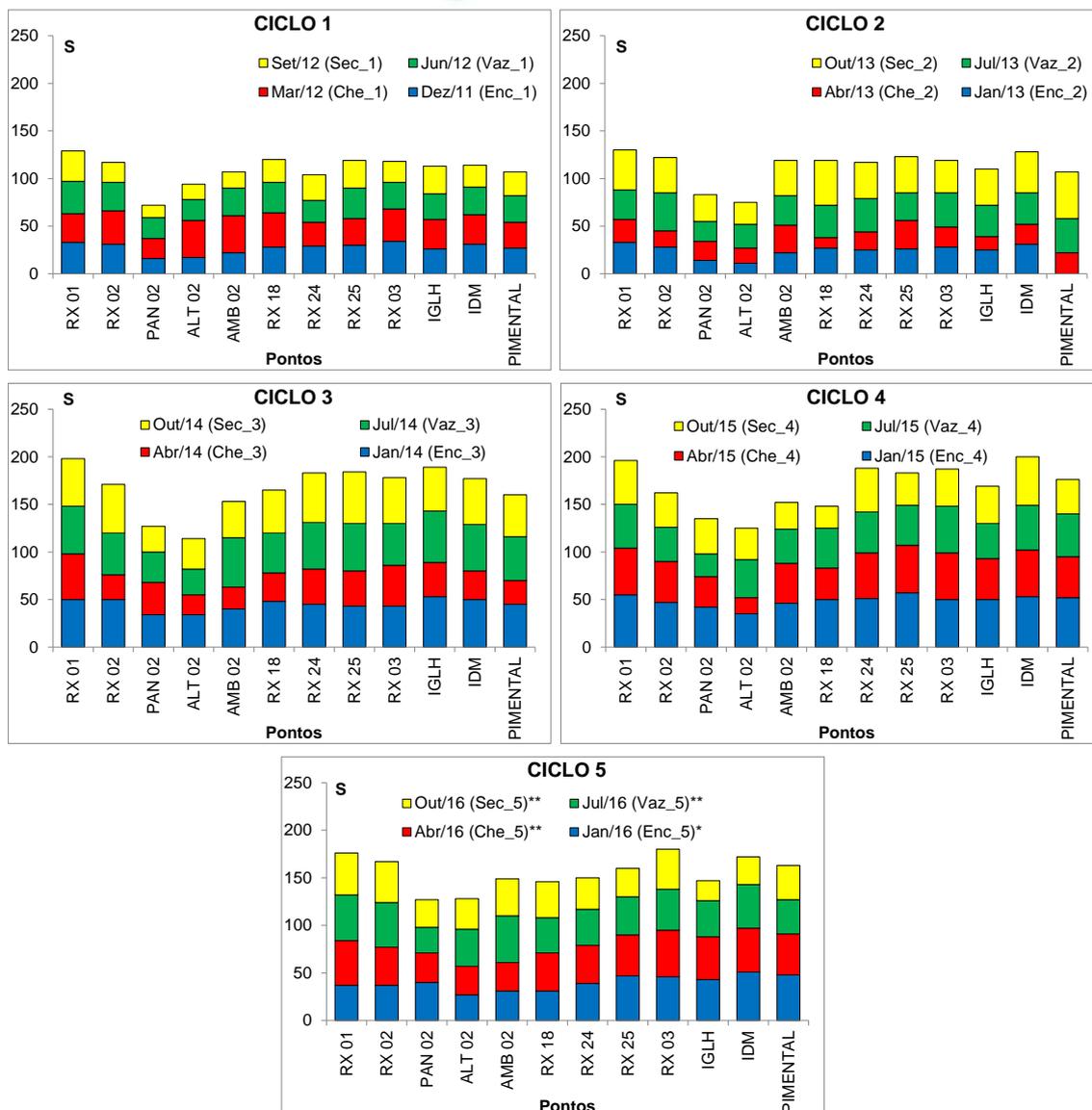


Figura 11.4.1 - 34 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.I.3. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

Em relação aos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR), nota-se também, da mesma forma como na área do RX, pouca variação da riqueza total de gêneros fitoplanctônicos tanto em termos espaciais como temporais, exceto no 1º ciclo hidrológico, cujos valores, em especial no período de seca, foram inferiores àqueles dos demais ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 35**). É possível que esses resultados estejam relacionados às condições climáticas atípicas naquele ciclo hidrológico. Já o 5º ciclo hidrológico, referente ao período da formação do RX, os valores de riqueza total foram

muito semelhantes aos valores observados nos ciclos hidrológicos anteriores, não evidenciando, portanto, impactos resultantes da formação do reservatório.

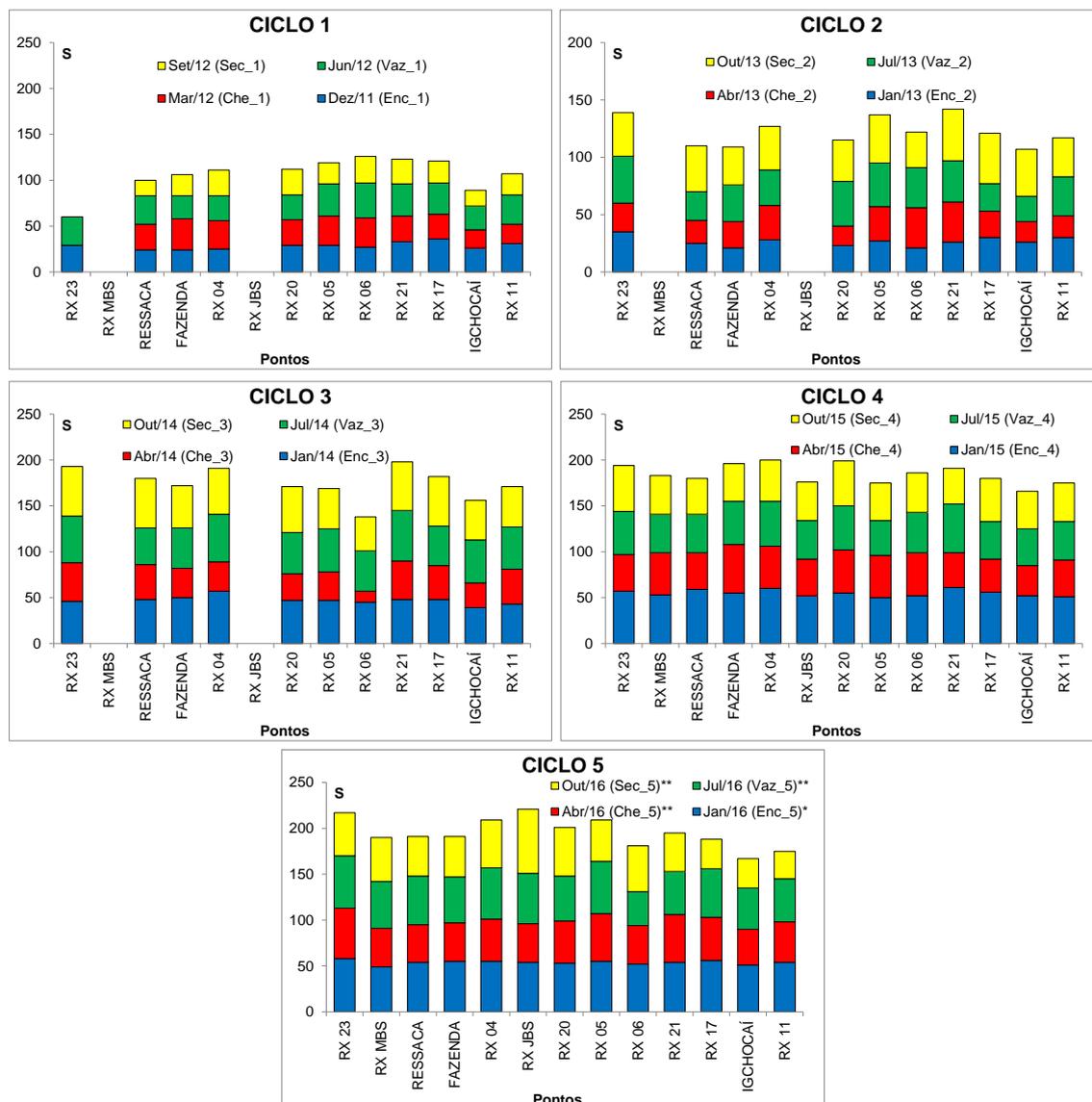


Figura 11.4.1 - 35 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.I.4. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Os padrões de variação de riqueza total de gêneros do fitoplâncton observados no TRV foram semelhantes àqueles observados no TVR, como por exemplo, menores valores observados durante o 1º ciclo hidrológico, atribuídos às condições climatológicas desfavoráveis (**Figura 11.4.1 - 36**). Verificou-se, também, menores valores de riqueza no ponto IGSA/SEBM, localizado no igarapé Santo Antônio, possivelmente relacionadas às

condições menos favoráveis e naturais do igarapé em relação aos pontos localizados no rio Xingu (RX 07 e RX 15) e no igarapé Tucuruí (TUC 01), como água turbulenta e turva em boa parte do ano, ou seja, sem influência do empreendimento.

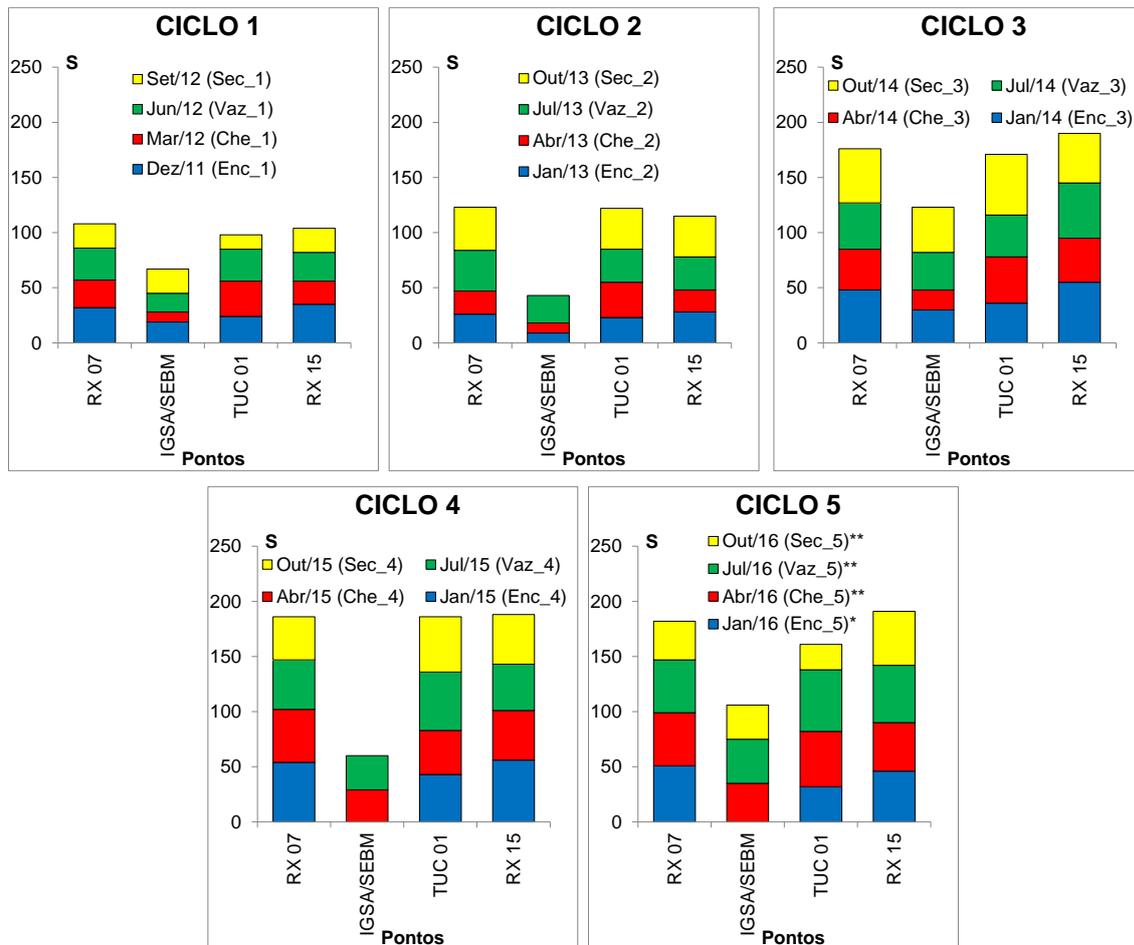


Figura 11.4.1 - 36 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.1.5. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Nos pontos localizados no RI os valores de riqueza total de gêneros fitoplanctônicos foram muito semelhantes entre os diferentes pontos para as três campanhas de campo realizadas (**Figura 11.4.1 - 37**), o que demonstra uma homogeneidade de condições no sistema.

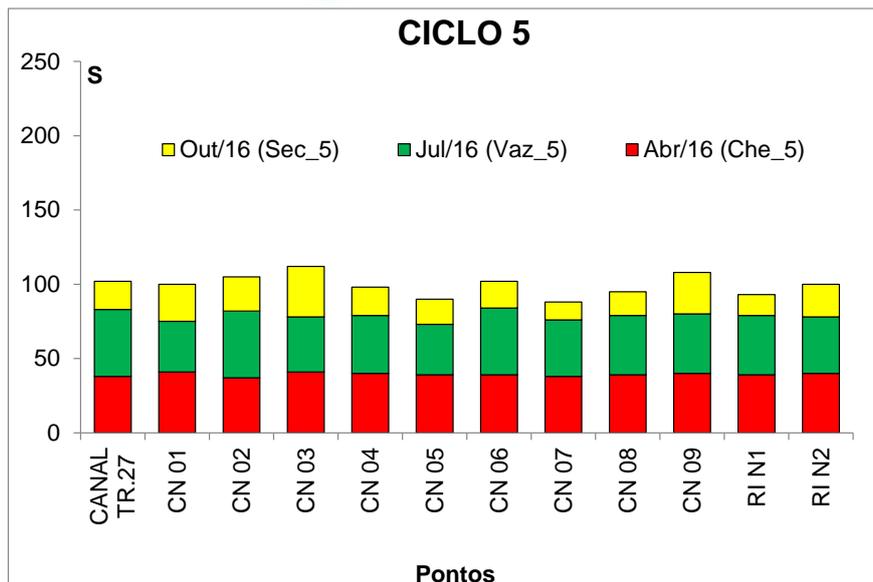


Figura 11.4.1 - 37 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI). Campanhas referentes ao 5º ciclo hidrológico na fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.3.A.I.6. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Já nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI, nota-se uma semelhança nos valores de riqueza total entre os diferentes pontos de coleta (**Figura 11.4.1 - 38**). As variações foram mais evidentes entre os diferentes ciclos hidrológicos, ficando em destaque os maiores valores observados durante o 5º ciclo hidrológico, correspondente às fases de enchimento e pós-enchimento. É possível que as condições mais estáveis dos igarapés, após a formação do RI, promovidas com a redução das amplitudes de cheia, e o uso da água superficial límpida do RI vertida aos igarapés tenham sido favoráveis à maior riqueza de fitoplâncton.

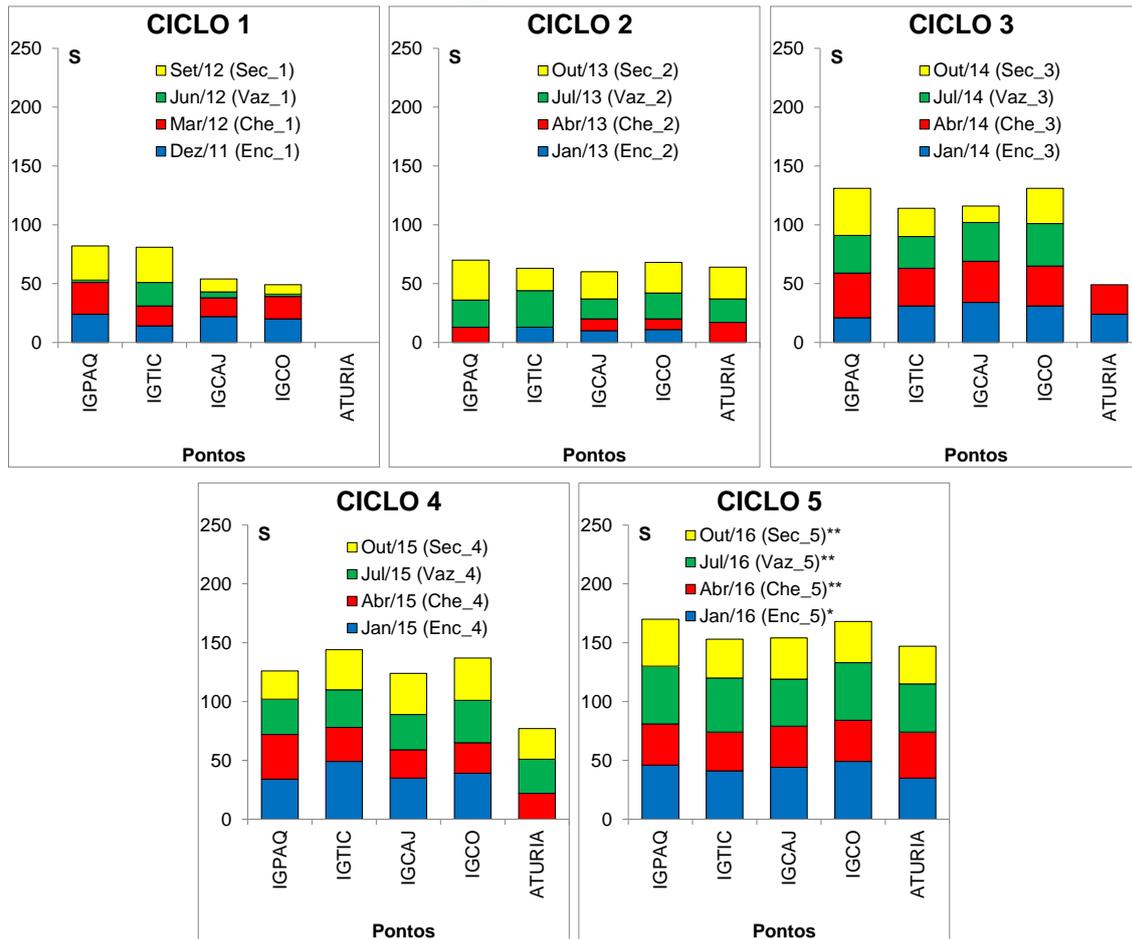


Figura 11.4.1 - 38 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI). Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.I.7. RIO BACAJÁ

Nos pontos do rio Bacajá verifica-se um aumento gradual da riqueza total de gêneros fitoplanctônicos do primeiro para o quinto ciclo hidrológico. É provável que esse padrão esteja relacionado às condições climatológicas e hidrológicas do rio Bacajá, sem relação com a formação do RX, localizado muito a montante da foz desse rio.

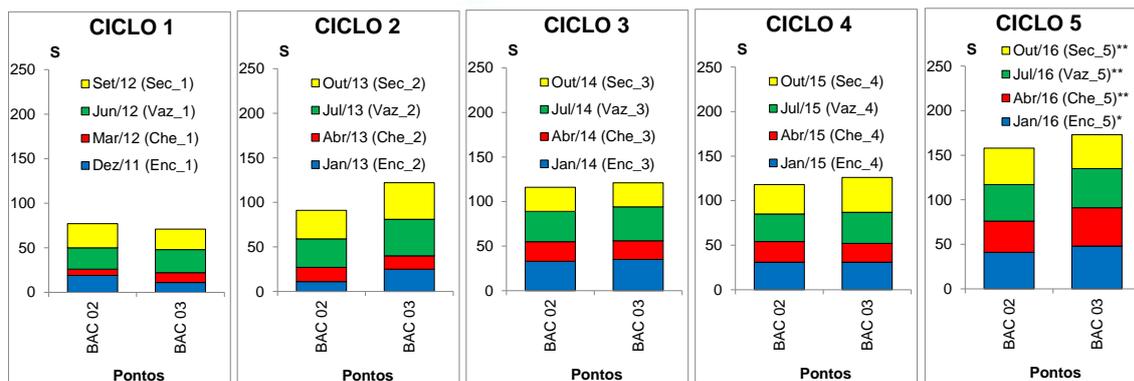


Figura 11.4.1 - 39 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na área do Rio Bacajá. Campanhas nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II. ABUNDÂNCIA RELATIVA

Nas **Figuras 11.4.1 - 40 a 11.4.1 - 44** estão apresentados os gráficos das abundâncias relativas das classes de fitoplâncton para as diferentes áreas de monitoramento referentes aos cinco ciclos hidrológicos. A classe Bacillariophyceae foi, considerando todos os trechos de monitoramento, a mais representativa nas amostras, com exceções observadas nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI, nos quais houve dominância de outras classes em determinados períodos, conforme demonstrada nas **Figuras 11.4.1 - 40, 11.4.1 - 41 e 11.4.1 - 44**, tais como: Zygnematophyceae em dezembro de 2011 (enchente do 1º ciclo hidrológico), em janeiro de 2013 (enchente do 2º ciclo hidrológico), em abril de 2016 (cheia do 5º ciclo hidrológico) e em outubro de 2016 (seca do 5º ciclo hidrológico); Euglenophyceae em outubro de 2013 (seca do 2º ciclo hidrológico), em janeiro de 2014 (enchente do 3º ciclo hidrológico) e em abril de 2014 (cheia do 3º ciclo hidrológico); Dinophyceae em julho e outubro de 2014 (vazante e seca do 3º ciclo hidrológico) e em janeiro, abril, julho e outubro de 2015 (enchente, cheia, vazante e seca do 5º ciclo hidrológico).

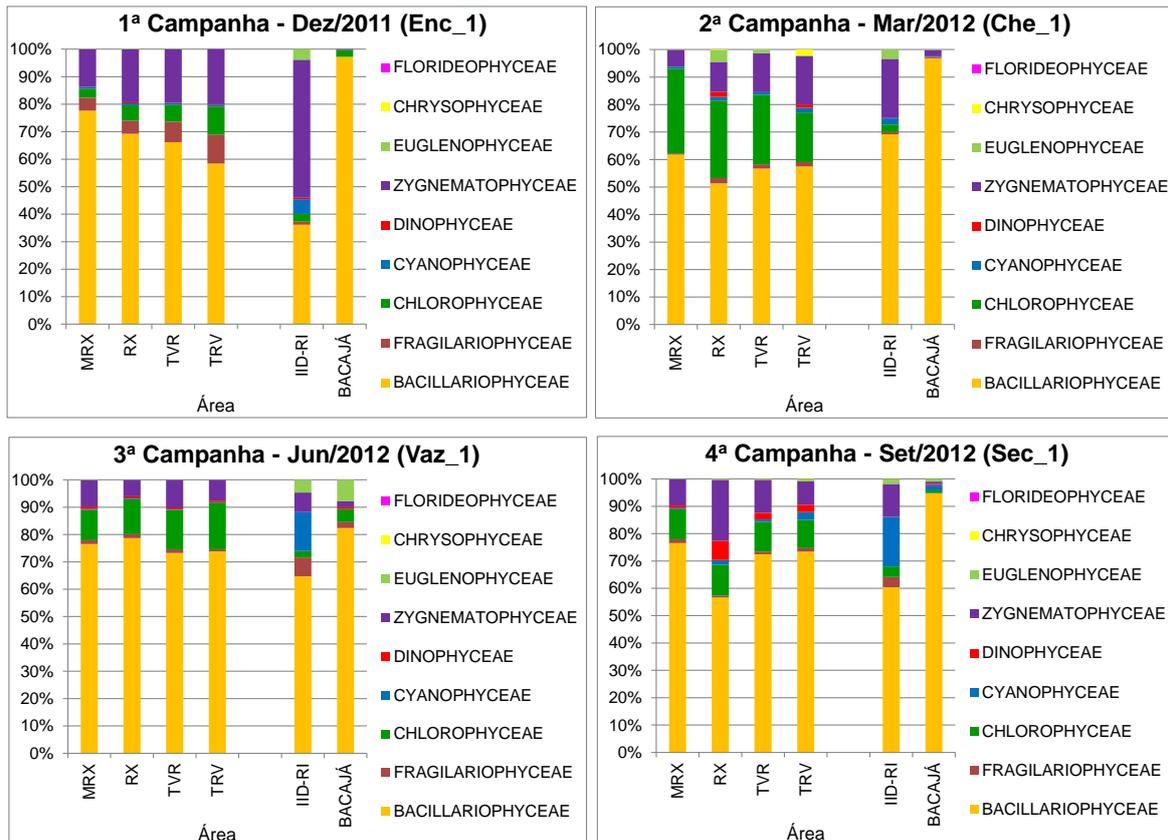


Figura 11.4.1 - 40 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 1º ciclo hidrológico (dezembro de 2011 a setembro de 2012) durante a fase de pré-enchimento.

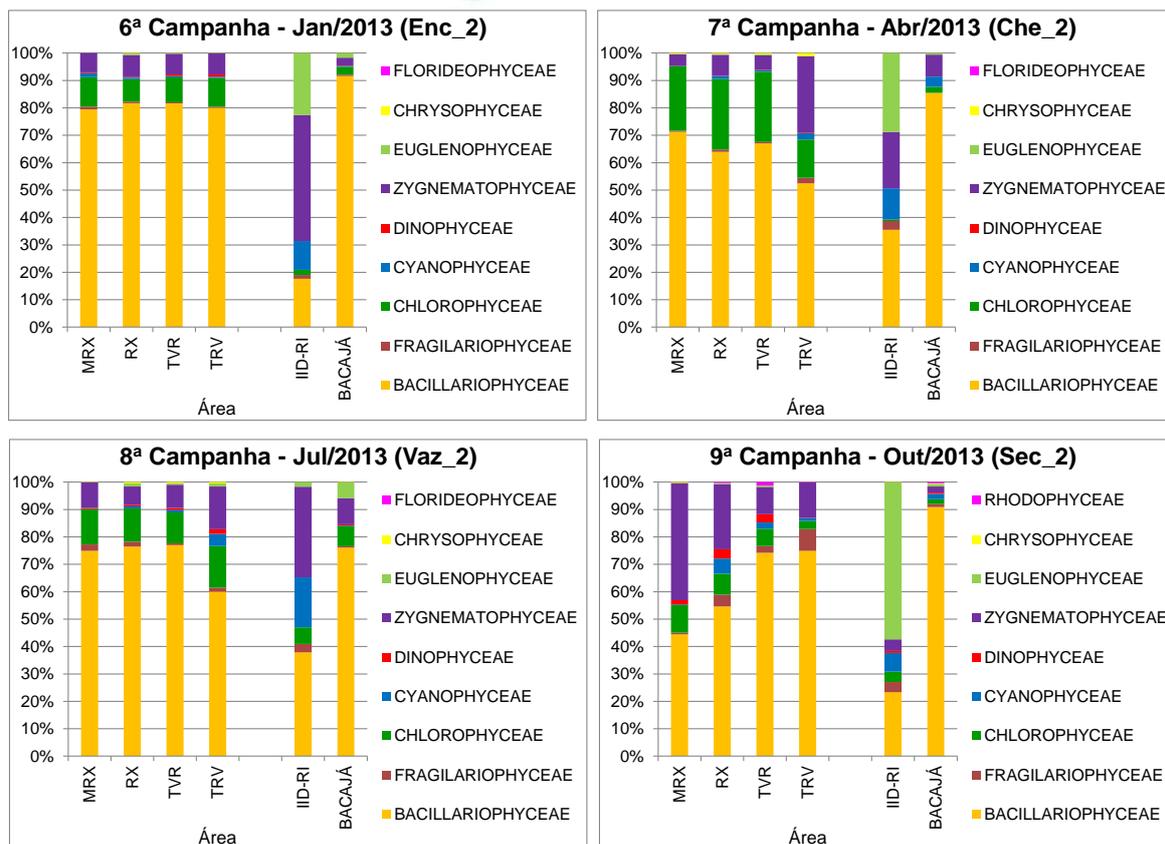


Figura 11.4.1 - 41 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 2º ciclo hidrológico completo (janeiro a outubro de 2013) durante a fase de pré-enchimento.

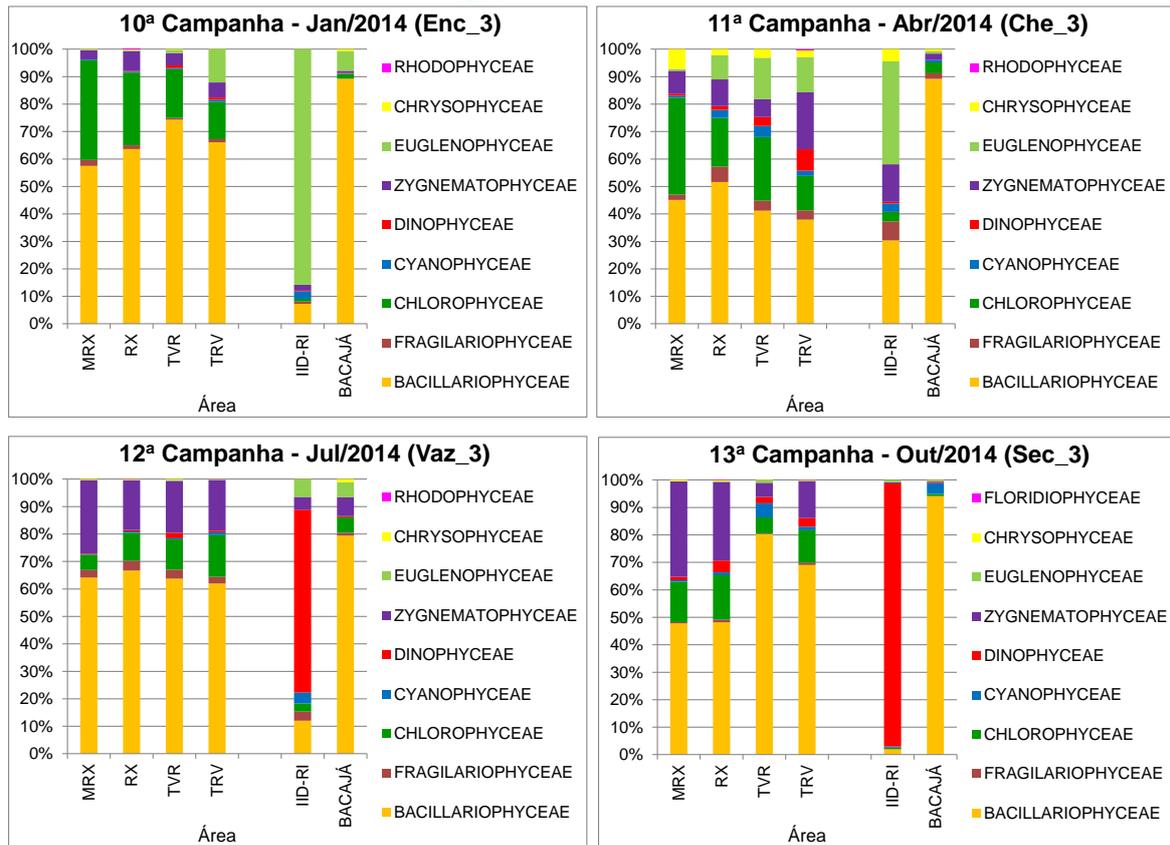


Figura 11.4.1 - 42 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 3º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2014), durante a fase de pré-enchimento.

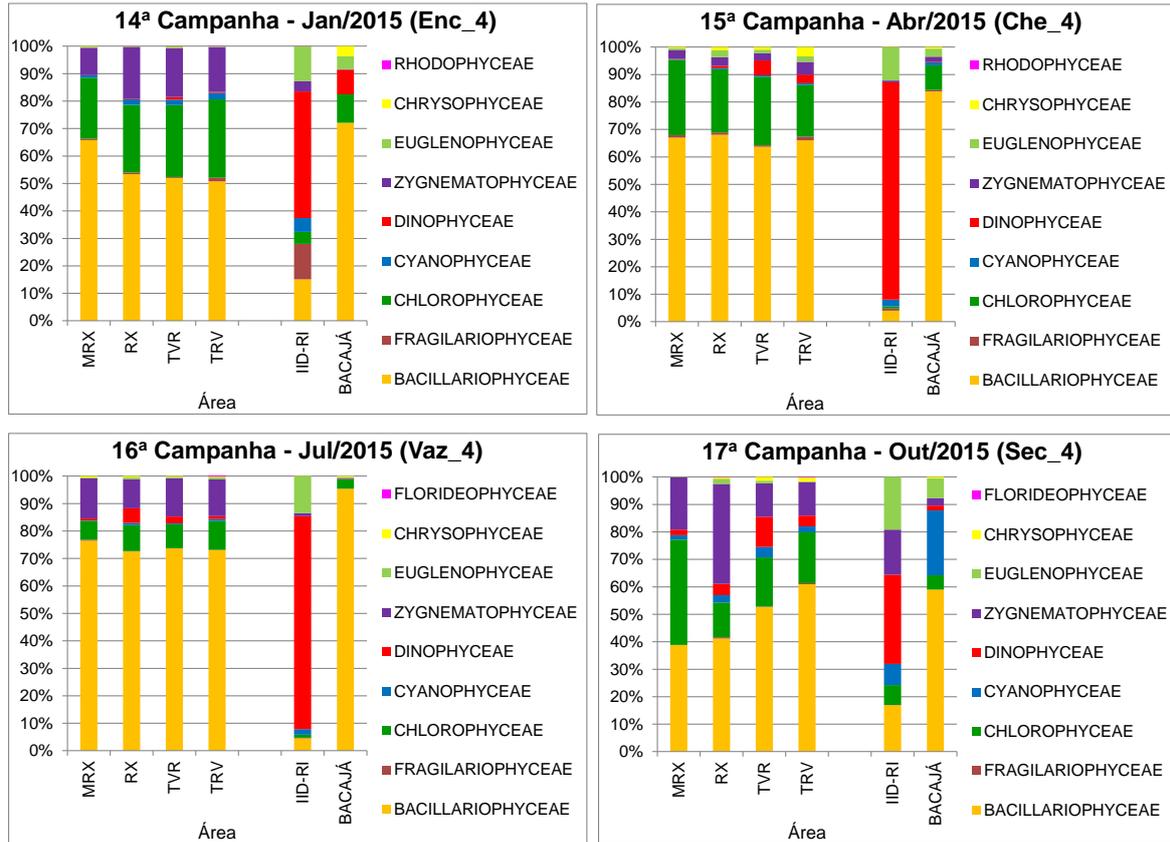


Figura 11.4.1 - 43 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 4º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2015) durante a fase de pré-enchimento.

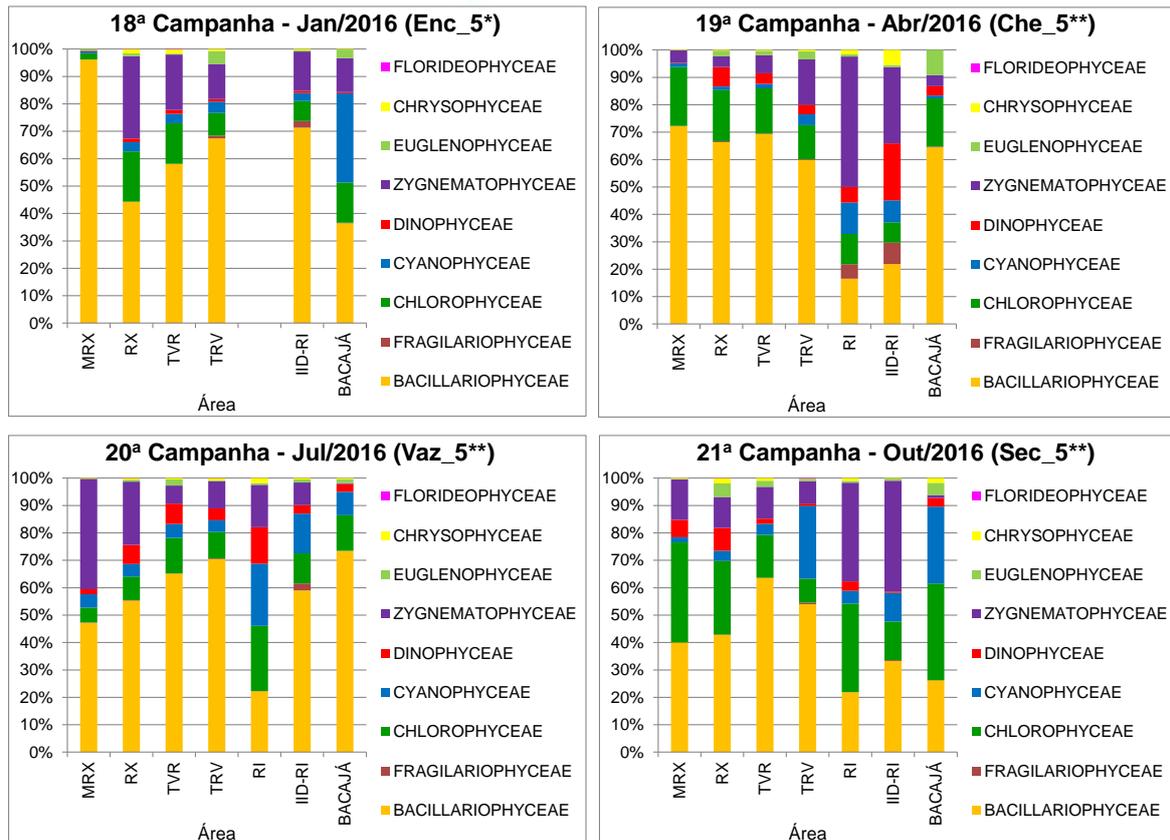


Figura 11.4.1 - 44 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 5º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2016). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.1. MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU (MRX)

Na **Figura 11.4.1 - 45** estão apresentados os gráficos de abundância de organismos fitoplanctônicos observados no ponto RX 19, localizado na área a Montante do RX. De forma distinta aos padrões de riqueza total observados nesse mesmo ponto, os valores de abundância total foram muito distintos entre as diferentes campanhas de um mesmo ciclo hidrológico, bem como, entre os diferentes ciclos hidrológicos. A maior abundância foi observada na campanha de vazante do 3º ciclo hidrológico (julho de 2014), sendo que as menores abundâncias foram observadas no 5º ciclo hidrológico. Conforme descrito anteriormente para os padrões de riqueza total observados nessa área, os menores valores de abundância durante o 5º ciclo hidrológico não têm relação com a formação do RX, haja vista que o ponto RX 19 está localizado em uma porção do rio Xingu sem influência do remanso do RX.

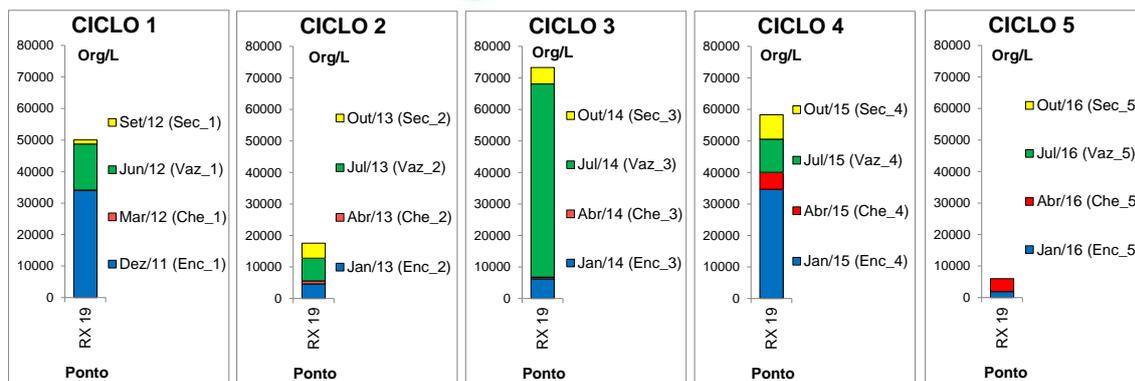


Figura 11.4.1 - 45 – Abundância de organismos fitoplanctônicos no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.2. RESERVATÓRIO DO XINGU – INCLUINDO IGARAPÉS DE ALTAMIRA

De forma semelhante aos padrões de riqueza total observados nos pontos localizados na área do RX, as menores abundâncias de fitoplâncton foram observadas nos igarapés de Altamira, muito em função das condições desfavoráveis ao crescimento do fitoplâncton já descritas, como maior turbidez da água e menor penetração de luz. Em geral, as maiores abundâncias foram observadas nos períodos de enchente dos diferentes ciclos hidrológicos, exceto no 3º ciclo, no qual houve baixa abundância nos períodos de enchente e cheia e maior abundância no período de vazante (**Figura 11.4.1 - 46**). A baixa abundância de fitoplâncton observada nos períodos de enchente e cheia no 3º ciclo hidrológico pode estar relacionada à grande cheia ocorrida no rio Xingu naquele ano (**Figura 11.4.1 - 1**), que resultou em águas mais turbulentas e turvas devido à elevada vazão quando comparados aos períodos de enchente e cheia dos demais ciclos hidrológicos.

Porém, durante o 5º ciclo hidrológico, verifica-se que tais diferenças na abundância de fitoplâncton entre as diferentes campanhas (períodos do ciclo hidrológico) passaram a ser menor, possivelmente em função das condições mais estáveis do corpo do RX após a sua formação e à menor vazão do rio Xingu resultante da estiagem prolongada, quando comparadas às condições durante a fase de pré-enchimento (1º ao 4º ciclos hidrológicos), na qual os pulsos de inundação ainda exerciam grande influência na ocorrência de fitoplâncton, principalmente no período de enchente. Não obstante, nota-se que a abundância total de fitoplâncton, na maioria dos pontos do RX durante o 5º ciclo hidrológico (fase de operação), esteve na mesma ordem de grandeza dos valores totais observados durante o 2º e o 3º ciclos hidrológicos, sem evidências, portanto, de que a formação do RX tenha alterado de forma significativa a abundância de fitoplâncton naquela área.

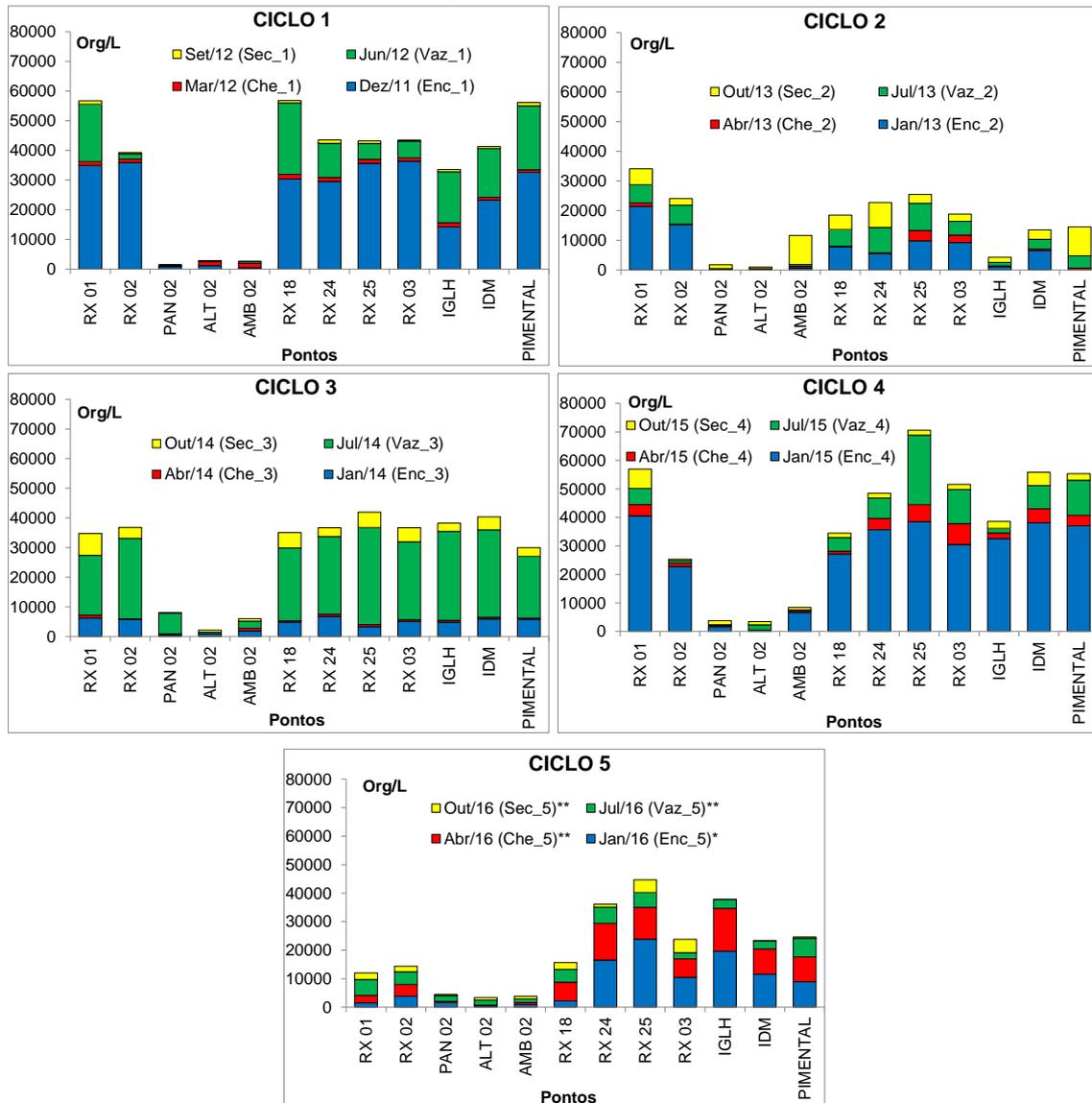


Figura 11.4.1 - 46 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.3. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

De forma semelhante aos padrões observados na área do RX, na área do TVR verifica-se que, em determinados períodos, como na enchente e, em muitos casos, na vazante, houve maior abundância de organismos fitoplanctônicos durante a fase de pré-enchimento, como no 1º e 4º ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 47**). De forma semelhante aos padrões observados nos pontos localizados no RX, houve menor abundância de fitoplâncton durante o período de enchente do 4º ciclo hidrológico em relação aos demais ciclos, também atribuída à grande cheia que ocorreu naquele período no rio Xingu, a qual resultou em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do

fitoplâncton, como águas turbulentas e turvas. Porém, nota-se que durante o 5º ciclo hidrológico no TVR, após a formação do RX, tais diferenças de abundância passaram a ser menor, também relacionadas à maior estabilidade do nível do rio Xingu e pulsos menores de inundação resultantes do longo período de estiagem e menor vazão do rio Xingu, os quais, possivelmente, teriam resultado no desenvolvimento do fitoplâncton de forma mais homogênea ao longo desse ciclo hidrológico.

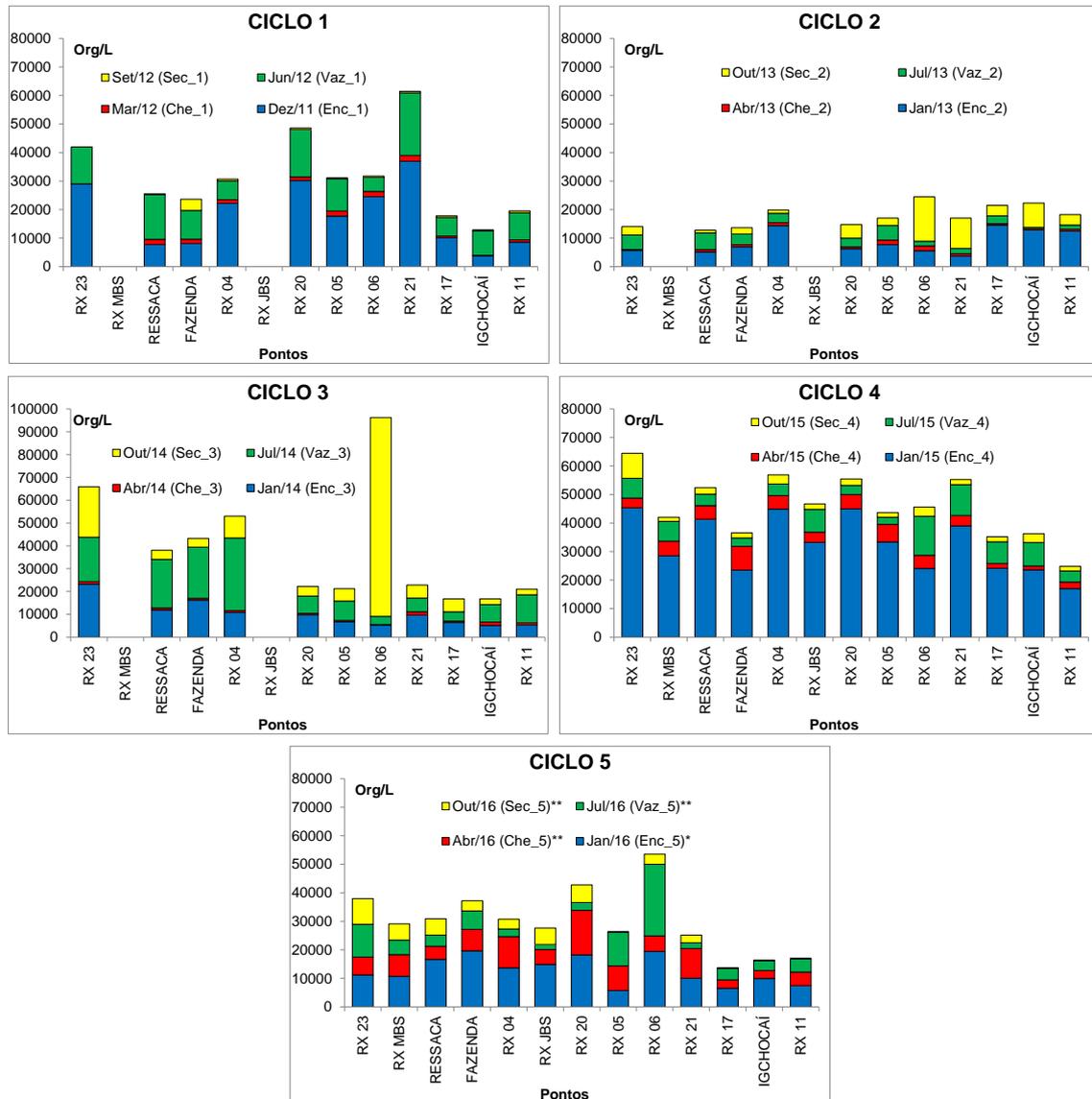


Figura 11.4.1 - 47 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.4. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Assim como verificado para os valores de riqueza total, as menores abundâncias de fitoplâncton na área do TRV foram no ponto IGSA/SEBM, localizado no igarapé Santo Antônio, também atribuídas às condições desfavoráveis como maior turbidez da água. Em geral, as maiores abundâncias foram observadas no período de enchente, mas grandes abundâncias também observadas no período de seca, como no 2º e no 3º ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 48**). Novamente, os valores de abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na área do TRV durante o 5º ciclo hidrológico estiveram na mesma ordem de grandeza dos valores observados nos ciclos anteriores, o que evidencia que a formação do RX e do RI não alteraram de forma significativa a abundância de fitoplâncton nessa área.

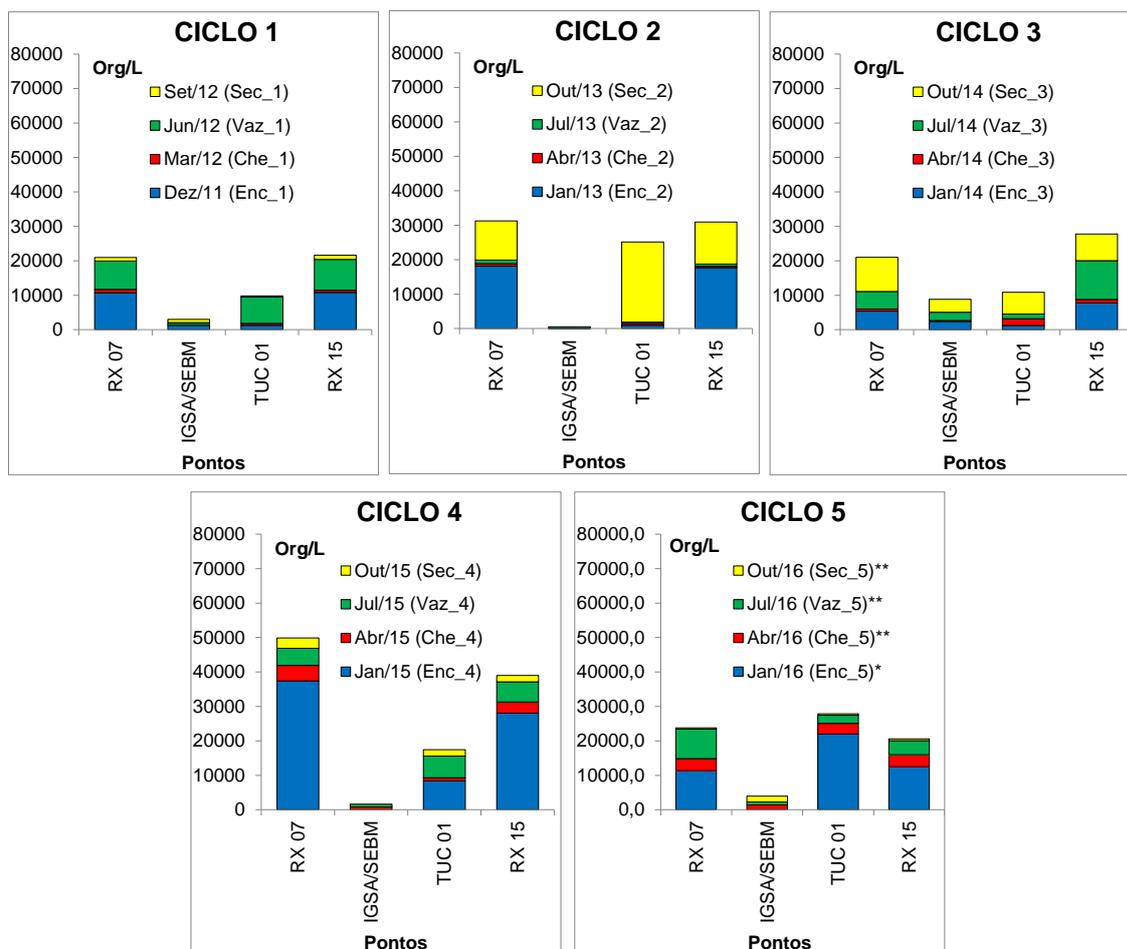


Figura 11.4.1 - 48 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.5. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Assim como observado para os valores de riqueza total de gêneros fitoplanctônicos, os valores de abundância total no Reservatório Intermediário foram muito semelhantes entre os diferentes pontos e nos diferentes períodos (**Figura 11.4.1 - 49**), exceto no ponto CN 03, no qual houve grande abundância de fitoplâncton durante o período de seca (outubro de 2016). Não obstante, a semelhança dos valores observados no RI sugere um sistema homogêneo em termos de abundância fitoplanctônica. Observa-se, também, uma nítida diminuição da abundância de fitoplâncton do período de cheia (abril de 2016) para o período de seca (outubro de 2016). A maior abundância de fitoplâncton no período de cheia pode estar relacionada à fase inicial da formação do RI, mais favorável ao desenvolvimento do fitoplâncton devido à ocorrência do efeito denominado “explosão trófica”, em que é muito característico nessa fase. A diminuição gradual da abundância do fitoplâncton nos períodos subsequentes (vazante e seca) pode estar relacionada ao processo gradual de estabilização do reservatório.

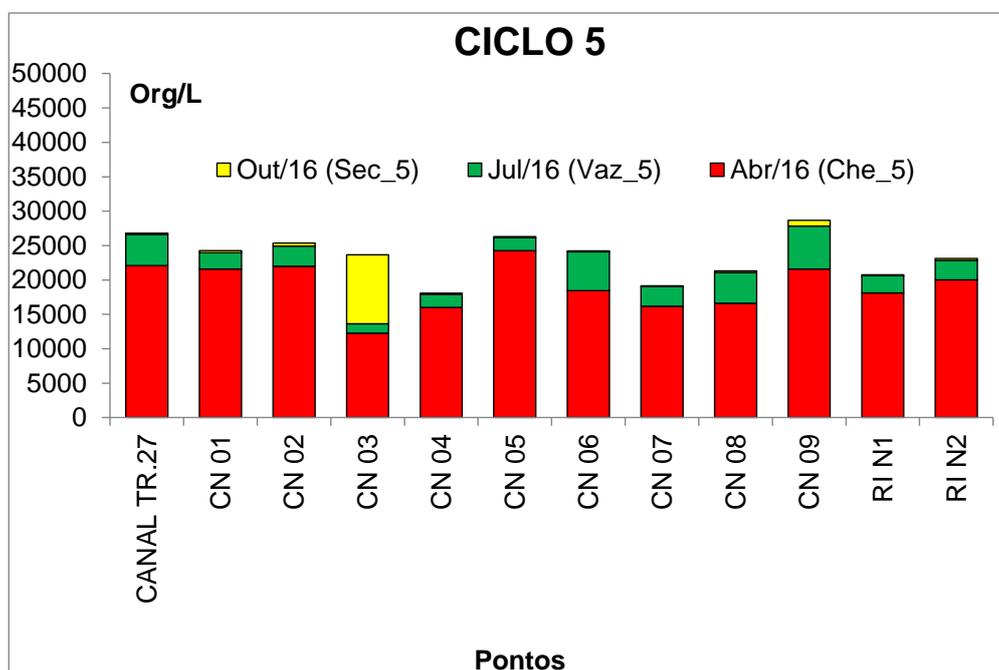


Figura 11.4.1 - 49 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) no 5º ciclo hidrológico durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.3.A.II.6. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Nos igarapés interceptados pelos diques do RI, observa-se uma grande variação de abundância de fitoplâncton nos diferentes períodos e nos diferentes ciclos hidrológicos, possivelmente relacionados aos pulsos de inundação desses igarapés durante a fase de pré-enchimento (**Figura 11.4.1 - 50**). As maiores abundâncias de fitoplâncton observadas no ponto IGCAJ, localizado no igarapé Cajueiro, no período de vazante

(outubro de 2014) do 3º ciclo hidrológico, bem como no período de vazante (julho de 2015) do 4º ciclo hidrológico podem estar relacionadas à menor turbidez da água, que podem ter favorecido o crescimento fitoplanctônico nesse igarapé. Porém, após a formação do RI durante o 5º ciclo hidrológico, nota-se uma maior semelhança nas proporções das abundâncias para os diferentes pontos dos IID-RI, resultantes da água superficial do RI vertida para os igarapés, uma vez que, conforme demonstrado anteriormente (**Figura 11.4.1 - 49**), o RI apresenta grande homogeneidade de abundância fitoplanctônica entre os diferentes pontos de amostragem.

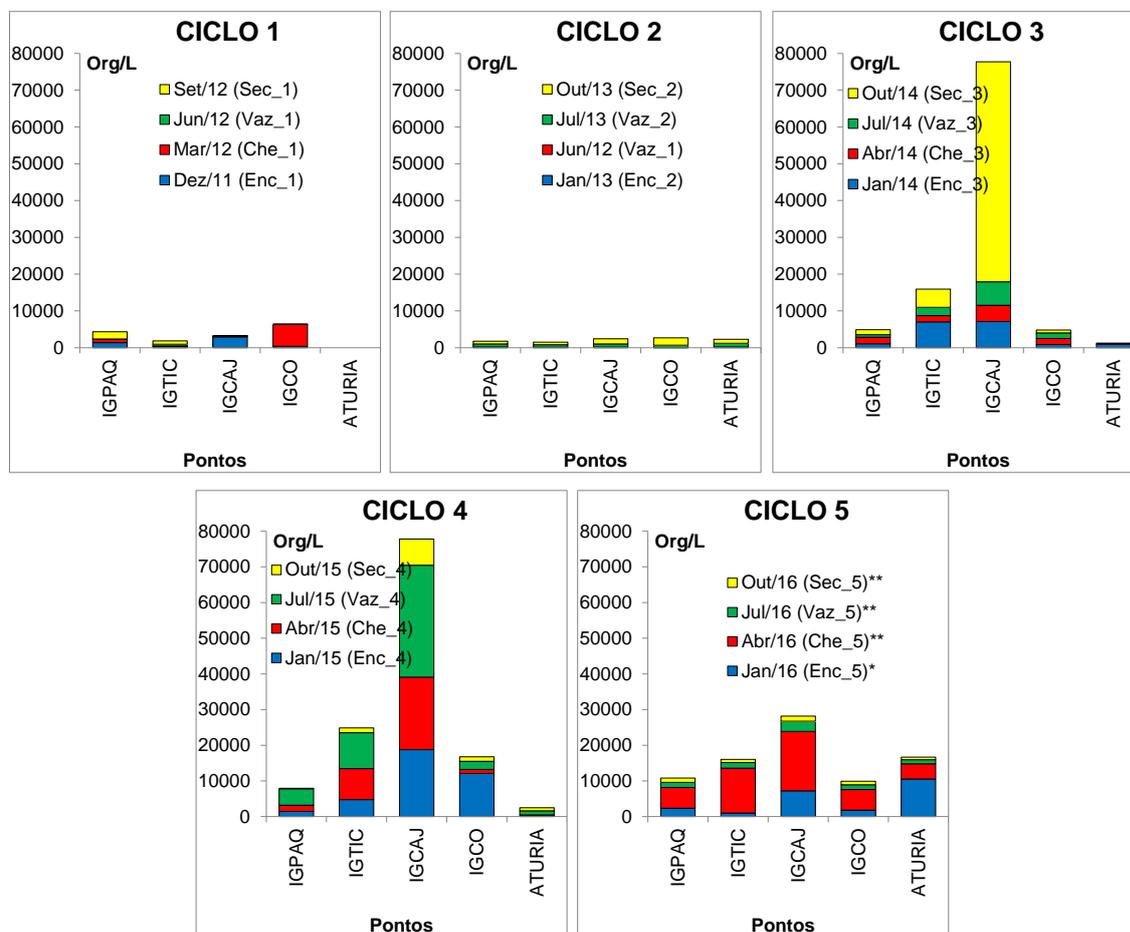


Figura 11.4.1 - 50 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.II.7. RIO BACAJÁ

Os pontos localizados na área do rio Bacajá apresentaram grande semelhança de abundância fitoplanctônica entre os diferentes períodos do mesmo ciclo hidrológico (**Figura 11.4.1 - 51**). Por outro lado, verificou-se uma grande variação de abundância entre os diferentes ciclos hidrológicos. No 1º ciclo, por exemplo, as maiores abundâncias foram observadas no período de enchente, sendo que no 2º e 3º ciclos hidrológicos as

abundâncias foram maiores nos períodos de seca, ao passo que no ponto BAC 02 do 4º ciclo hidrológico e nos dois pontos do 5º ciclo hidrológico houve maior abundância durante os períodos de vazante. Os menores valores de abundância fitoplanctônica observados durante o 5º ciclo hidrológico nos pontos localizados na área do rio Bacajá em relação aos demais ciclos não estão relacionados à formação do RX, conforme descrito anteriormente, em função da longa distância entre a sua foz no rio Xingu e o barramento do RX.

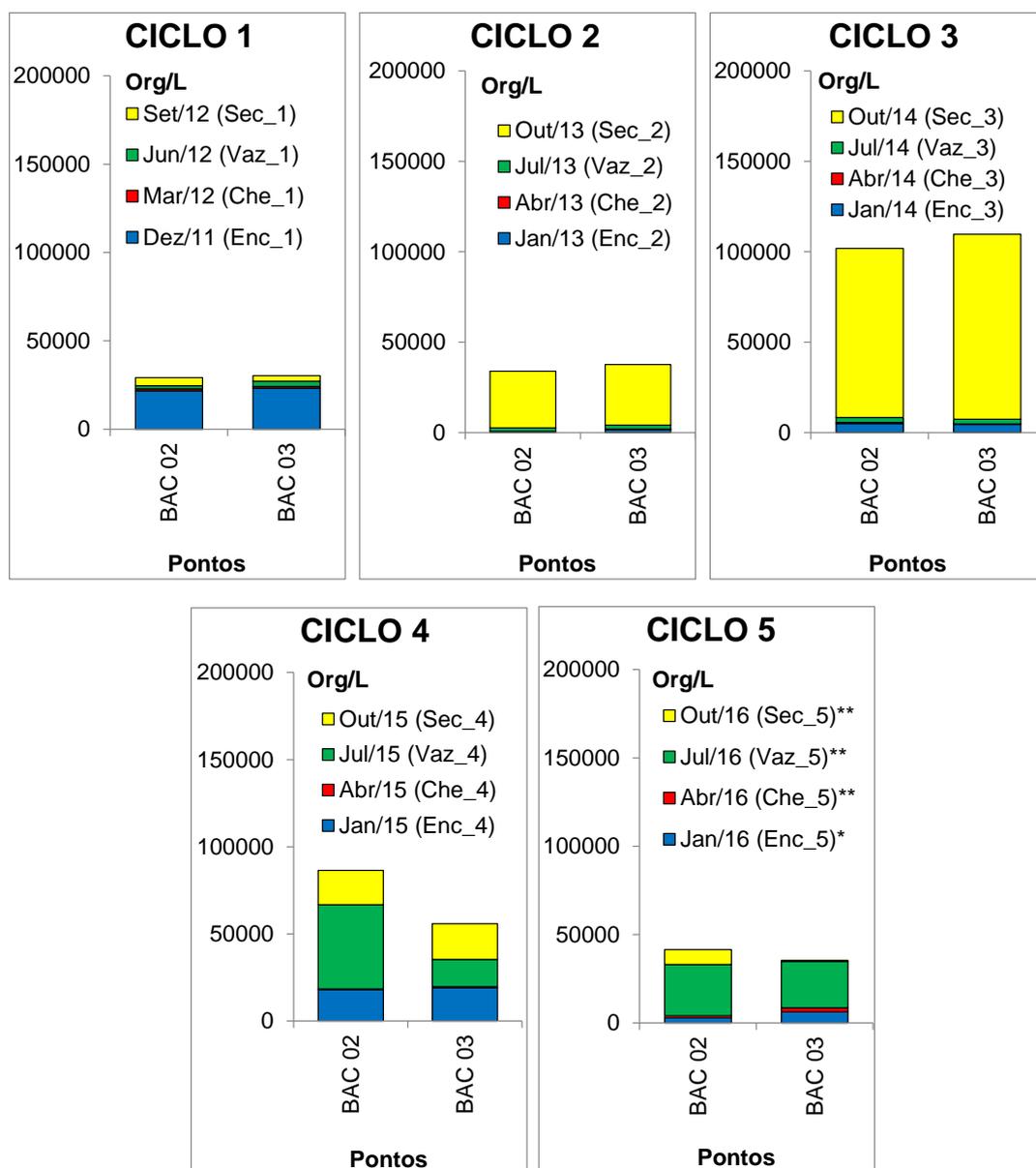


Figura 11.4.1 - 51 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.III. DIVERSIDADE

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 se levar em consideração a distribuição das abundâncias dos organismos na comunidade, sendo considerada uma medida mais adequada para aferir a biodiversidade em ambientes naturais.

11.4.1.2.1.3.A.III.1. MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Os valores de diversidade no ponto RX 19, localizado na área de MRX, foram muito semelhantes entre os diferentes períodos e entre os diferentes ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 52**).

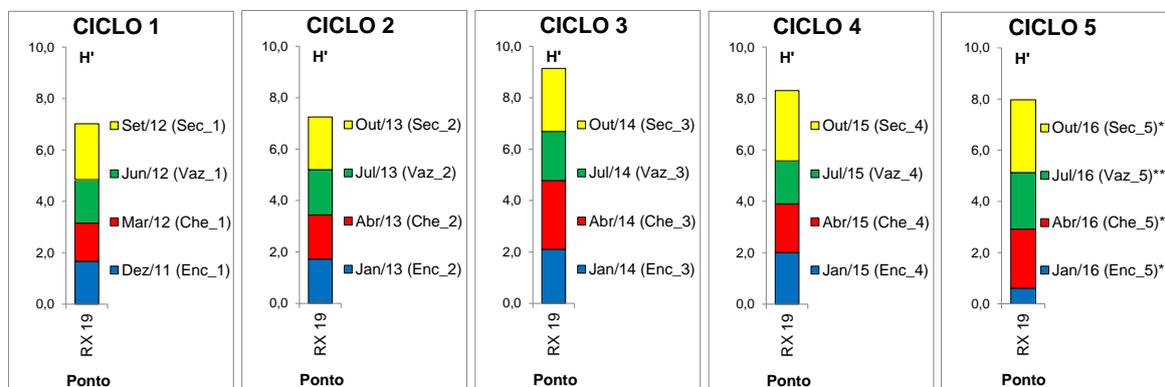


Figura 11.4.1 - 52 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.III.2. RESERVATÓRIO DO XINGU

Também nos pontos localizados na área do RX, os valores de diversidade foram muito semelhantes entre os diferentes períodos e entre os diferentes ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 53**), incluindo aqueles observados durante o 5º ciclo hidrológico, durante e após a formação do RX. Tais resultados demonstram que a formação do RX não resultou em perda de diversidade em relação à sua fase rio.

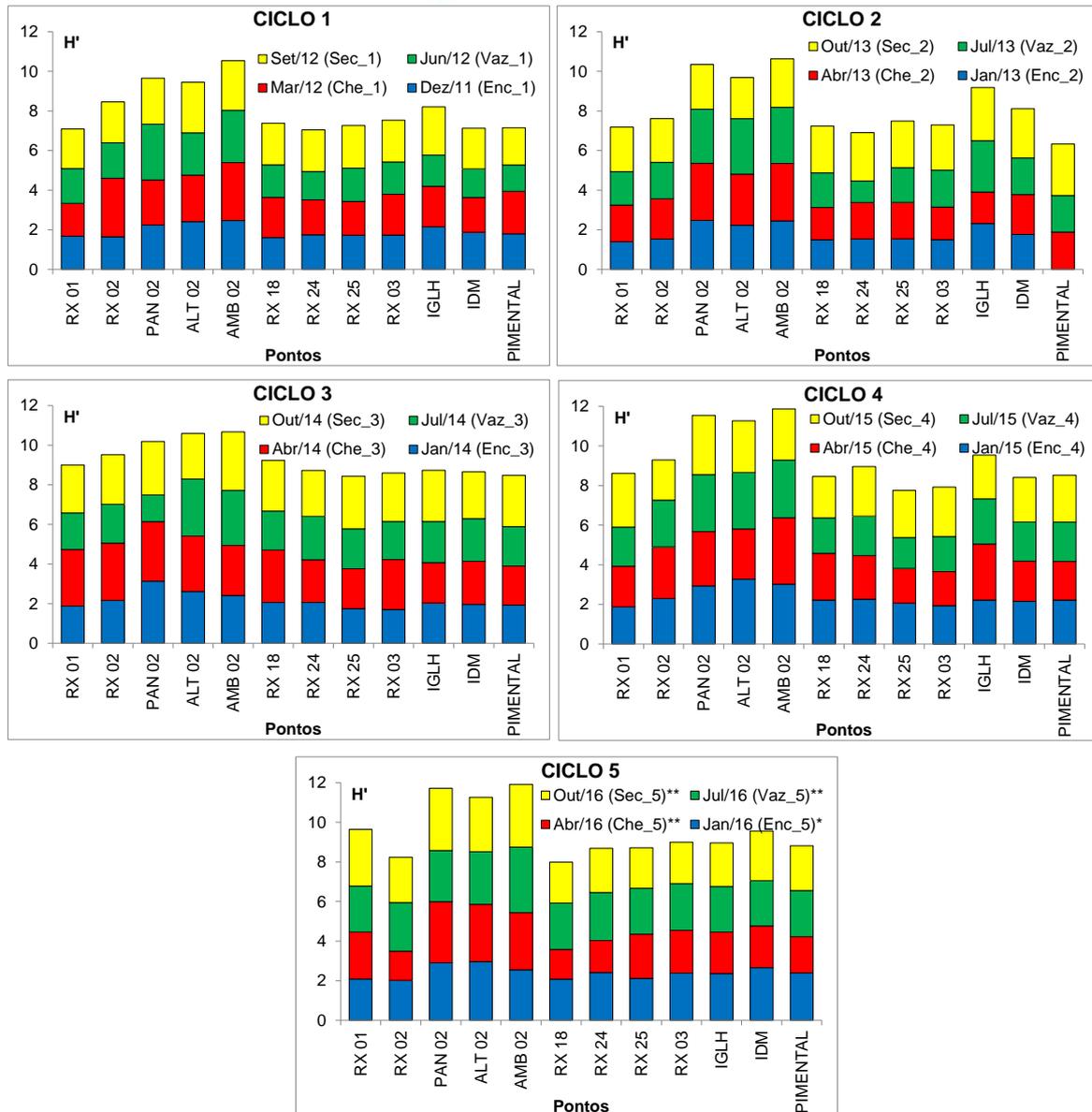


Figura 11.4.1 - 53 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.III.3. TRECHO DE VAZAO REDUZIDA E TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Da mesma forma, os pontos localizados no TVR (**Figura 11.4.1 - 54**) e no TRV (**Figura 11.4.1 - 55**) apresentaram valores de diversidade semelhantes entre os diferentes ciclos hidrológicos, sem evidência de redução após a formação dos reservatórios.

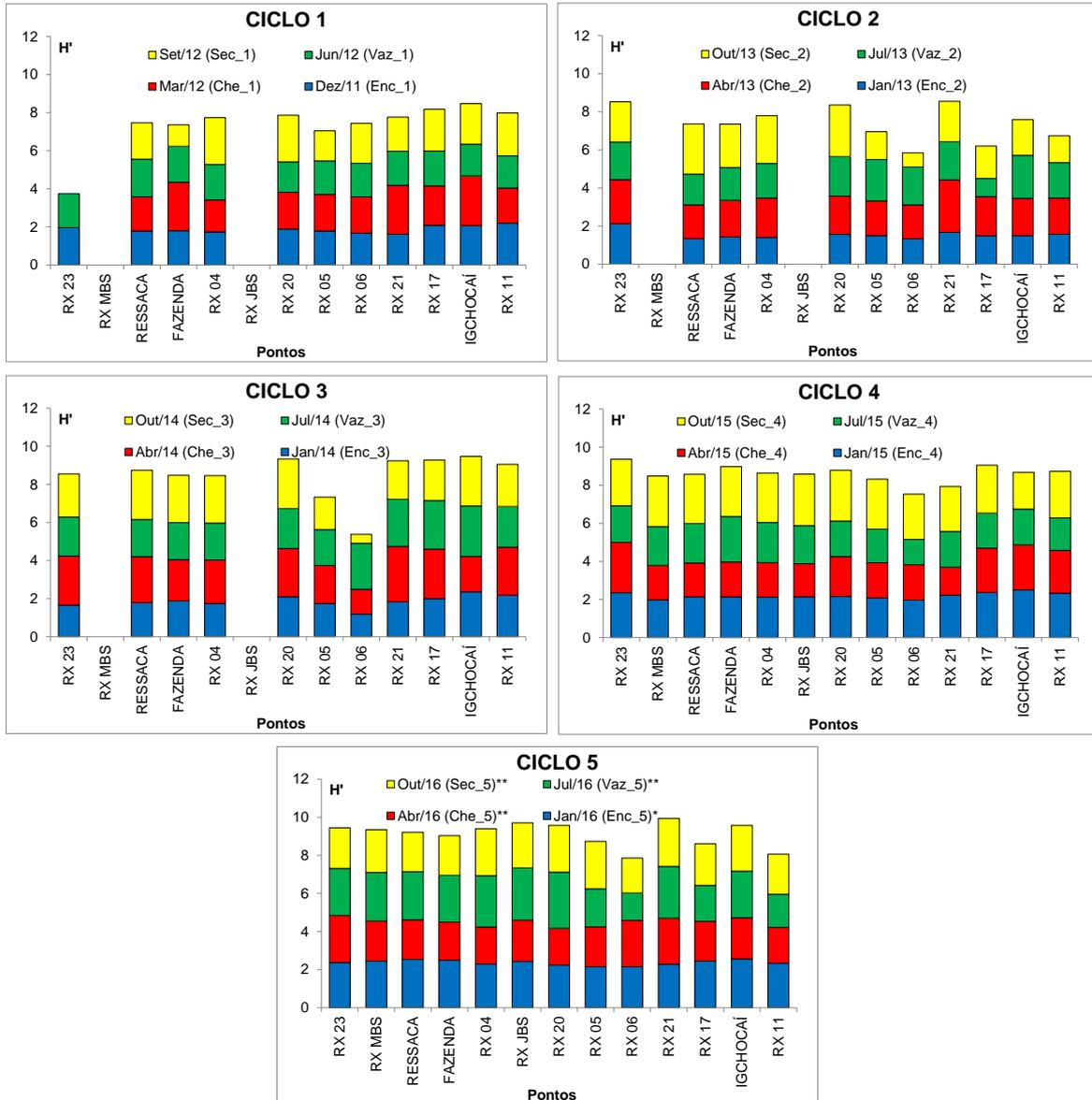


Figura 11.4.1 - 54 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

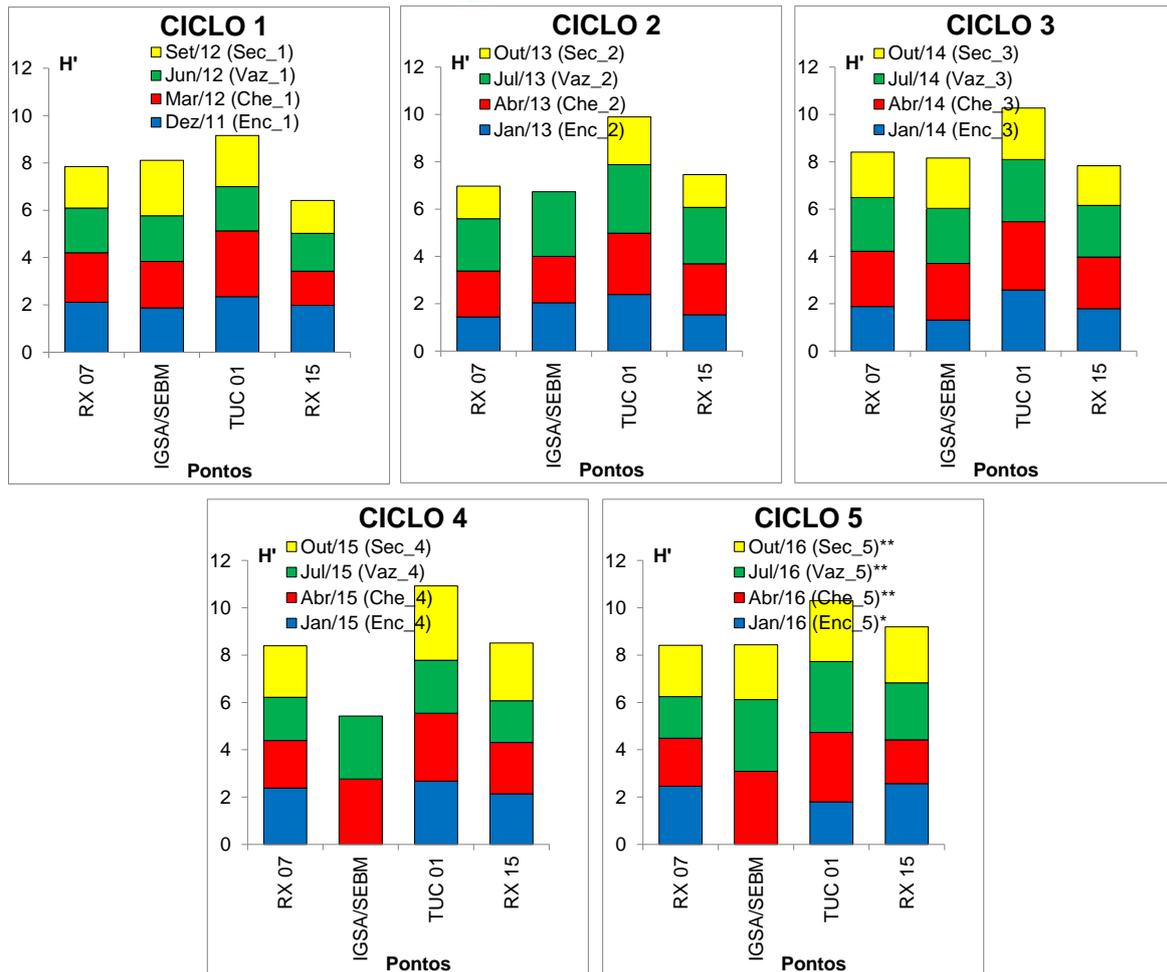


Figura 11.4.1 - 55 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.III.4. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

De forma semelhante aos padrões de riqueza total e abundância, os valores de diversidade de fitoplâncton, considerando-se o 5º ciclo hidrológico, foram muito semelhantes entre os diferentes pontos localizados no RI (**Figura 11.4.1 - 56**), o que confirma a homogeneidade desse sistema em termos de ocorrência da comunidade fitoplanctônica.

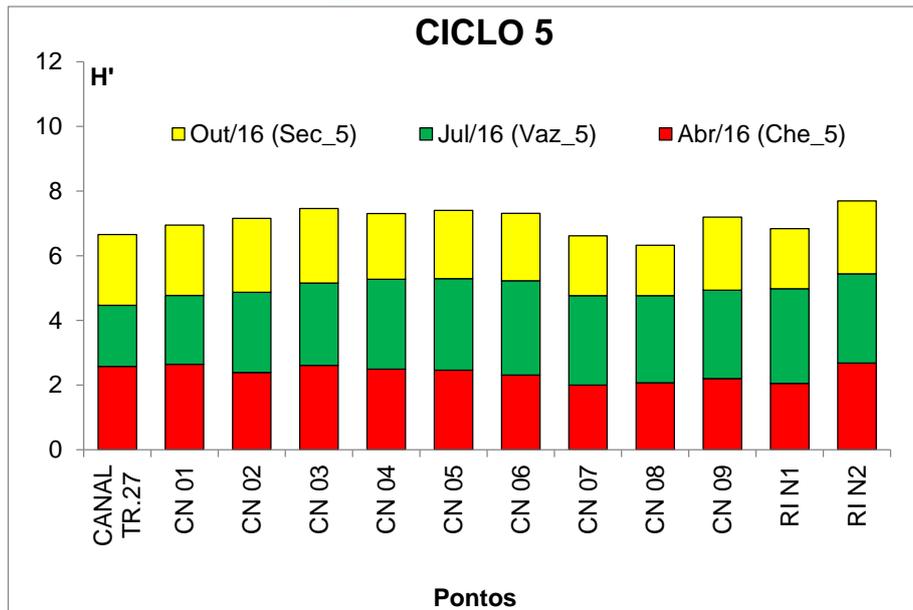


Figura 11.4.1 - 56 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI), no 5º ciclo hidrológico durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.3.A.III.5. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

No caso dos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques, verifica-se que houve aumento da diversidade durante o 5º ciclo hidrológico, após a formação do RI (**Figura 11.4.1 - 57**), confirmando o fato de que a água superficial do RI, vertida para os igarapés, favorece o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica em seus cursos, além de servir como inóculo de organismos e de reduzir a amplitude dos pulsos de inundação, tornando esses ambientes mais estáveis.

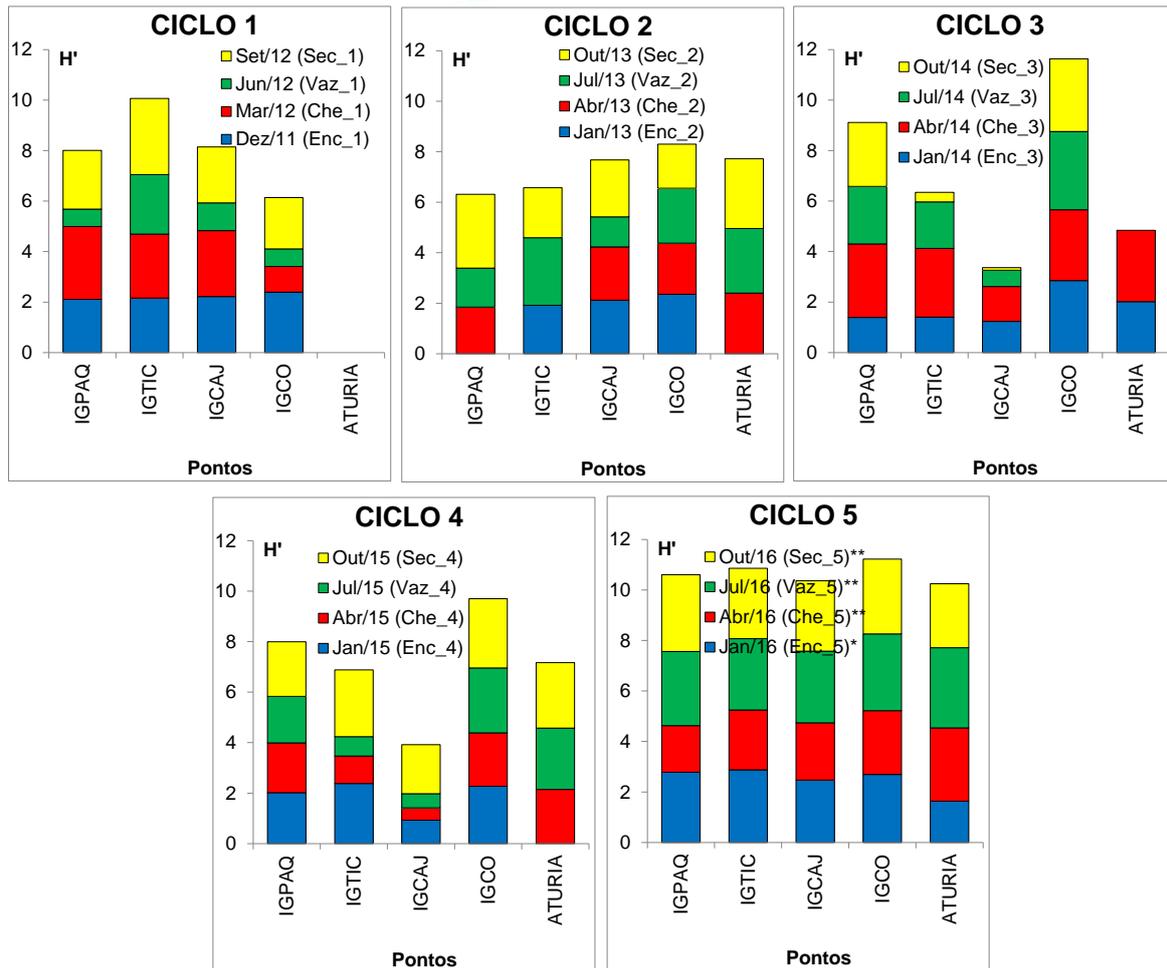


Figura 11.4.1 - 57 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.A.III.6. RIO BACAJÁ

Nos pontos localizados na área do rio Bacajá verificou-se uma alteração dos padrões de diversidade entre os três primeiros ciclos hidrológicos, nos quais os valores foram maiores durante o período de vazante, sendo que nos dois últimos ciclos houve maior diversidade nos períodos de cheia e de seca, com diminuição dos valores no período de vazante (Figura 11.4.1 - 58). Um fato marcante é que houve um grande aumento da diversidade total em ambos os pontos durante o 5º ciclo hidrológico, o que demonstra que a formação do RX e TVR não resultou em perda de diversidade no rio Bacajá. Ou seja, não há influência do barramento e da formação do TVR no rio Bacajá.

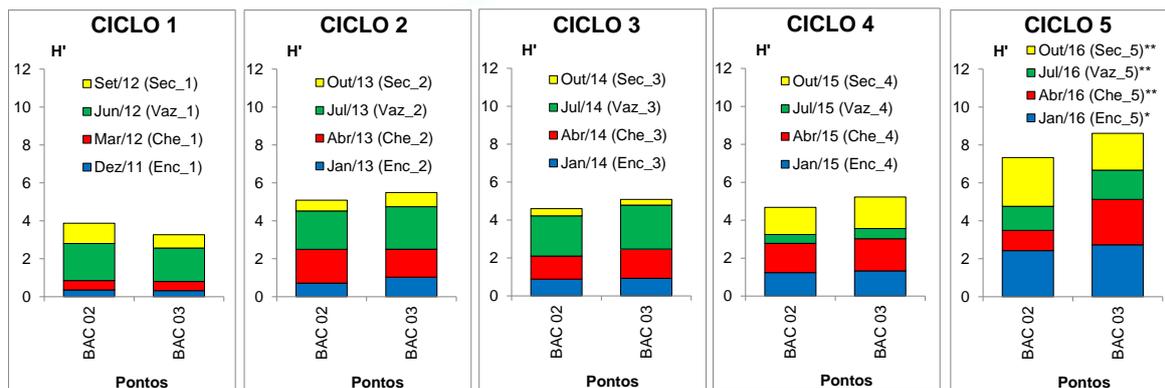


Figura 11.4.1 - 58 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na Área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

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 21 campanhas realizadas nos 5 ciclos hidrológicos completos entre 2011 a 2016 estão listadas no **Quadro 11.4.1 - 18**. Os gêneros *Anabaena*, *Microcystis* e *Oscillatoria* foram os mais frequentes e abundantes no monitoramento, sendo que o gênero *Cylindrospermopsis* apresentou, também, elevada abundância total na campanha de cheia do 5º ciclo hidrológico (abril de 2016). Entretanto, conforme já apresentado anteriormente, as abundâncias destas algas estiveram sempre baixas (aquém do valor máximo permitido de 20.000 org./L, de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005) 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 - 18 – Abundância de cianobactérias total (cél/s/mL) pontos de coleta no rio Xingu e tributários, monitorados na área de influência da UHE Belo Monte (cinco ciclos hidrológicos completos de 2011 a 2016)

TAXA	PRIMEIRO CICLO HIDROLÓGICO					SEGUNDO CICLO HIDROLÓGICO				TERCEIRO CICLO HIDROLÓGICO			
	1ª Camp. (Enc_1)	2ª Camp. (Che_1)	3ª Camp. (Vaz_1)	4ª Camp. (Sec_1)	5ª Camp. (Sec_1b)	6ª Camp. (Enc_2)	7ª Camp. (Che_2)	8ª Camp. (Vaz_2)	9ª Camp. (Sec_2)	10ª Camp. (Enc_3)	11ª Camp. (Che_3)	12ª Camp. (Vaz_3)	13ª Camp. (Sec_3)
Cianobactérias	3893	514	903	986	35308	1140	281	1558	6357	1208	940	2599	16286
1 <i>Anabaena</i>	2624	99	385	339	34575	167	45	396	2358	76	382	296	13985
2 <i>Aphanizomenon</i>	0	0	0	0	0	42	0	0	18	0	0	0	40
3 <i>Aphanocapsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	239
4 <i>Chroococcus</i>	0	0	3	0	55	0	0	0	11	10	0	0	0
5 <i>Cylindrospermopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	613	7
6 <i>Geitlerinema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 <i>Gomphosphaeria</i>	0	0	0	69	19	0	0	0	0	0	0	0	28
8 <i>Lyngbya</i>	0	118	65	89	0	74	36	162	183	81	67	157	278
9 <i>Merismopedia</i>	79	3	160	20	0	18	4	17	31	36	0	15	85
10 <i>Microcystis</i>	222	0	0	53	32	452	0	77	0	118	0	0	35
11 <i>Oscillatoria</i>	935	294	290	400	158	307	193	837	2840	740	491	1059	1401
12 <i>Planktolyngbya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 <i>Planktothrix</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
14 <i>Raphidiopsis</i>	0	0	0	13	469	70	0	57	816	133	0	451	186
15 <i>Spirulina</i>	33	0	0	3	0	0	3	12	100	14	0	8	3

Quadro 11.4.1 - 18 – continuação

TAXA	QUARTO CICLO HIDROLÓGICO				QUINTO CICLO HIDROLÓGICO			
	14ª Camp. (Enc_4)	15ª Camp. (Che_4)	16ª Camp. (Vaz_4)	17ª Camp. (Sec_4)	18ª Camp. (Enc_5)	19ª Camp. (Che_5)	20ª Camp. (Vaz_5)	21ª Camp. (Sec_5)
Cianobactérias	18486	1346	2196	12617	14173	33156	22194	7069
1 <i>Anabaena</i>	2687	51	177	9543	1300	12623	591	695
2 <i>Aphanizomenon</i>	288	0	4	47	740	629	1659	274
3 <i>Aphanocapsa</i>	6495	159	144	279	3433	1188	1270	258
4 <i>Chroococcus</i>	3	6	0	0	28	7	0	0
5 <i>Cylindrospermopsis</i>	975	656	339	41	366	11712	7263	999
6 <i>Geitlerinema</i>	755	52	173	477	340	1252	7388	3640
7 <i>Gomphosphaeria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
8 <i>Lyngbya</i>	177	32	200	51	27	156	29	20
9 <i>Merismopedia</i>	98	20	19	27	70	7	1493	124
10 <i>Microcystis</i>	3256	0	0	0	965	112	444	26
11 <i>Oscillatoria</i>	2540	338	1048	1739	4121	1582	527	720
12 <i>Planktolyngbya</i>	0	0	0	0	0	0	715	170
13 <i>Planktothrix</i>	0	0	0	0	0	0	19	3
14 <i>Raphidiopsis</i>	1148	18	87	382	2763	3888	794	119
15 <i>Spirulina</i>	64	13	6	31	22	0	3	21

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 detectadas 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 das obras e a formação dos reservatórios, na área da UHE Belo Monte.

11.4.1.2.1.3.C. EPILITON

Cinco campanhas de campo foram realizadas, no período de seca, visando a caracterização dos organismos do epilítton existentes nas áreas trimestralmente monitoradas no contexto do PBA da UHE Belo Monte.

Na campanha de seca do primeiro ciclo hidrológico (setembro de 2012), observou-se hábitats que caracterizavam a colonização e residência de comunidade somente nos seguintes trechos e pontos: área do Reservatório do Xingu (RX): pontos RX 01, ALT 02 e RX 25; área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR): pontos FAZENDA, RX 04, RX 20, RX 06, BAC 03 e RX 21; área do Reservatório Intermediário (RI): pontos IGPAQ e IGTIC; área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV): ponto IGSA.

Na campanha de seca do segundo ciclo hidrológico (outubro de 2013) houve uma menor quantidade de habitats colonizados por organismos epilíticos, sendo coletados organismos nos seguintes trechos: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 18, RX 01 e RX 25; e TVR/VG: pontos RX04, RX20 e RX21.

Já na campanha do terceiro ciclo hidrológico (outubro de 2014) foram coletadas amostras em um maior número de pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 01, RX 25, RX 03, Pimental e IGLH; TVR/VG: pontos RESSACA, FAZENDA, RX 04, RX 20 e RX 05; e na área do rio Bacajá: ponto BAC 03.

Na campanha do quarto ciclo hidrológico (outubro de 2015) foram coletadas amostras em 11 pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 01, RX 25 e IGLH; TVR: pontos RX 23, FAZENDA, RX 04, RX 20 e RX 05 e RX 21; e na área do rio Bacajá: ponto BAC 03.

Por fim, na campanha do quinto ciclo hidrológico (outubro de 2016), foram coletadas amostras em 10 pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: ponto RX 01; TVR: pontos RX 23, FAZENDA, RX 06, RX 20, RX 21 e RX 17; BACAJÁ: ponto BAC 03; TRV: ponto IGSA/SEBM.

A existência de maior quantidade de pontos com ocorrência significativa de epilítton na área encachoeirada do TVR, levando-se em consideração as cinco amostragens realizadas, era esperado, devido à maior quantidade de hábitats que favorecem a ecologia dessa comunidade.

Na **Figura 11.4.1 - 59** está apresentado o gráfico de abundância relativa dos táxons de epilítton registrados nas cinco (5) campanhas de seca monitoradas. Verifica-se que quase a totalidade dos táxons observados foi composta por organismos fitoplanctônicos, principalmente da classe Bacillariophyceae, representadas por 57 a 83% do total. Organismos da classe Chlorophyceae, também, foram significativos em termos proporcionais, principalmente nas campanhas de seca de 2015 e de 2016, representados por 34% e 21% do total, respectivamente, bem como os da classe

Zygnematophyceae, representados por 8 e 5% do total nas campanhas de seca de 2012 e 2015, respectivamente. Já os demais táxons foram representados por menos de 5% do total de organismos.

A dominância de diatomáceas nas cinco campanhas de seca pode ser decorrente de o grupo ser considerado como um colonizador rápido e eficiente, possuindo condições de ocupar os substratos em um curto espaço de tempo.

A lista de organismos observados nas cinco campanhas de seca está apresentada no **Anexo 11.4.1 - 9**.

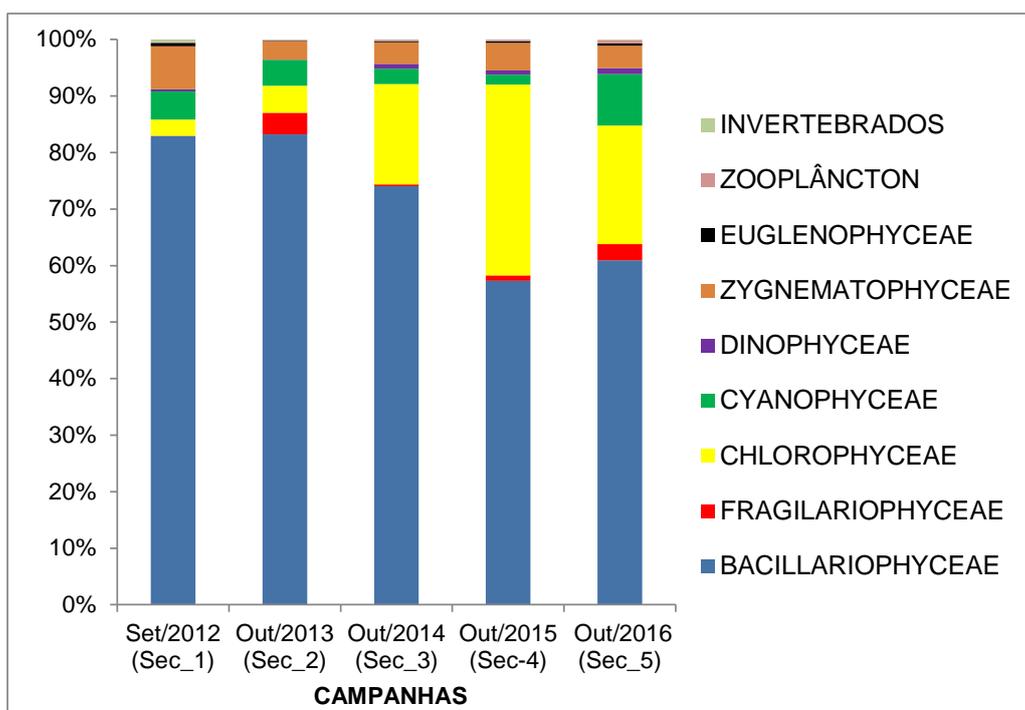


Figura 11.4.1 - 59 – Abundância relativa (%) dos táxons de epilítton registradas nas áreas de monitoramento (campanhas de seca de 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016).

11.4.1.2.1.3.D. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

11.4.1.2.1.3.D.I. RIQUEZA TOTAL

11.4.1.2.1.3.D.I.1. MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

A oscilação sazonal e espacial da riqueza de espécies do zooplâncton do monitoramento limnológico trimestral no ponto RX 19, localizado na área a montante do Reservatório do Xingu (MRX), referente às campanhas realizadas nos cinco (5) ciclos hidrológicos completos de 2011 a 2016, está apresentada na **Figura 11.4.1 - 60**. Os valores de riqueza total foram, em geral, semelhantes entre os diferentes períodos de cada ciclo hidrológico. Exceções foram observadas no 1º e no 5º ciclos hidrológicos, nos quais os

valores da riqueza total no período de cheia estiveram inferiores aos valores dos demais períodos. Em relação aos ciclos hidrológicos, o 3º foi o que apresentou maior riqueza total quando comparado aos demais ciclos. Não obstante, tais diferenças nos valores observadas, tanto em relação aos períodos como aos ciclos hidrológicos, foram pequenas, e possivelmente relacionadas às variações naturais das condições climatológicas e hidrológicas do sistema, haja vista que o ponto RX 19 está localizado fora da influência do remanso do RX.

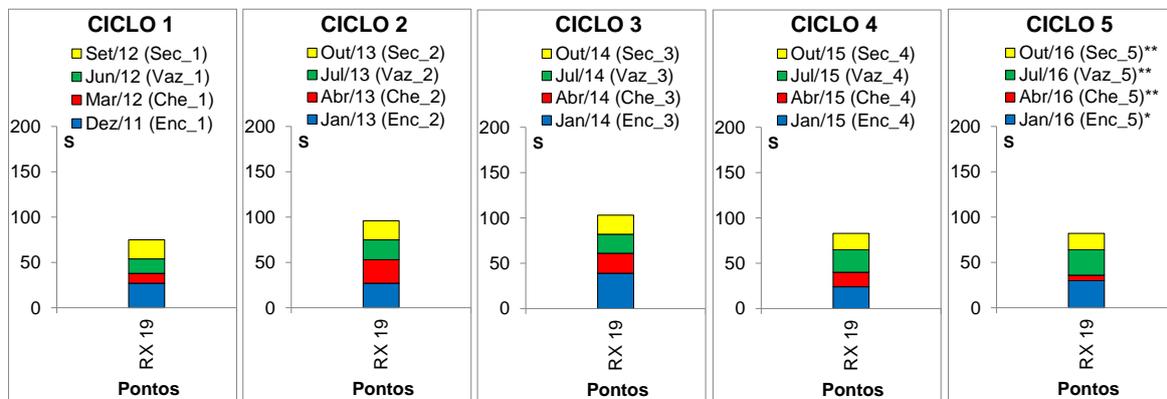


Figura 11.4.1 - 60 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada no ponto RX 19, localizada na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.I.2. RESERVATÓRIO DO XINGU

Em relação aos valores de riqueza total observados nos pontos localizados na área do RX, verificam-se, em geral, menores valores nos igarapés de Altamira em relação aos pontos localizados no rio Xingu (**Figura 11.4.1 - 61**), muito possivelmente em função das condições menos favoráveis ao zooplâncton nos igarapés, como por exemplo, elevada turbidez da água e, no caso dos herbívoros, menor disponibilidade de fitoplâncton. Nos pontos localizados no rio Xingu (MRX, TVR e TRV) os valores de riqueza total foram semelhantes, mesmo durante o 5º ciclo hidrológico, correspondente às fases de enchimento e pós-enchimento do RX. Portanto, em termos de riqueza total, não se verificou alterações na área do RX após a formação do reservatório.

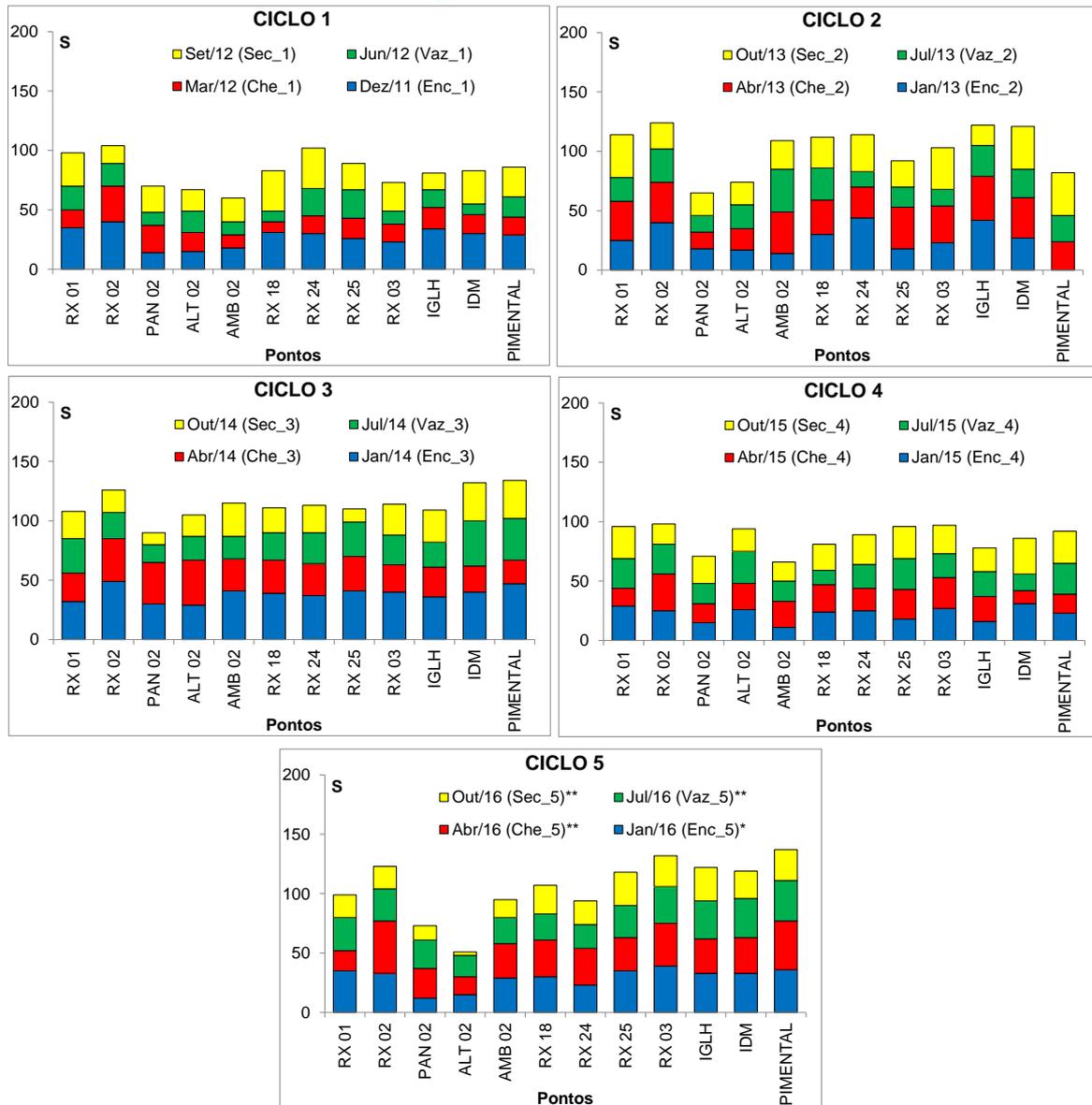


Figura 11.4.1 - 61 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.I.3. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

De forma semelhante aos resultados observados nos pontos localizados na área do RX, os valores de riqueza total nos pontos localizados na área do TVR foram, em geral, semelhantes. No 5º ciclo hidrológico, correspondente à fase de formação do RX, os valores de riqueza total foram até superiores em relação aos demais ciclos da fase de pré-enchimento, exceto nos pontos RX 17, IGCHOCAL e RX 11, os quais apresentaram valores semelhantes aos observados nos ciclos hidrológicos anteriores (**Figura 11.4.1 - 62**). Tais resultados evidenciam que a formação do RX não resultou na diminuição da riqueza de organismos zooplanctônicos na área do TVR.

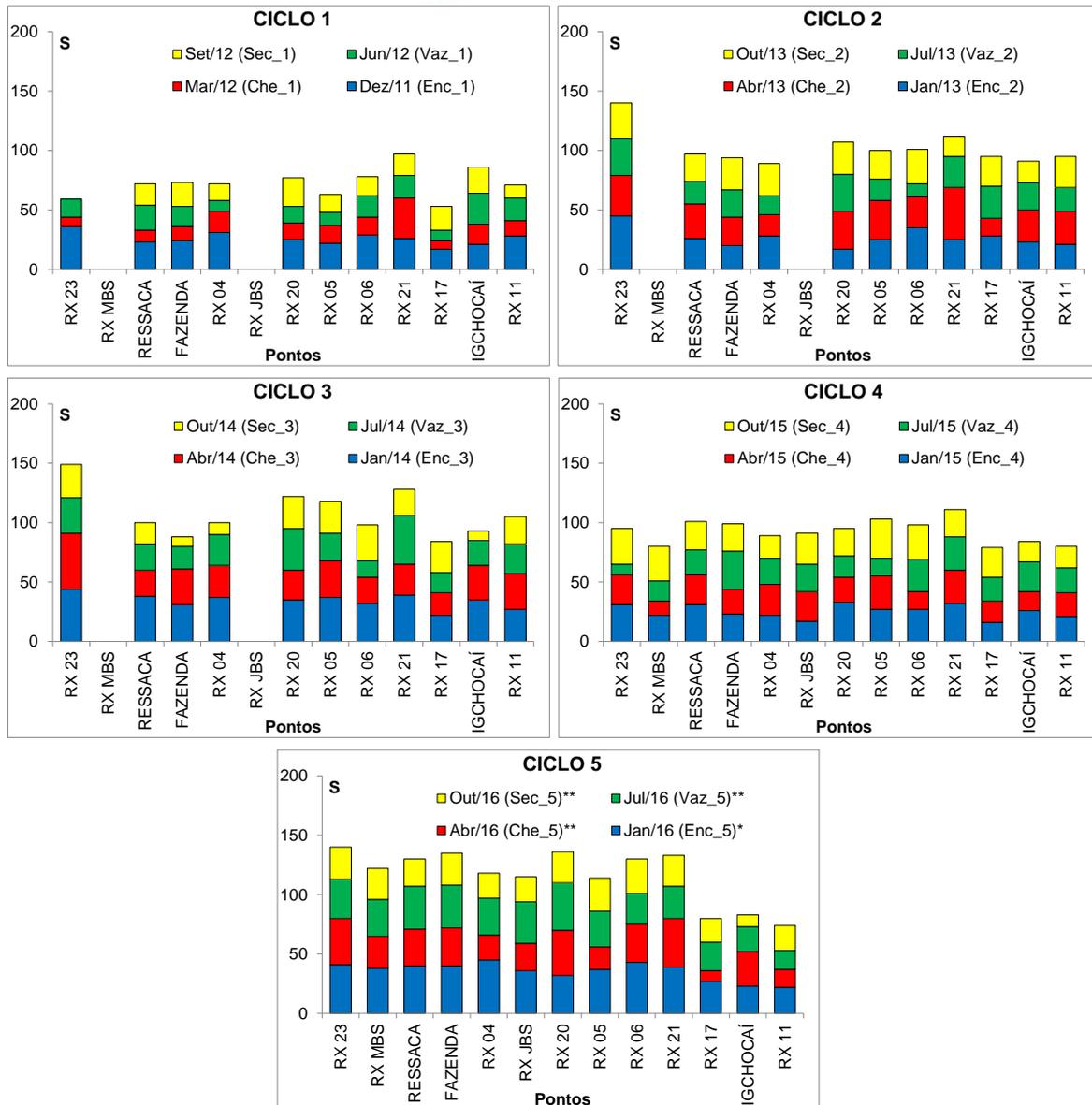


Figura 11.4.1 - 62 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada no ponto localizado na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.I.4. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Em relação aos pontos localizados na área do TRV, em geral, os maiores valores de riqueza total de zooplâncton foram observados no ponto TUC 01, localizado no igarapé Tucuruí, próximo à cidade de Vitória do Xingu, sendo que os menores valores foram observados no ponto IGSA/SEBM, localizado no igarapé Santo Antônio próximo ao sítio Belo Monte, a jusante deste. Por ser um rio pouco turbulento, já próximo à ria do Rio Xingu, é possível que as condições existentes no igarapé Tucuruí sejam favoráveis ao desenvolvimento de uma maior riqueza de zooplâncton, muito diferente das condições

desfavoráveis observadas no igarapé Santo Antônio, mais turbulento e com períodos com elevada turbidez da água, de acordo com os elevados índices pluviométricos em sua bacia.

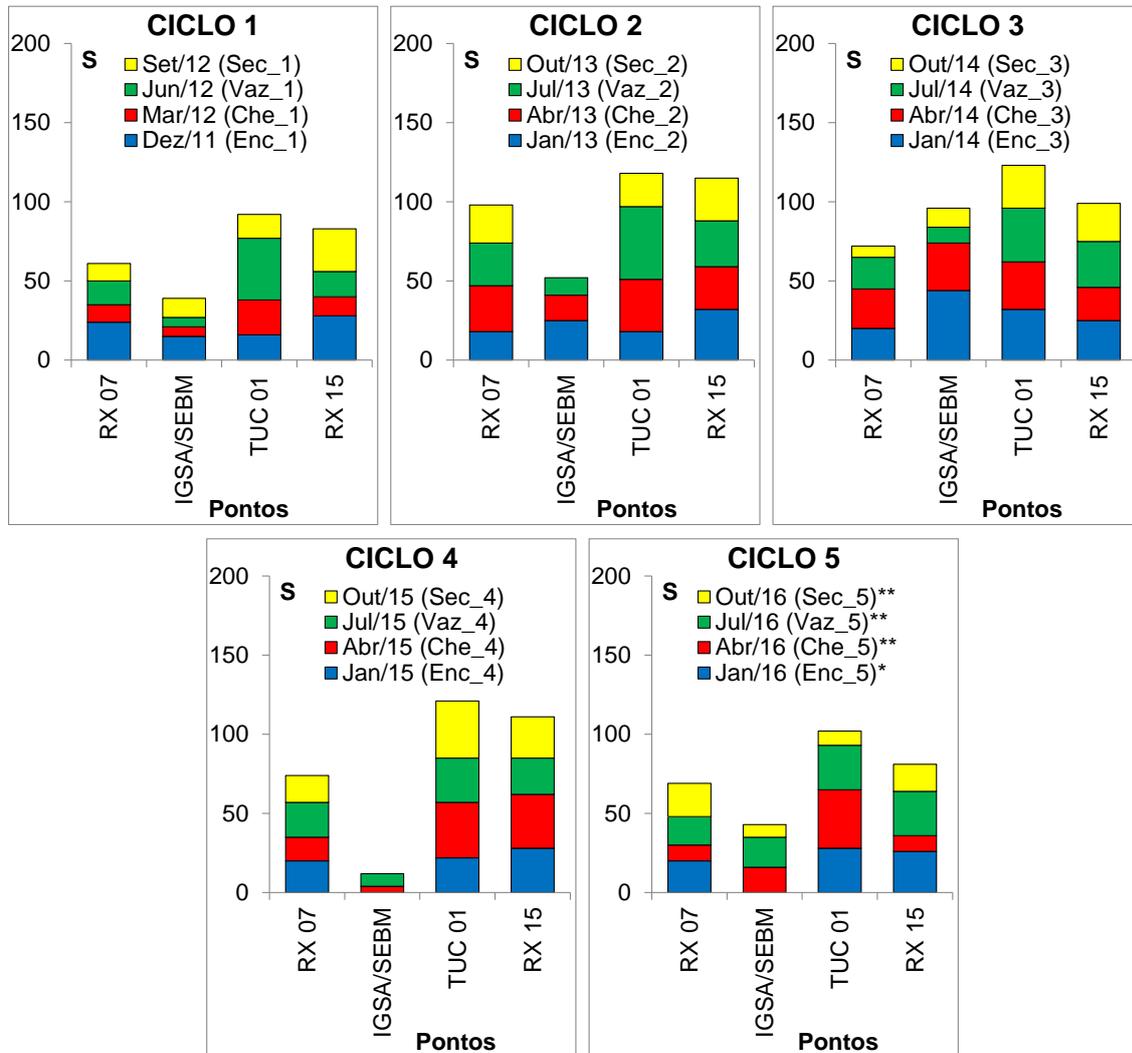


Figura 11.4.1 - 63 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.I.5. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Os valores de riqueza total de zooplâncton foram muito semelhantes entre todos os pontos monitorados no RI durante o 5º ciclo hidrológico (Figura 11.4.1 - 64). Resultados semelhantes foram observados para a comunidade fitoplanctônica, o que confirma uma homogeneidade entre as diferentes porções do RI.

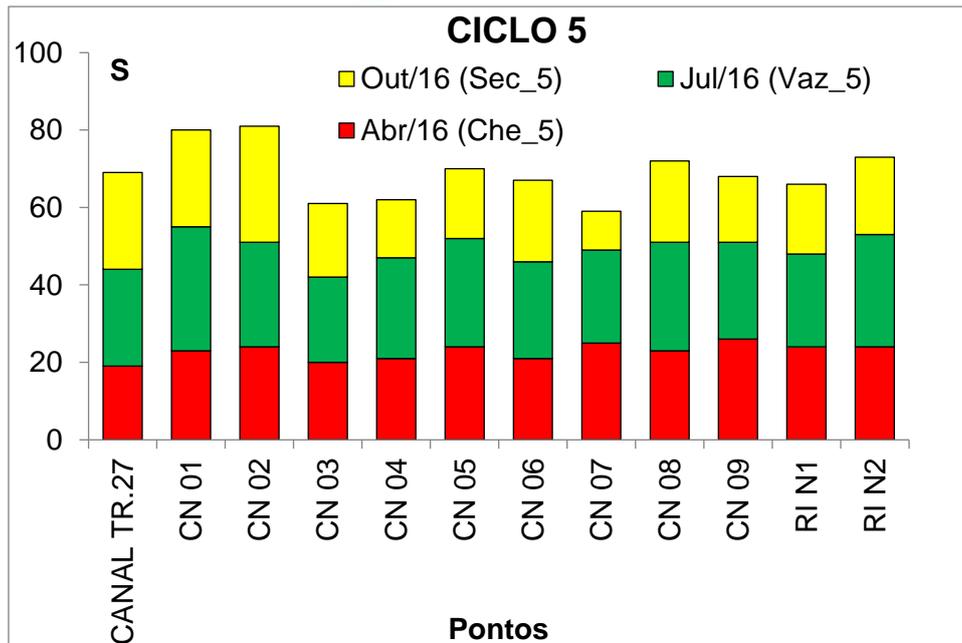


Figura 11.4.1 - 64 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) durante o 5º ciclo hidrológico na fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.3.D.I.6. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Já nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques, os valores de riqueza total de organismos zooplancônicos foi bastante variável entre os diferentes pontos durante os 4 primeiros ciclos hidrológicos, correspondentes ao período de pré-enchimento (**Figura 11.4.1 - 65**), possivelmente sob influência das alternâncias das condições ambientais resultantes dos pulsos de inundação dos igarapés. Já no 5º ciclo hidrológico, após a formação do RI, tais diferenças foram menores entre os diferentes pontos, uma vez que os igarapés passaram a receber água superficial vertida do RI, com menor amplitude de variação das vazões.

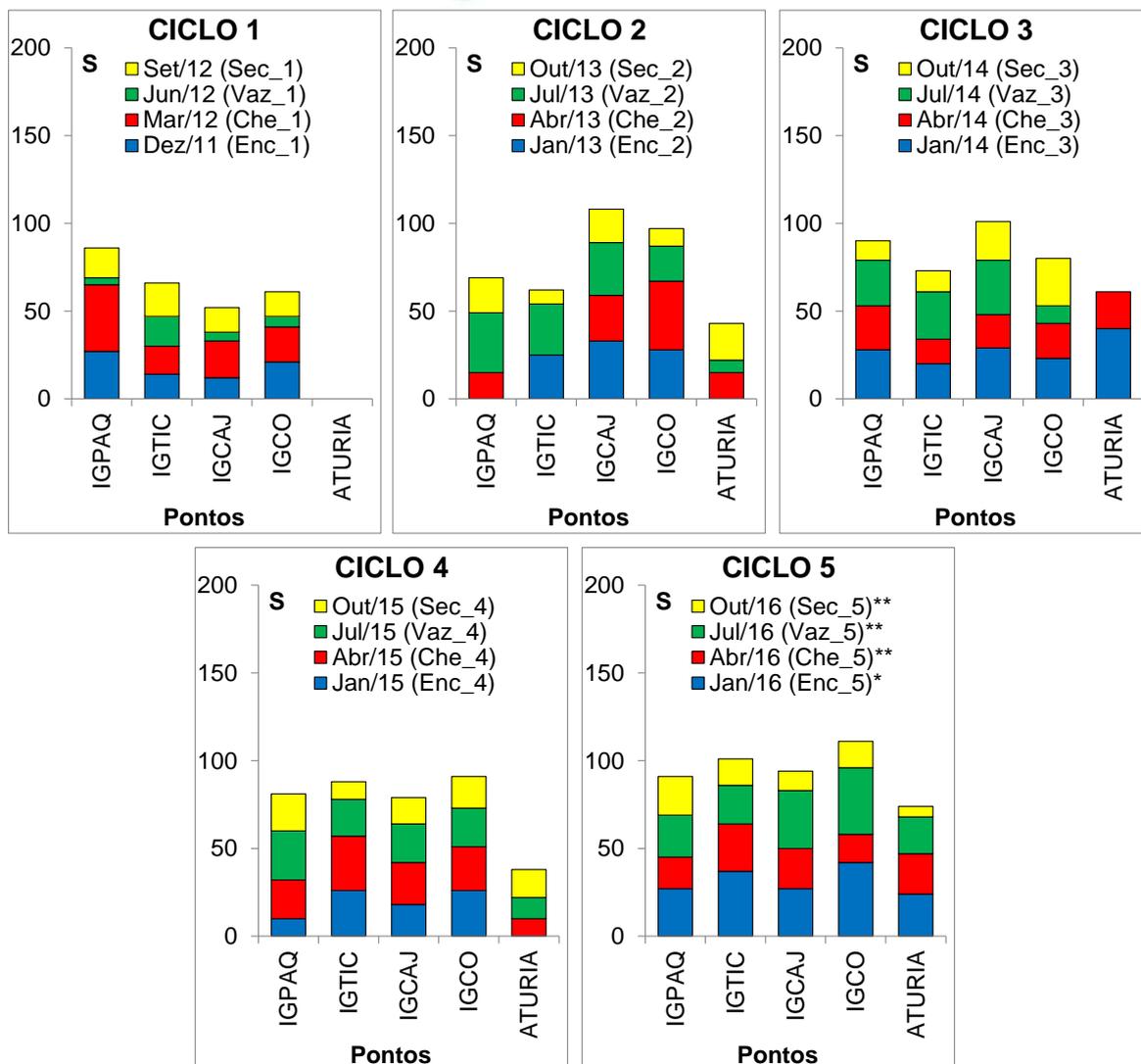


Figura 11.4.1 - 65 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.I.7. RIO BACAJÁ

Na área do rio Bacajá, houve grande semelhança entre os valores de riqueza total referentes aos dois pontos monitorados, exceto no período de cheia do 5º ciclo hidrológico, no qual, houve menor riqueza total de zooplâncton no ponto BAC 02 (Figura 11.4.1 - 66), possivelmente relacionada às condições mais turbulentas e turvas da água do rio Bacajá promovidas pela elevada precipitação que ocorreu naquele período.

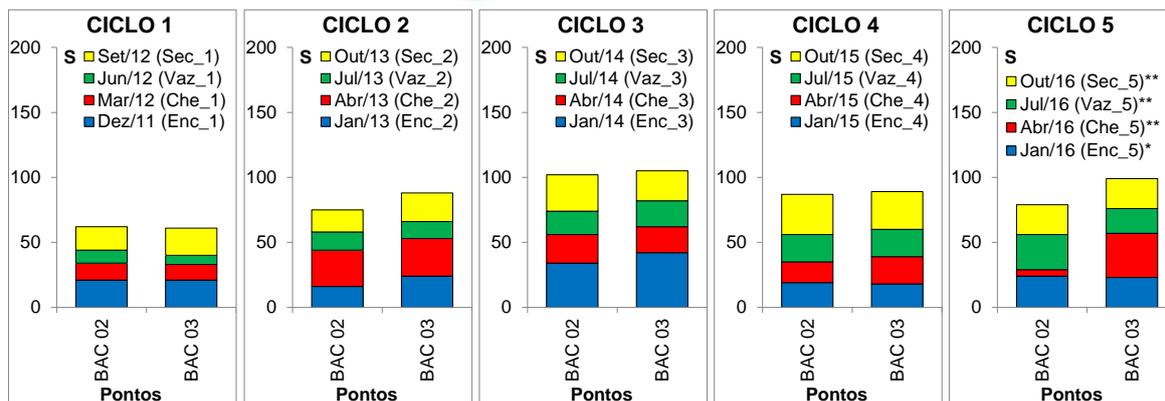


Figura 11.4.1 - 66 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos no Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II. ABUNDÂNCIA TOTAL

Em relação à composição dos grupos nas diferentes áreas de monitoramento, apresentados conjuntamente para cada ciclo hidrológico nas **Figuras 11.4.1 – 67 a 11.4.1 - 81**, a comunidade zooplanctônica variou entre as campanhas realizadas. Os rotíferos e os protozoários foram mais abundantes na maioria das áreas monitoradas, mas também com dominâncias periódicas de copépodos, principalmente nas áreas do TVR e TRV durante o período de vazante e nas campanhas de enchente e cheia do 4^o e 5^o ciclos hidrológicos, e dominância esporádica de cladóceras, como na área do RX na 13^a campanha, correspondente ao período de seca (outubro de 2014), e na área do TRV na 21^a campanha, correspondente ao período de seca do 5^o ciclo hidrológico (outubro de 2016). No RI os rotíferos e os copépodos foram os grupos mais abundantes durante os períodos de cheia e vazante do 5^o ciclo hidrológico, sendo que no período de seca os rotíferos passam a ser dominantes.

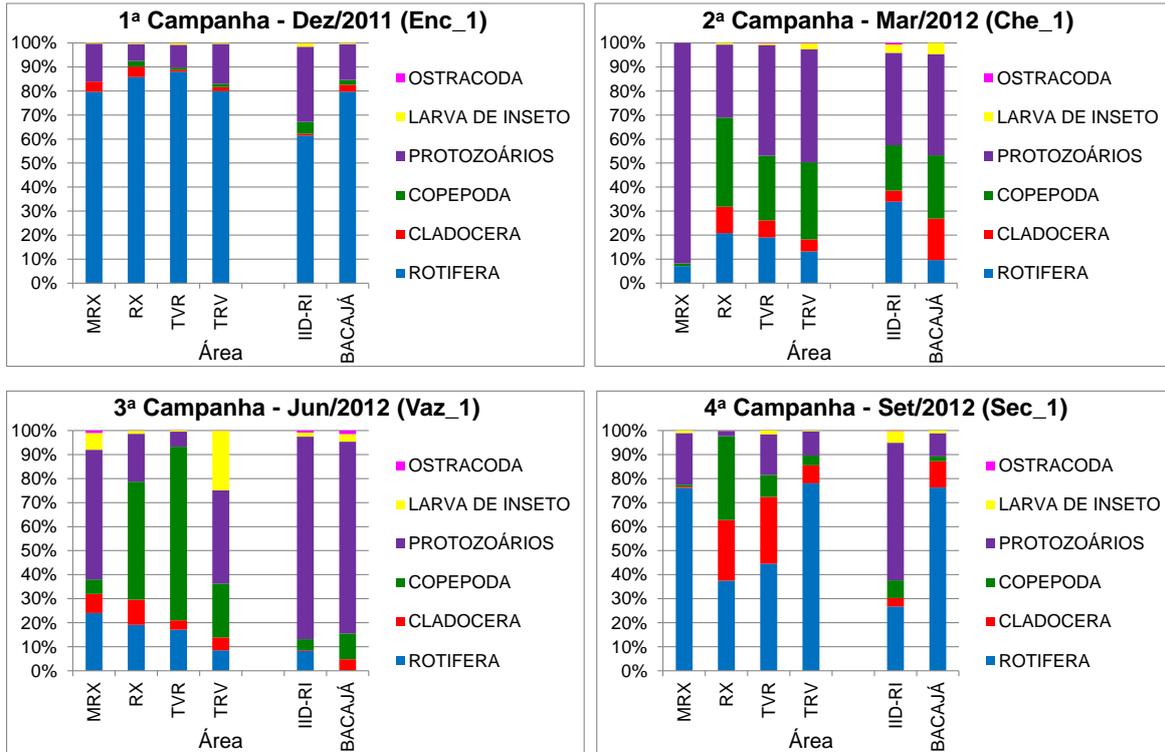


Figura 11.4.1 - 67 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 1º ciclo hidrológico (dezembro de 2011 a setembro de 2012), durante a fase de pré-enchimento.

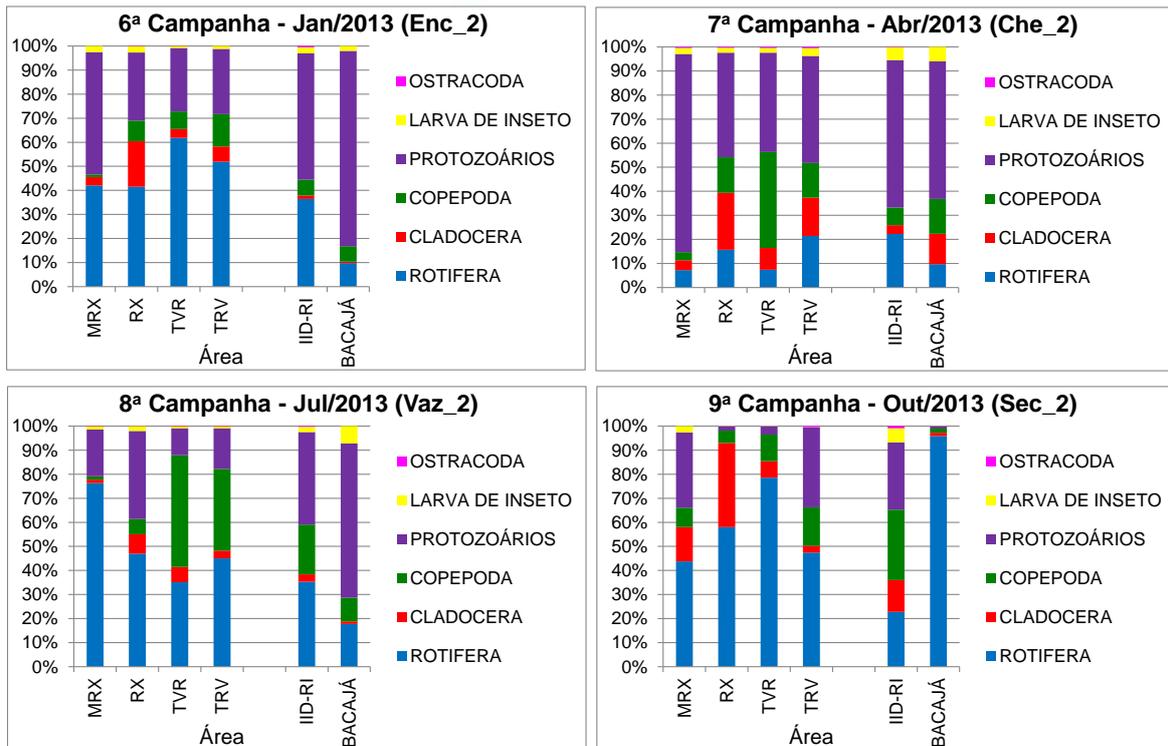


Figura 11.4.1 - 68 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 2º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2013), durante a fase de pré-enchimento.

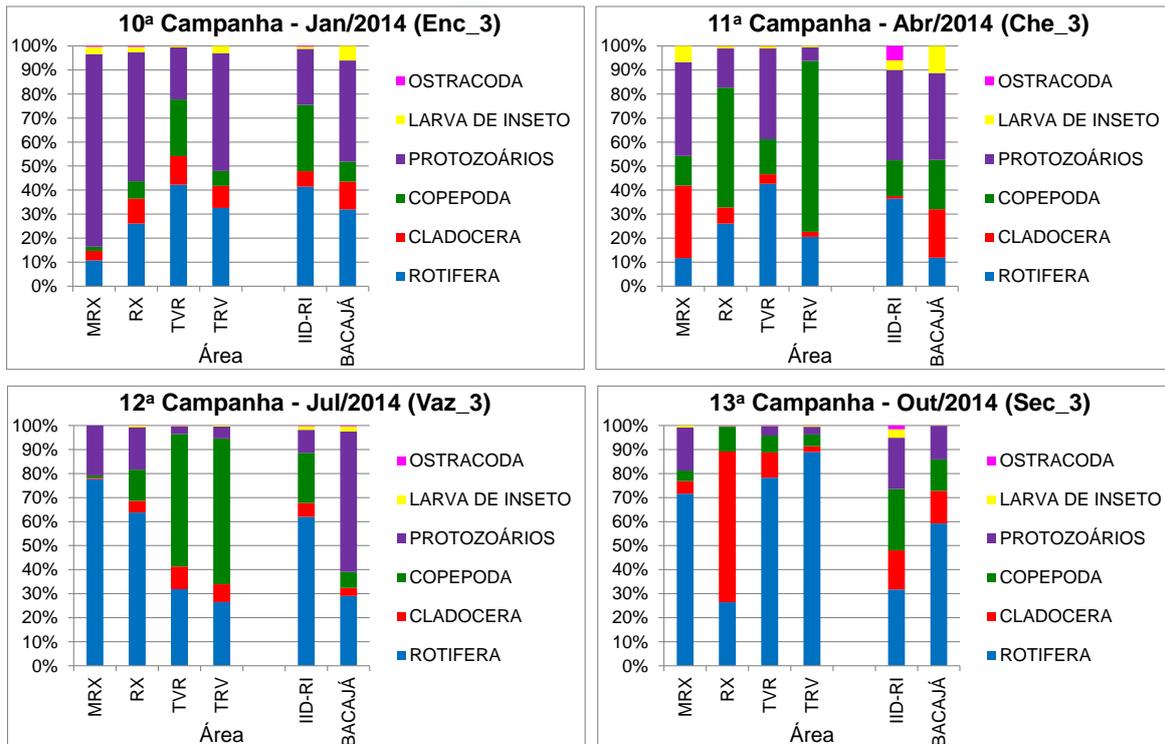


Figura 11.4.1 - 69 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 3º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2014), durante a fase de pré-enchimento.

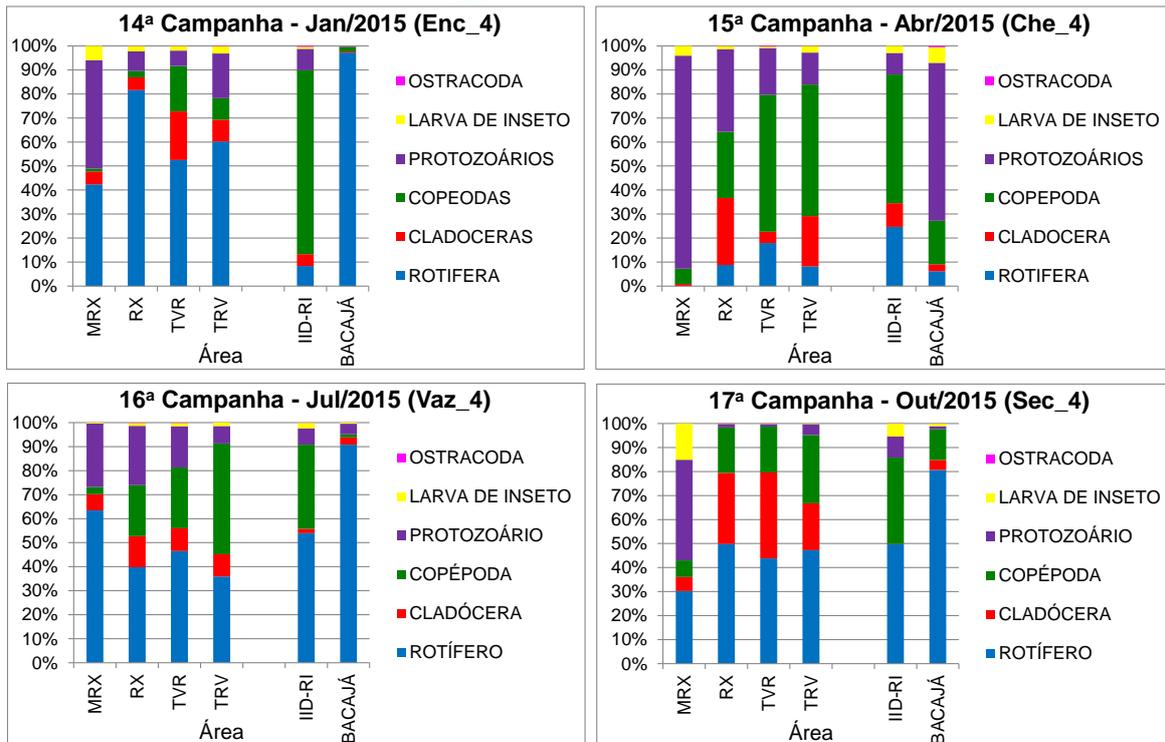


Figura 11.4.1 - 70 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 4º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2015), durante a fase de pré-enchimento.

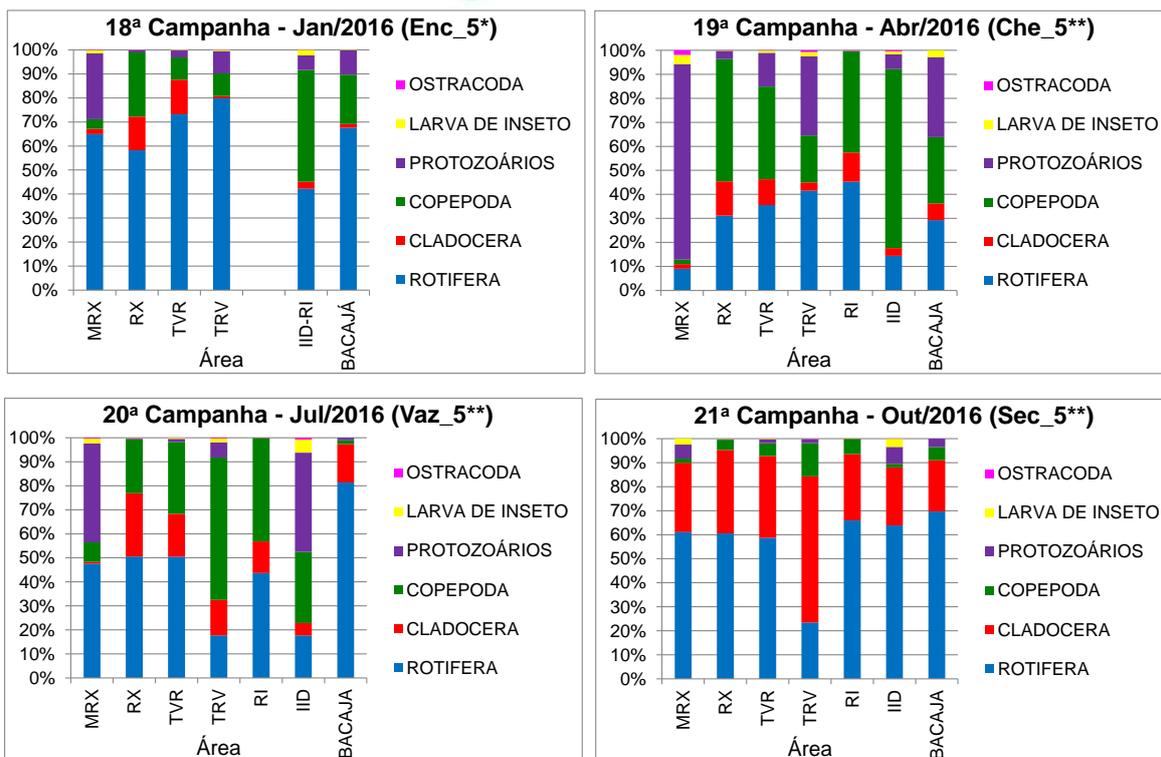


Figura 11.4.1 - 71 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) e no Reservatório Intermediário (RI) nas campanhas trimestrais do 5º ciclo hidrológico (janeiro a outubro de 2016), durante a fase de enchimento (*) e pós-enchimento ().**

11.4.1.2.1.3.D.II.1. MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Os gráficos de abundância total de organismos zooplanctônicos no ponto RX 19, localizado na área de MRX, estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 72**. A maior abundância foi observada no período de enchente do 1º ciclo hidrológico (dezembro de 2011). Porém, nas demais campanhas deste ciclo, bem como nas demais campanhas dos ciclos subsequentes as abundâncias foram muito baixas, características de ambientes lóticos com fortes correntezas.

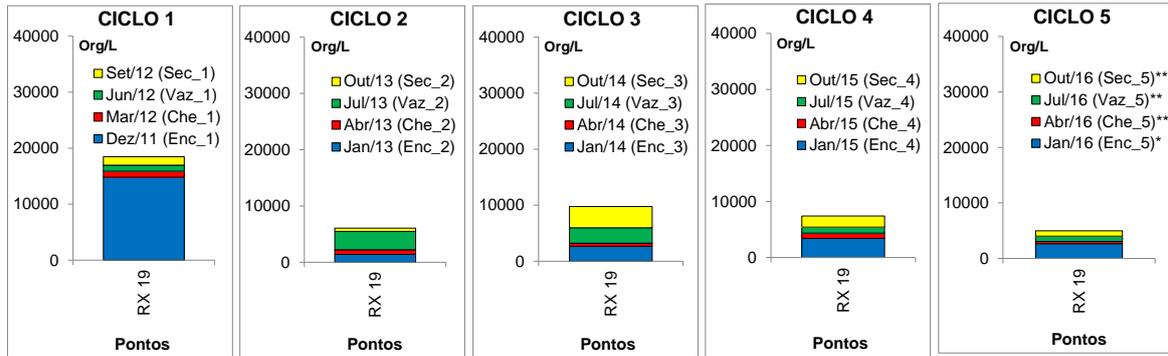


Figura 11.4.1 - 72 – Abundância de organismos zooplancônicos no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II.2. RESERVATÓRIO DO XINGU

Na área do RX, destacam-se os grandes picos de abundância de zooplâncton no período de seca em alguns pontos, tais como RX 02, RX 18 durante os quatro primeiros ciclos hidrológicos, correspondentes ao período de pré-enchimento (**Figura 11.4.1 – 73**). Porém, no 5º ciclo hidrológico, após a formação do RX, houve um grande aumento da abundância, principalmente nos períodos de enchente e vazante. Esse aumento da abundância está possivelmente relacionado às alterações na hidrodinâmica de boa parte da área do RX após a formação do reservatório, tornando-se mais lânticas e mais favoráveis ao desenvolvimento da comunidade zooplancônica, bem como à menor vazão registrada do rio Xingu durante o 5º ciclo hidrológico, resultante da estiagem prolongada na bacia.

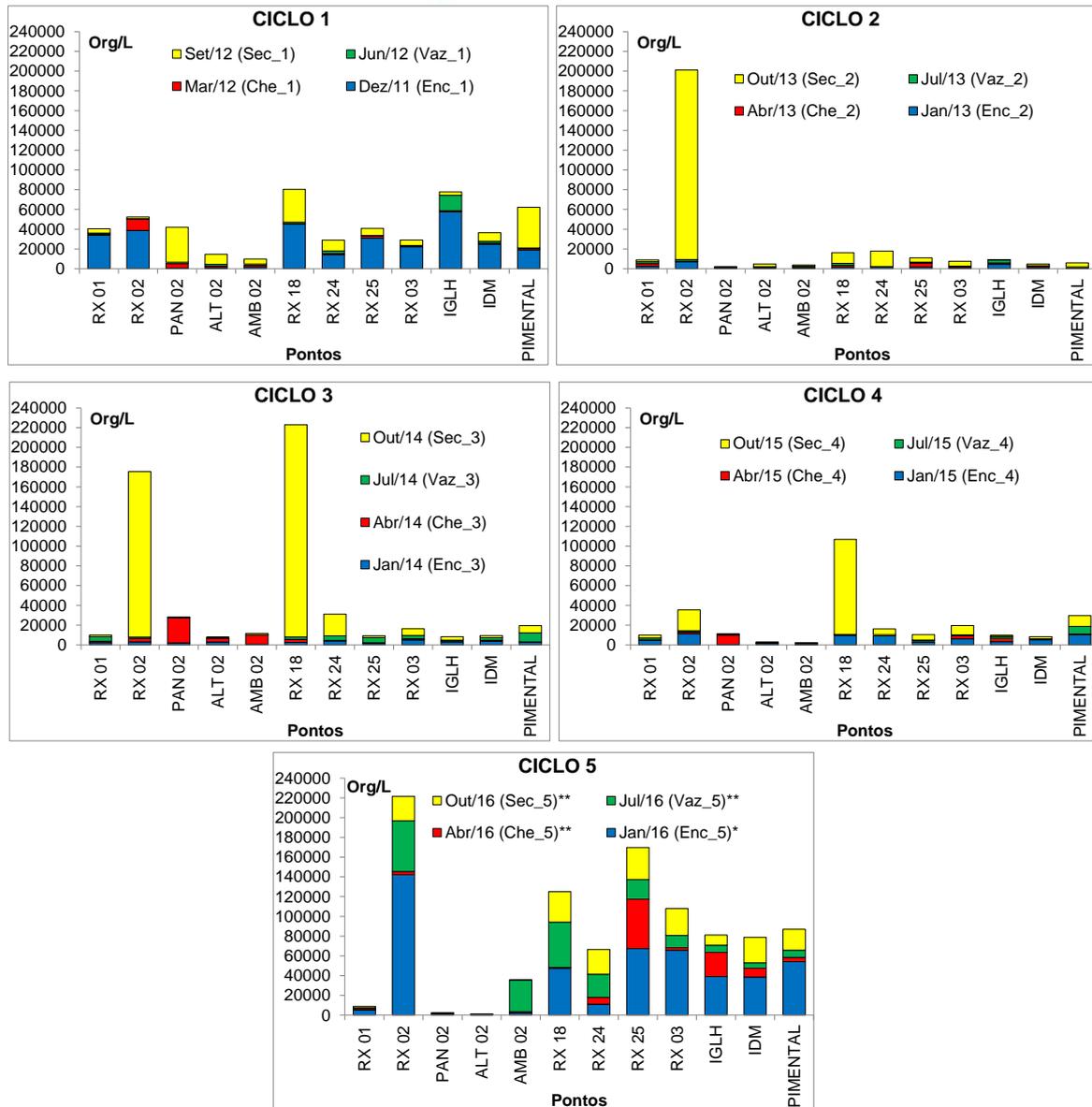


Figura 11.4.1 - 73 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório do Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II.3. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

Na área do TVR destacam-se os picos de abundância de zooplâncton observados em algumas campanhas nos pontos RX 23, localizado em um braço do rio Xingu, RX 21, localizado no rio Xingu, e IGCHOCAI, localizado no igarapé Chocai, (**Figura 11.4.1 - 74**). Em geral, as maiores abundâncias ocorreram nos períodos de enchente e de seca, mas também no período de vazante, como no caso do ponto IGCHOCAI, e no período e cheia, como no caso do ponto RX 21. Já as maiores abundâncias observadas durante o período de enchente no TVR, correspondente ao período de enchimento do RX, estão

possivelmente relacionadas à menor vazão do rio Xingu a jusante do barramento Pimental, que resultou em uma maior estabilidade do ambiente, favorecendo o desenvolvimento da comunidade zooplânctônica. Além disso, pode ter havido a influência das águas vertidas do RX, as quais também apresentaram elevada abundância de zooplâncton no mesmo período.

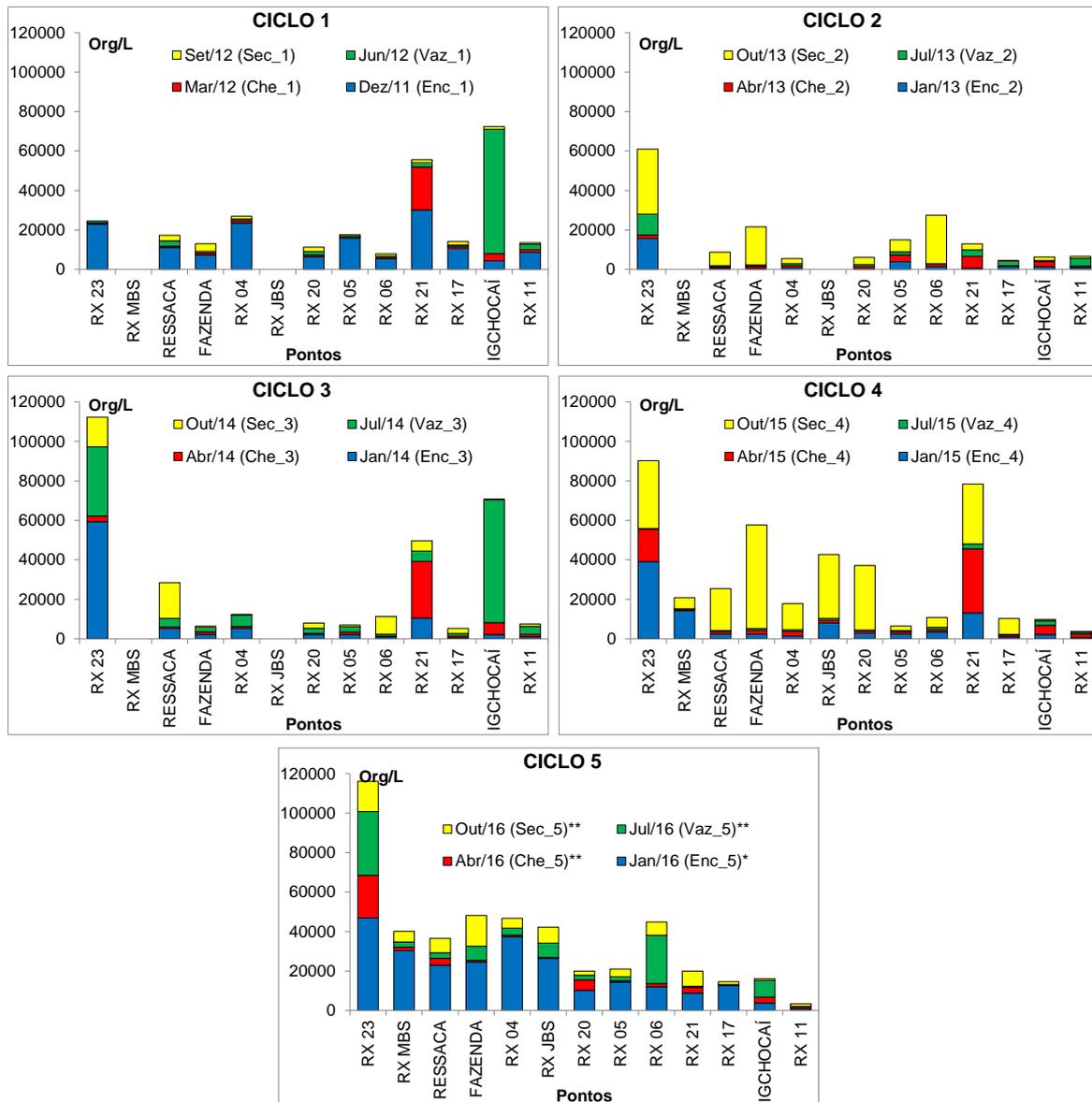


Figura 11.4.1 - 74 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II.4. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Na área do TRV, por outro lado, não foram verificados picos de abundância semelhantes àqueles observados no RX e no TVR (**Figura 11.4.1 - 75**), e cujos valores estiveram

sempre baixos, possivelmente em função da continuidade das condições lóxicas do rio Xingu nessa área.

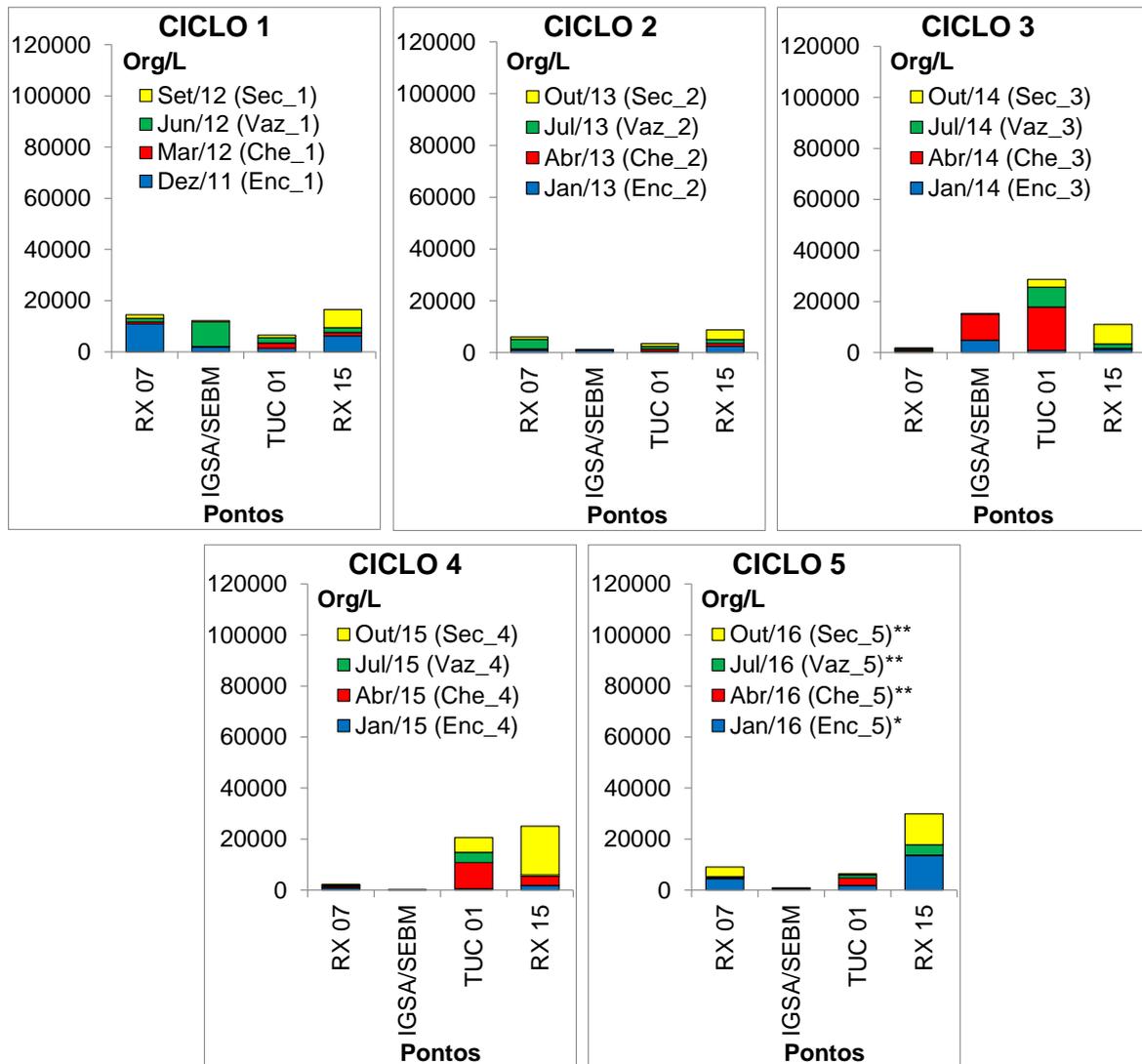


Figura 11.4.1 - 75 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II.5. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Nos pontos localizados no RI, as maiores abundâncias de zooplâncton ocorreram nos períodos de cheia e vazante, com notável diminuição dos valores no período de seca (**Figura 11.4.1 - 76**). De forma semelhante ao efeito observado para o fitoplâncton (**Figura 11.4.1 - 49**), é possível que a comunidade zooplânctônica tenha sido favorecida pelo efeito “explosão trófica” do sistema, muito característica durante os primeiros meses após a formação do reservatório, como no caso dos períodos de cheia e vazante (correspondente ao primeiro semestre) de 2016 no RI. Já as menores abundâncias

observadas no período de seca podem estar relacionadas à estabilização do reservatório, somado ao fato de que, nesse período, houve menor entrada de água do rio Xingu, via Canal de Derivação, havendo, portanto, menor reposição de nutrientes ao fitoplâncton, fonte de alimento das formas herbívoras do zooplâncton.

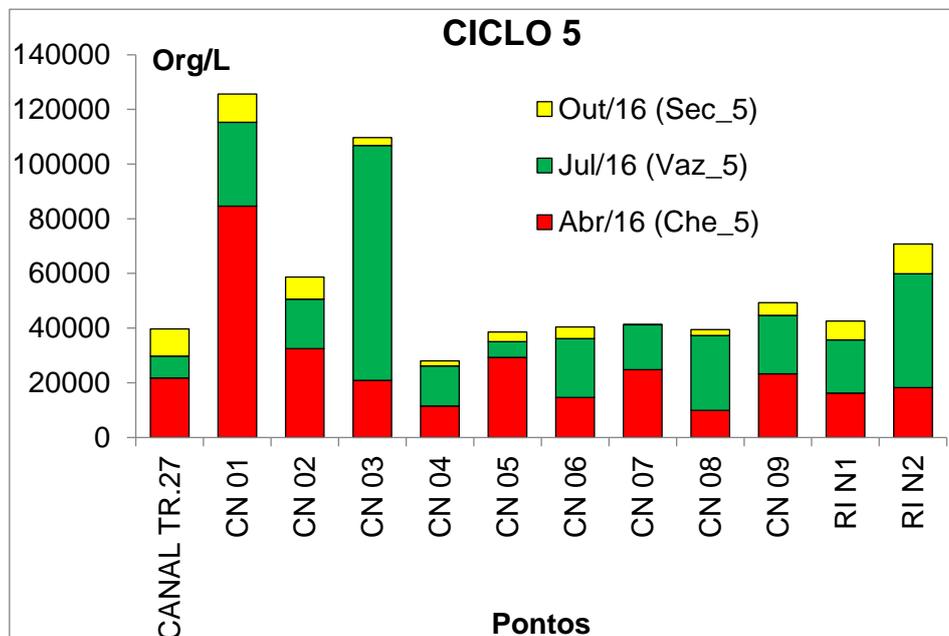


Figura 11.4.1 - 76 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

11.4.1.2.1.3.D.II.6. IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI, foram verificadas baixas abundâncias de zooplâncton em boa parte das campanhas, resultantes das condições lóticis desses sistemas que são, em geral, pouco favoráveis ao desenvolvimento do zooplâncton. Exceções foram observadas nos pontos IGCAJ e IGCO no 4º ciclo hidrológico, sem causa aparente. Durante o 5º ciclo hidrológico, verifica-se um pequeno aumento da abundância em comparação com os demais períodos, possivelmente resultante da formação do RI, haja vista que, conforme já descrito anteriormente, a água superficial do reservatório passou a ser vertida para os igarapés, tornando o sistema mais estável, com menores pulsos de inundação, além de servir como inóculo de zooplâncton.

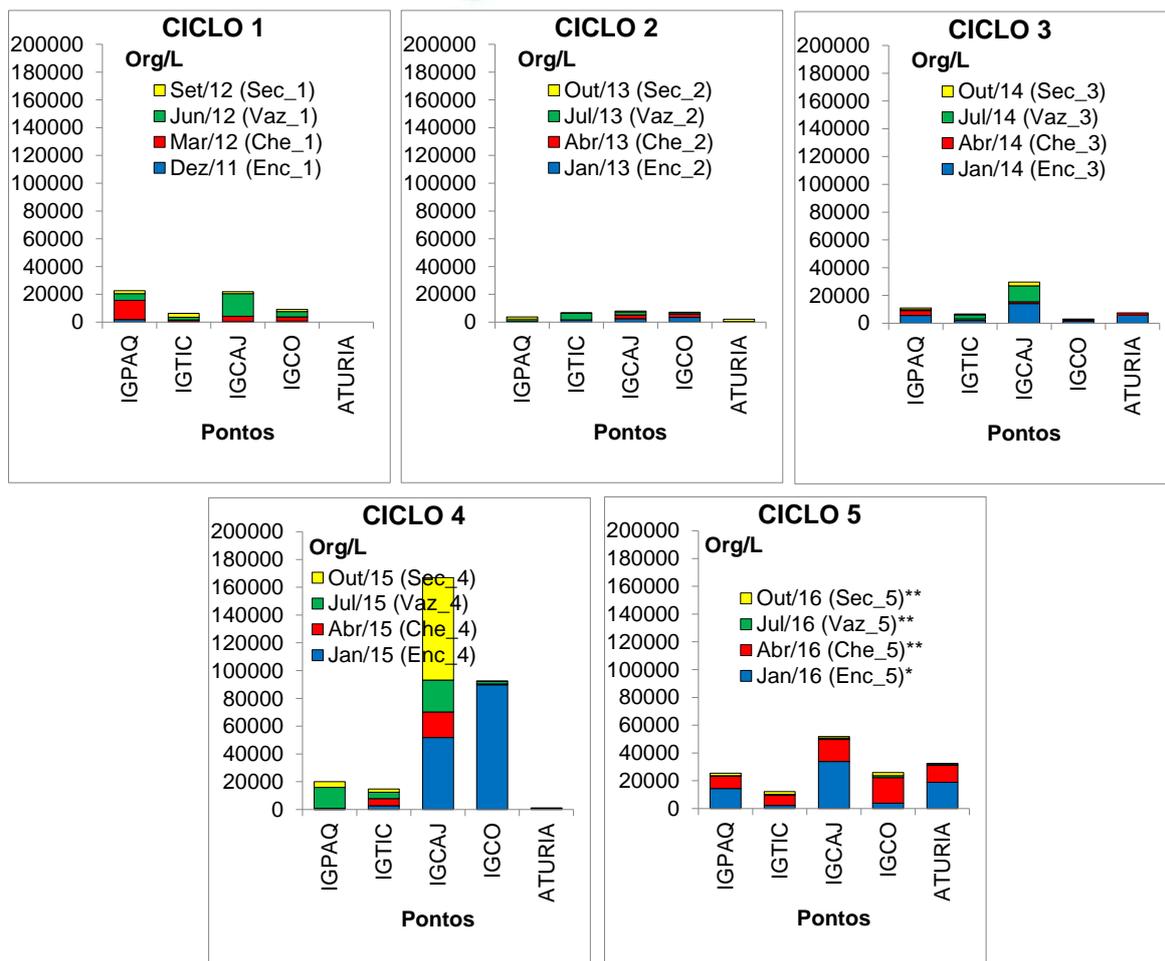


Figura 11.4.1 - 77 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.II.7. RIO BACAJÁ

Nos pontos localizados na área do rio Bacajá os valores de abundância de zooplâncton foram muito variáveis de um ciclo para o outro. Nos quatro primeiros ciclos hidrológicos, correspondentes à fase de pré-enchimento do RX, as maiores abundâncias foram verificadas geralmente no período de seca, o que evidencia que as condições observadas nesse período, com menores vazões e águas mais límpidas, possivelmente favorecem o desenvolvimento do zooplâncton (**Figura 11.4.1 - 78**). De fato, no período de cheia os valores de abundância foram mínimos nessa fase. Porém, no 5º ciclo hidrológico, caracterizado como um ano atípico devido às vazões mais reduzidas em relação aos ciclos hidrológicos anteriores, as maiores abundâncias foram observadas nos períodos de enchente e de cheia, tornando as condições nesses períodos semelhantes ao período de seca existentes na fase de pré-enchimento, mais favoráveis ao desenvolvimento do zooplâncton.

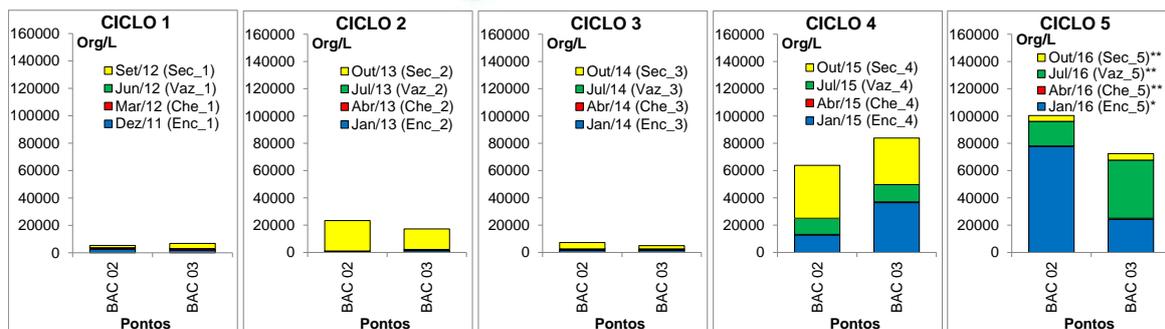


Figura 11.4.1 - 78 – Abundância de organismos zooplanctônicos nos pontos localizados na Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.D.III. DIVERSIDADE

A diversidade específica da comunidade zooplanctônica, estimada pelo índice de Shannon-Wiener, é apresentada para as diferentes áreas de monitoramento nas **Figuras 11.4.1 - 79 a 11.4.1 - 85**. De uma forma geral, não se verificou grandes diferenças entre os diferentes períodos e entre os diferentes ciclos hidrológicos em todas as áreas monitoradas, incluindo os valores observados durante o 5º ciclo hidrológico, correspondente às fases de enchimento e pós-enchimento do RX e do RI. Tais resultados demonstram que a formação do RX e do RI não resultaram em perda de diversidade do zooplâncton nas áreas de monitoramento.

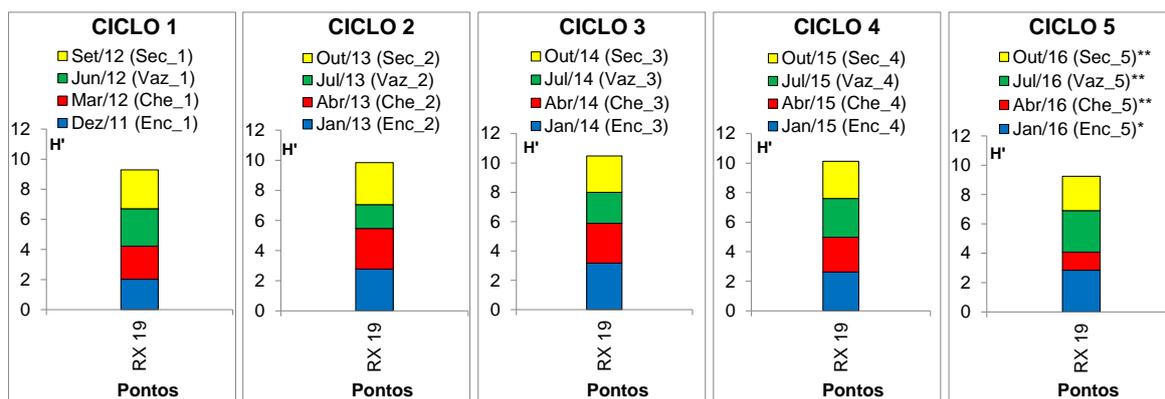


Figura 11.4.1 - 79 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplanctônica acumulada nos pontos localizados na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

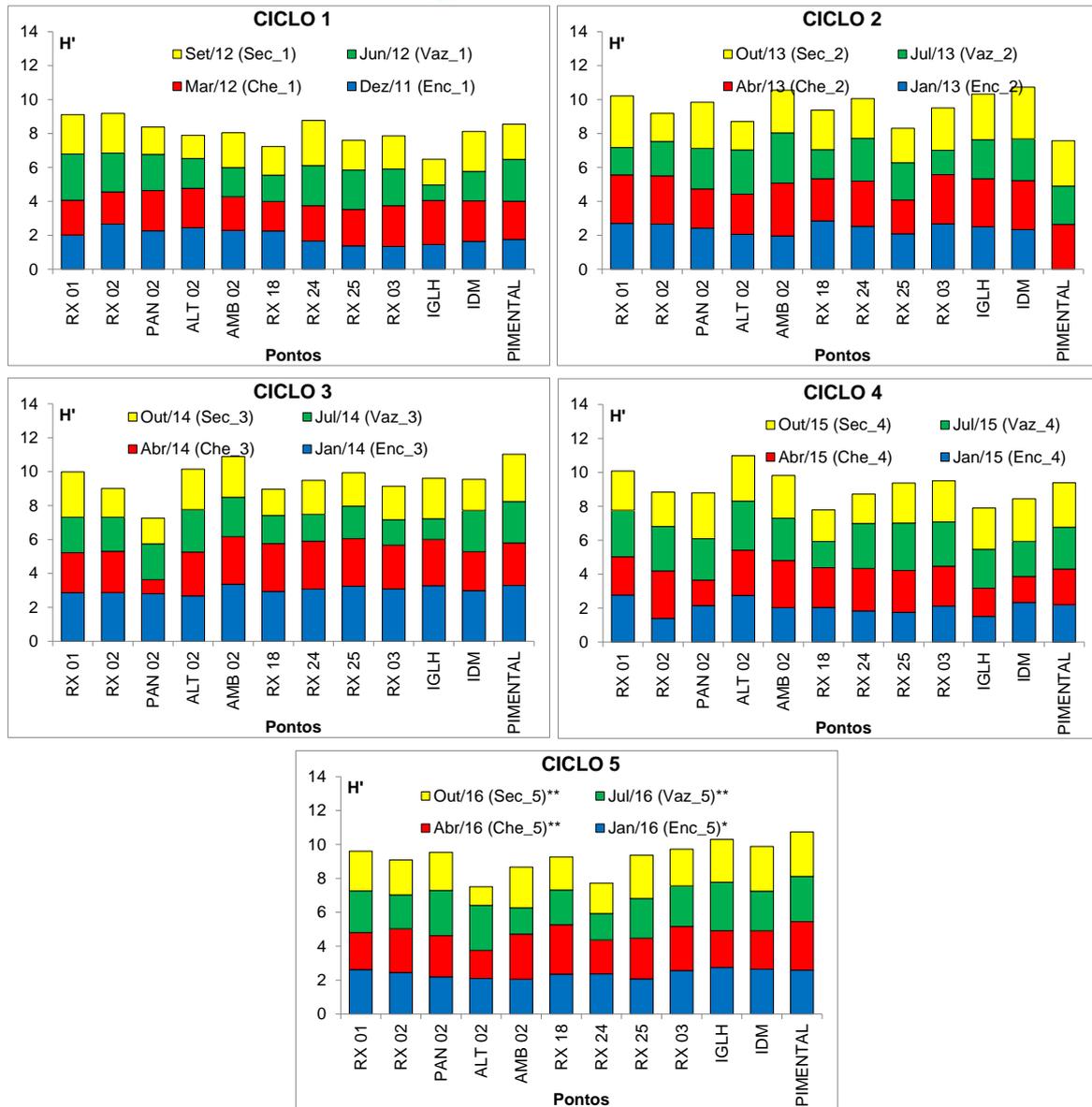


Figura 11.4.1 - 80 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na área do Reservatório Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

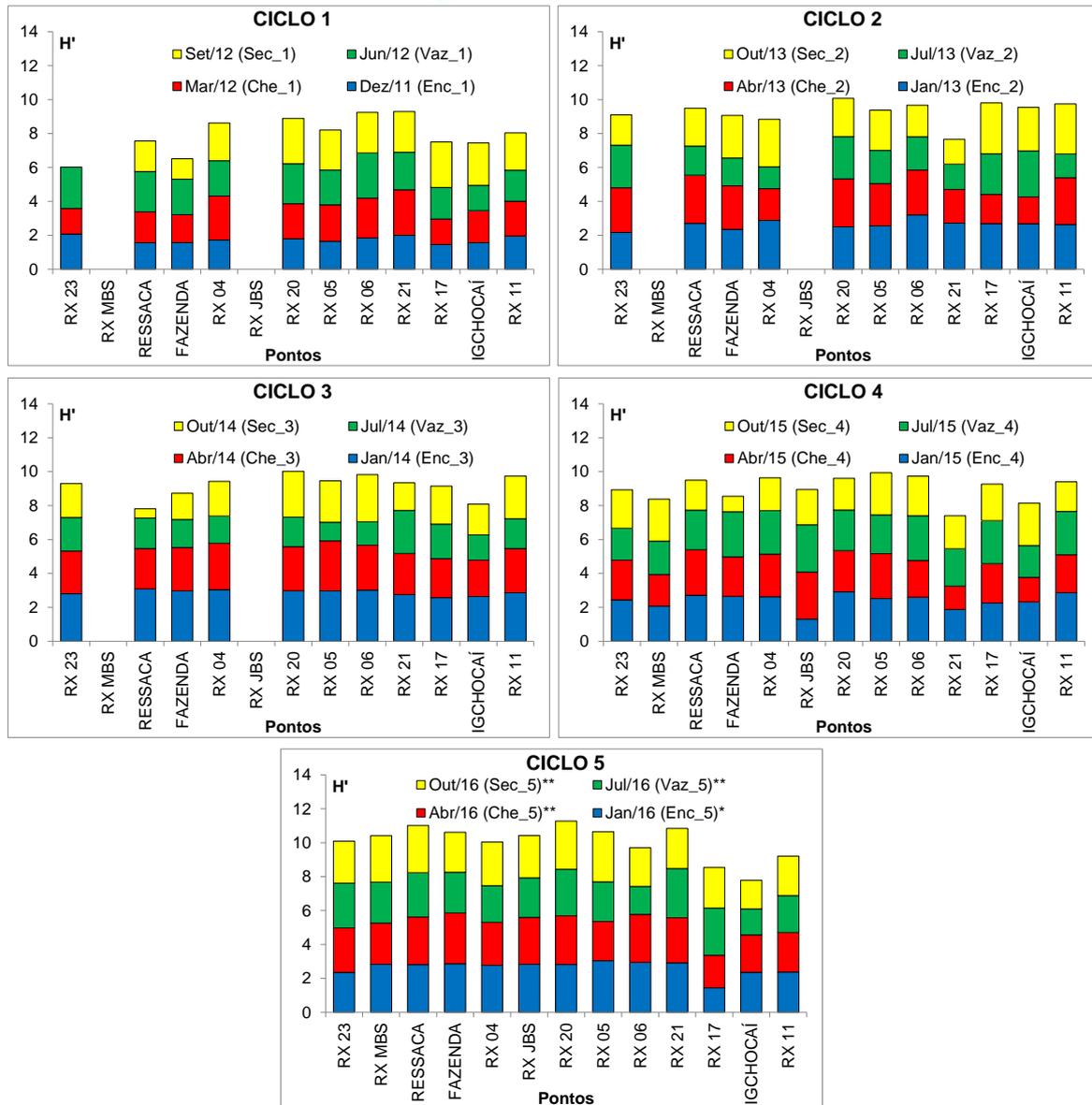


Figura 11.4.1 - 81 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

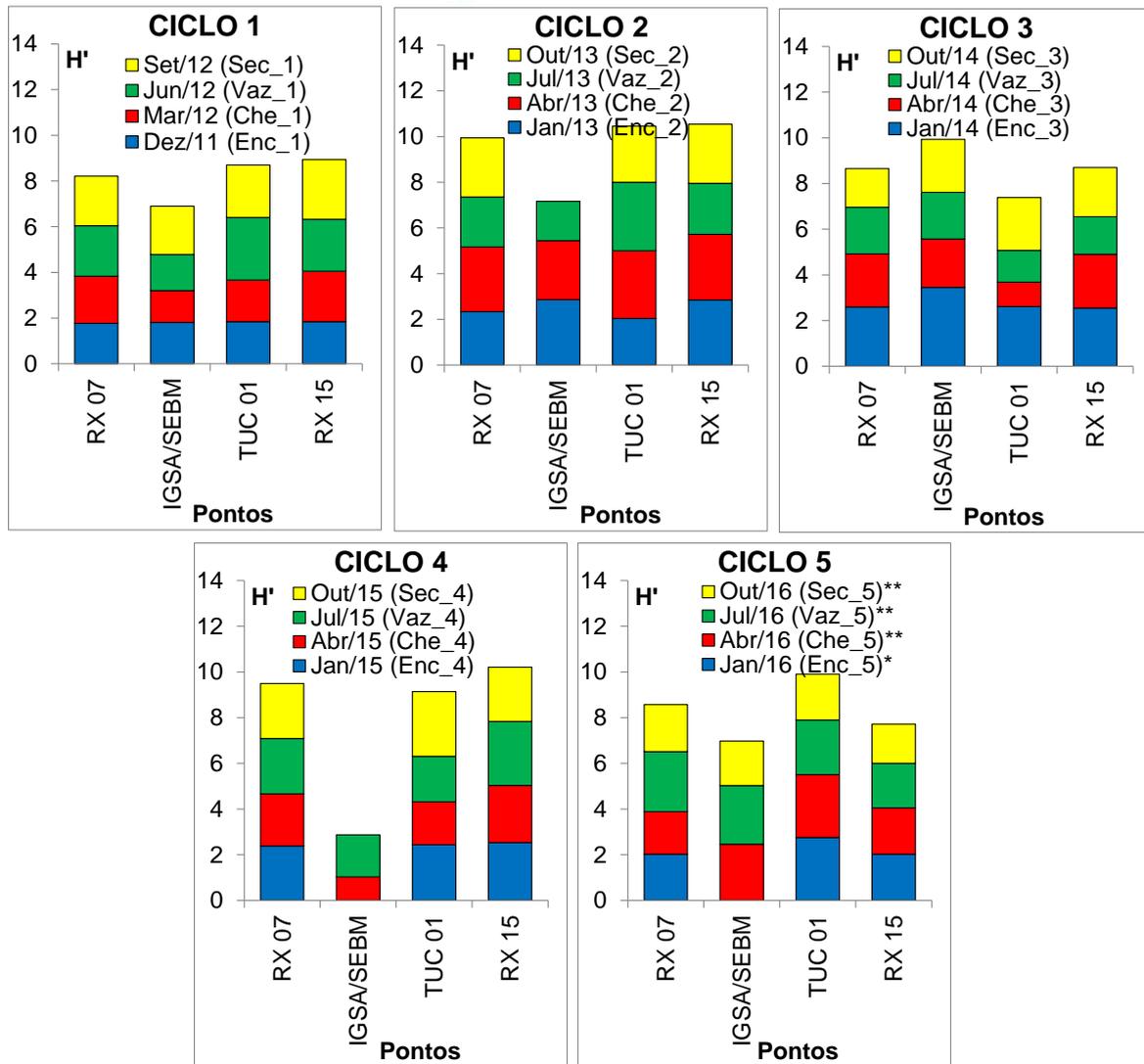


Figura 11.4.1 - 82 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

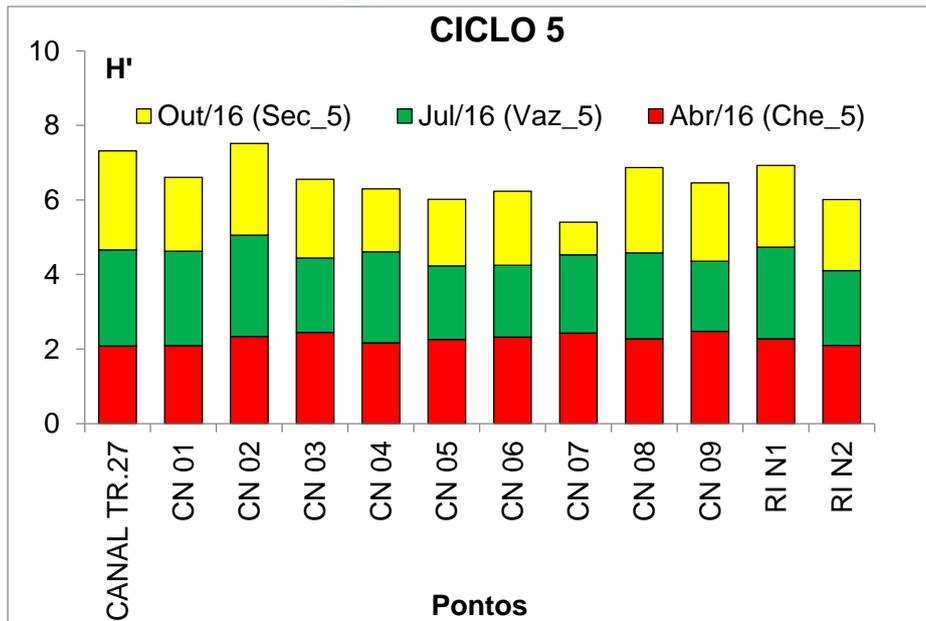


Figura 11.4.1 - 83 - Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

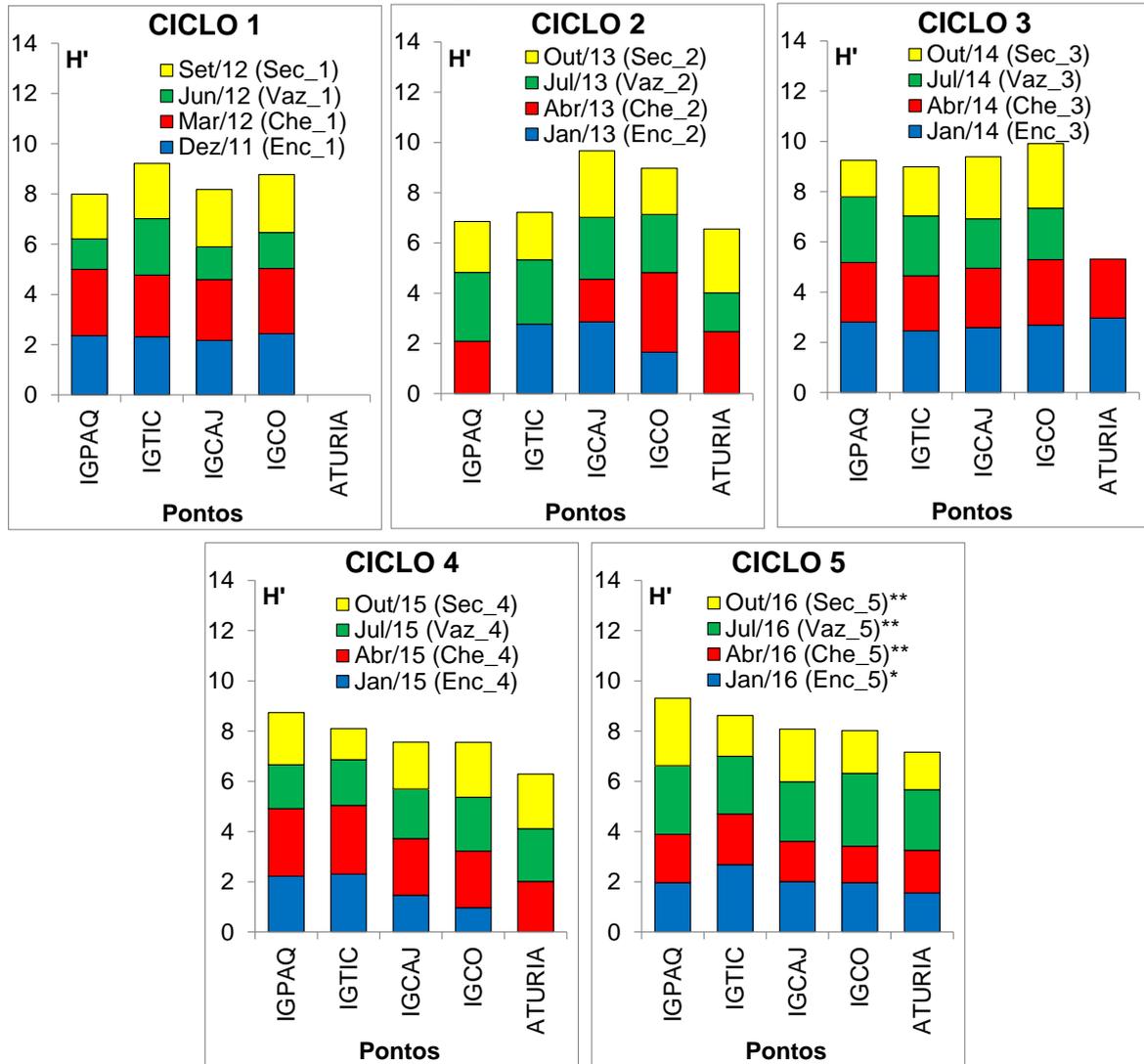


Figura 11.4.1 - 84 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

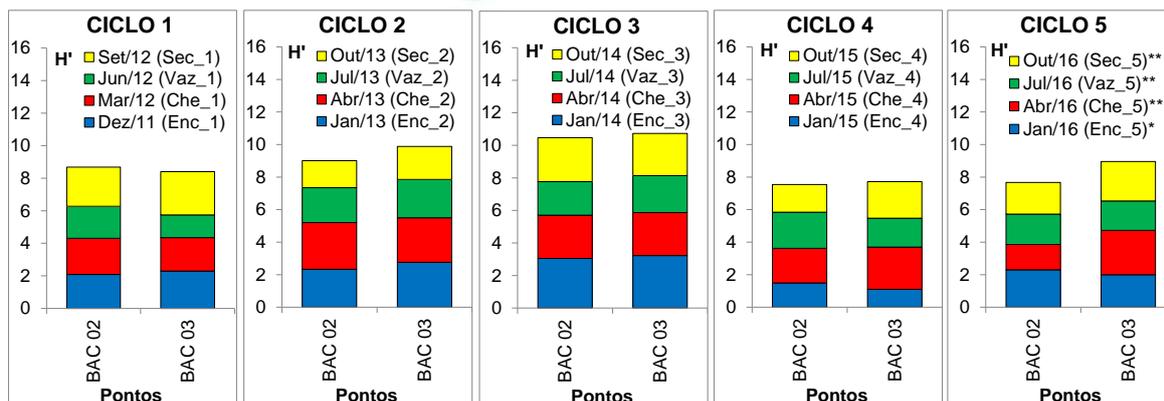


Figura 11.4.1 - 85 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplanctônica acumulada nos pontos localizados na área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.E. COMUNIDADE BENTÔNICA

As oscilações temporais e espaciais da riqueza de táxons, da abundância total e da diversidade de táxons da macrofauna bentônica entre campanhas realizadas nos cinco ciclos hidrológicos completos do monitoramento limnológico trimestral, nas diferentes áreas de monitoramento, estão apresentadas nas **Figuras 11.4.1 - 86 a 11.4.1 - 107**.

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.

Mesmo após a formação do RX e do RI, no 5º ciclo hidrológico, as variações dos valores de riqueza, abundância e diversidade se mantiveram, não evidenciando, portanto, alterações importantes na comunidade bentônica nas áreas monitoradas. Da mesma forma, os pontos localizados no RI apresentaram grande variação dos descritores da comunidade bentônica (**Figuras 11.4.1 - 90, 11.4.1 - 97 e 11.4.1 - 104**), atribuída, também, à grande heterogeneidade do leito do RI recém-formado.

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 verificado 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 foi dominante 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.

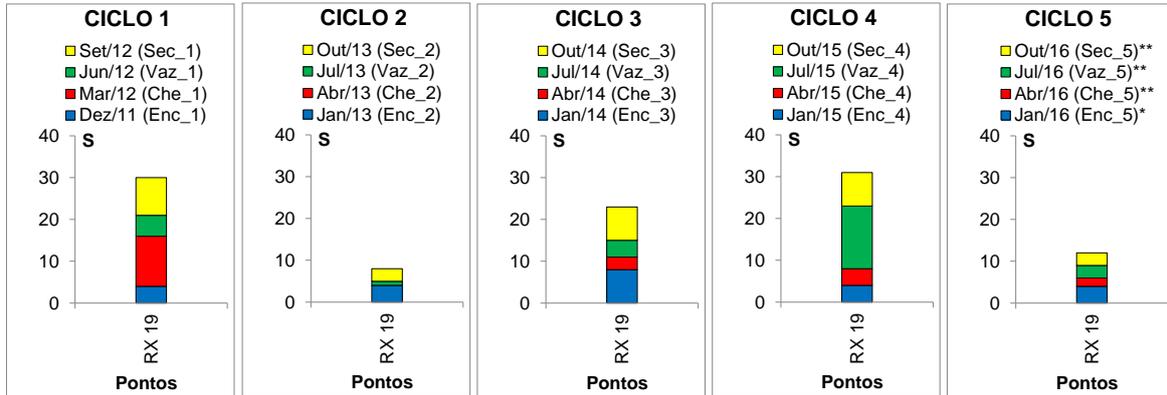


Figura 11.4.1 - 86 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

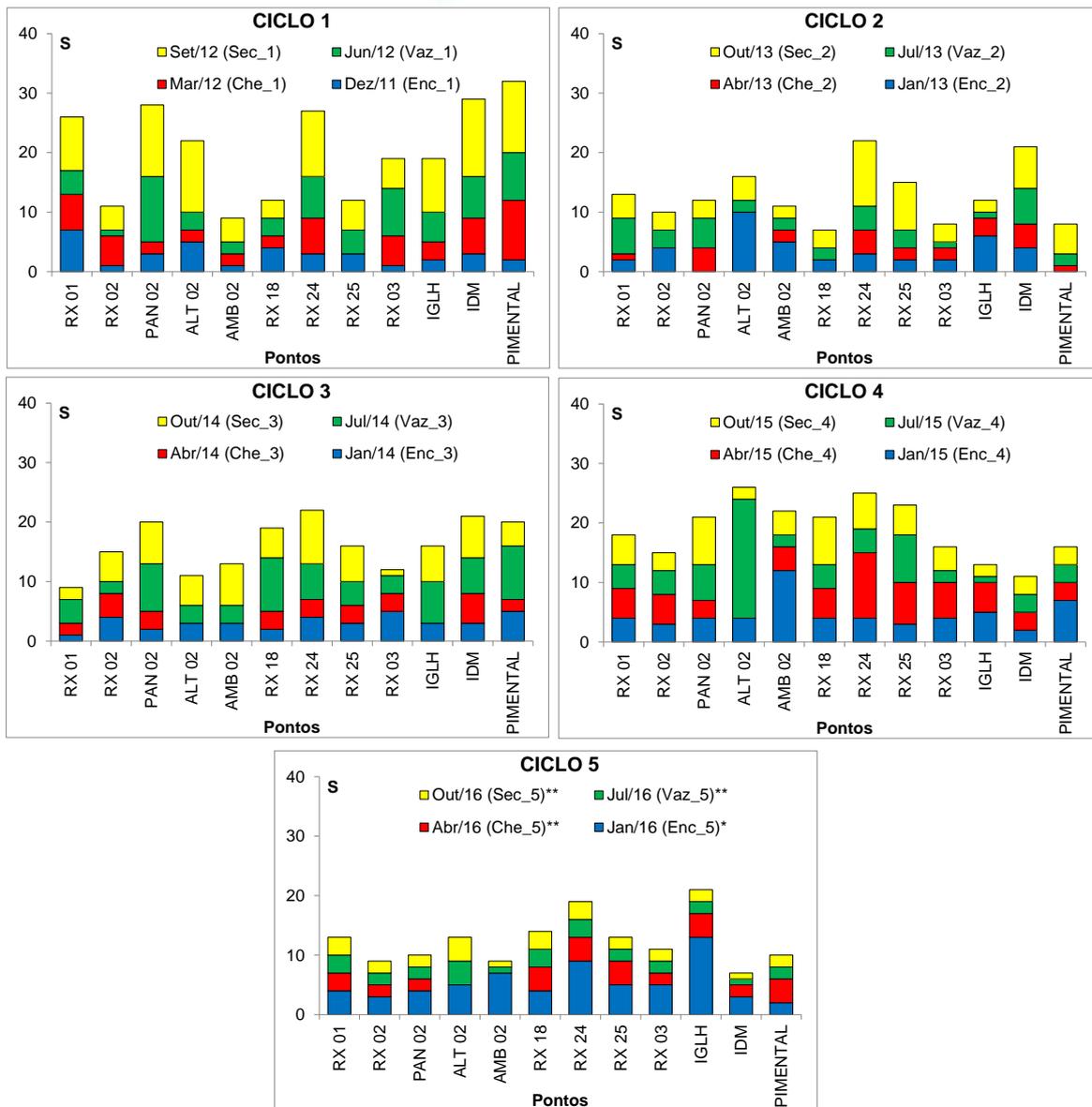


Figura 11.4.1 - 87 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

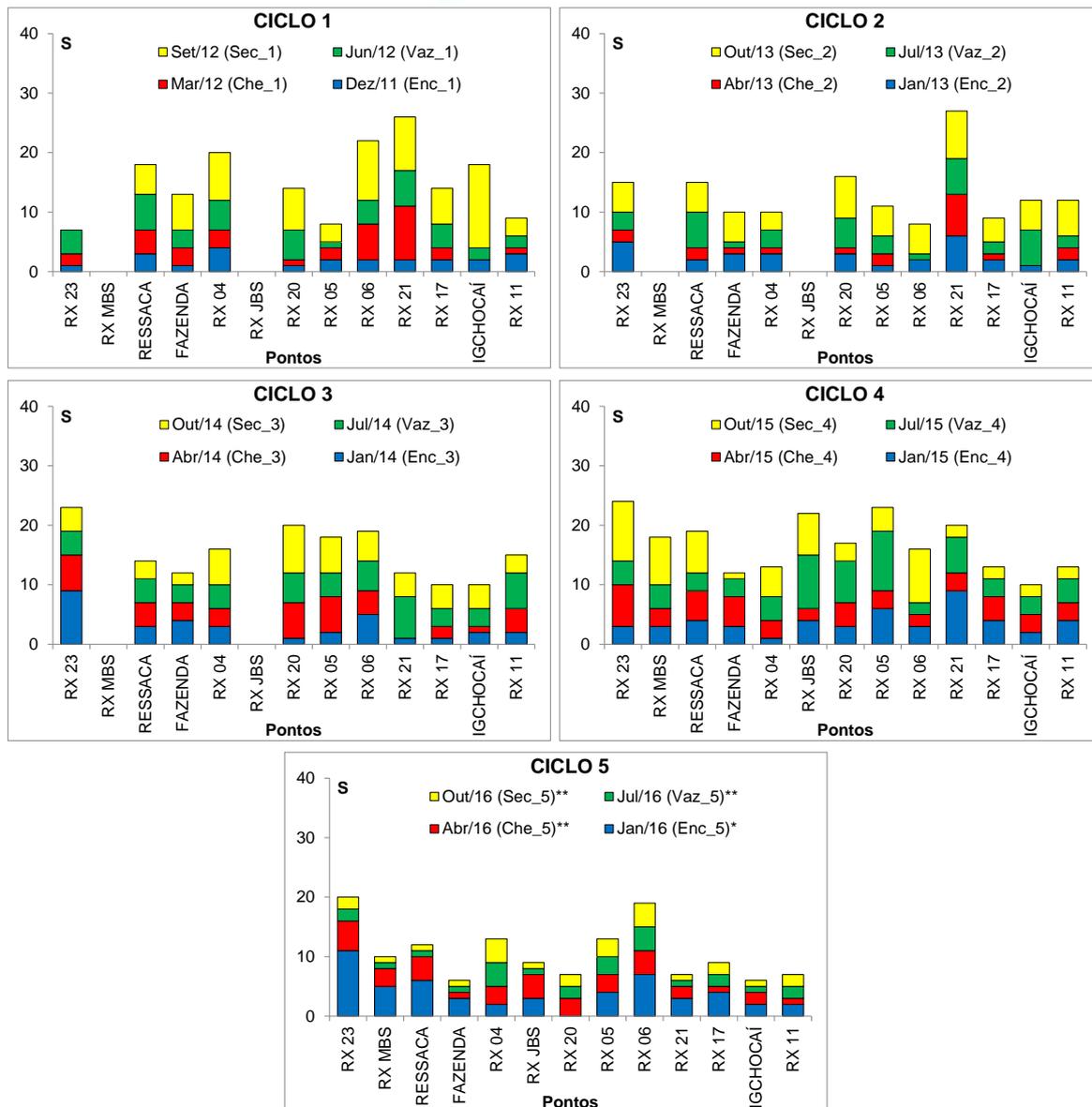


Figura 11.4.1 - 88 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

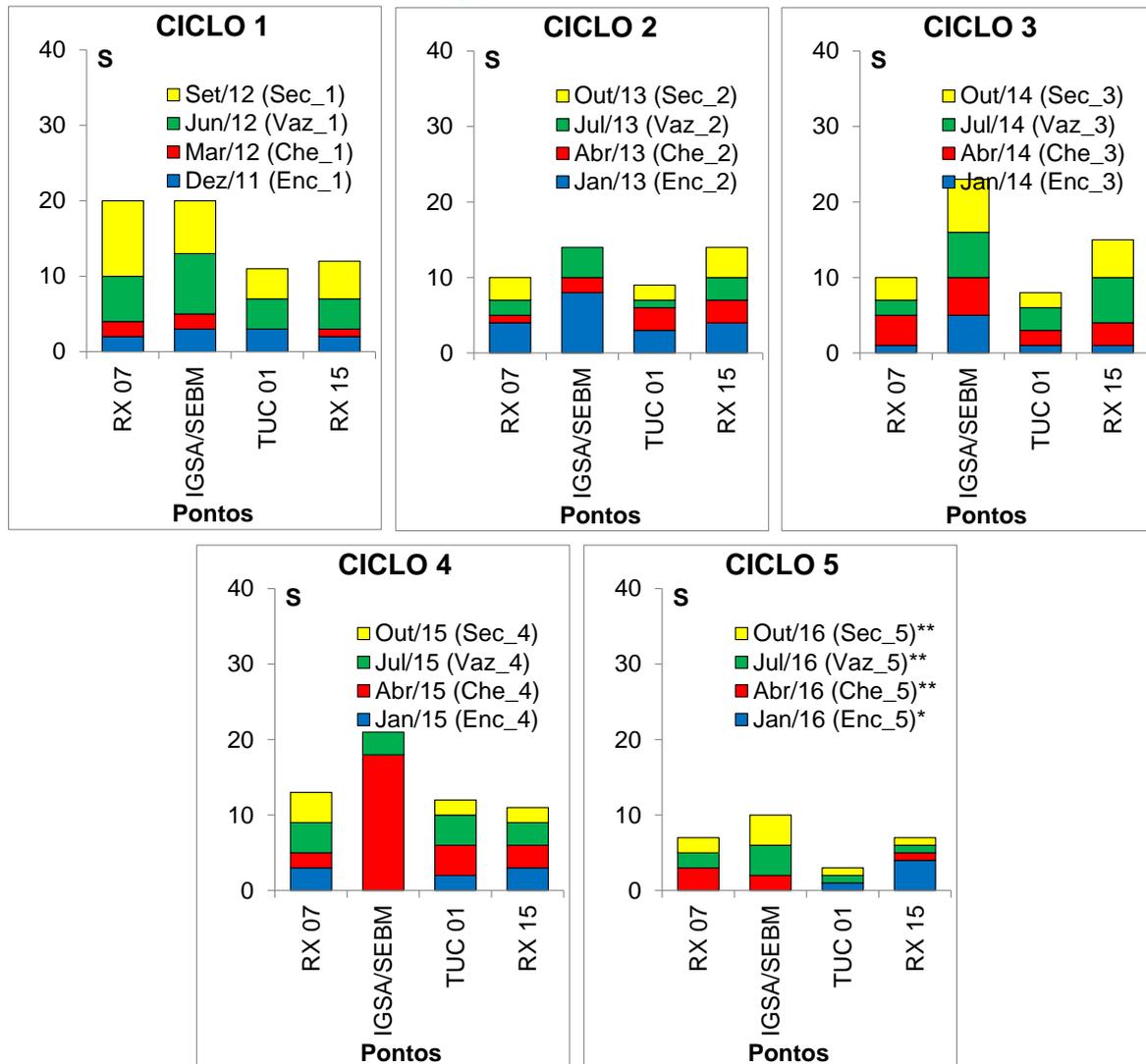


Figura 11.4.1 - 89 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

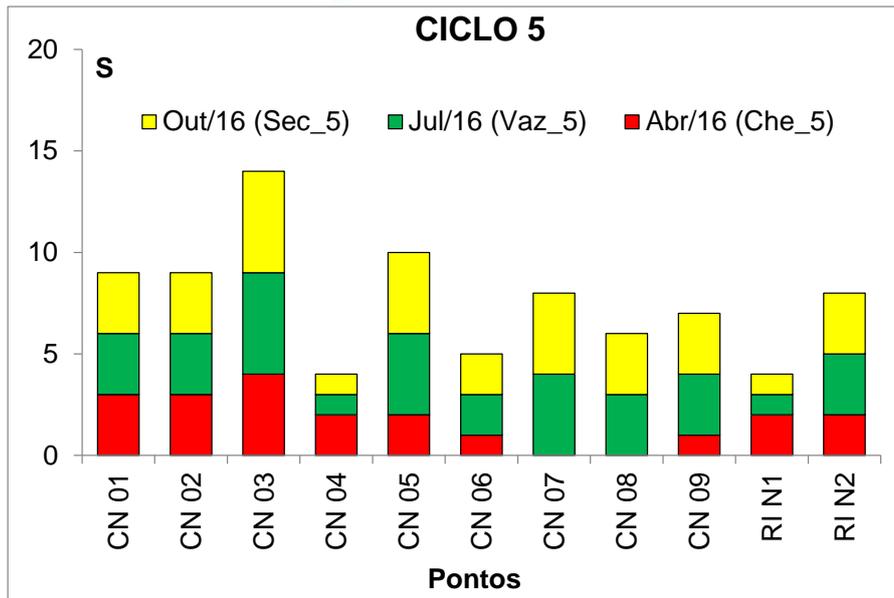


Figura 11.4.1 - 90 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos no Reservatório Intermediário (RI) no 5º ciclo hidrológico, durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

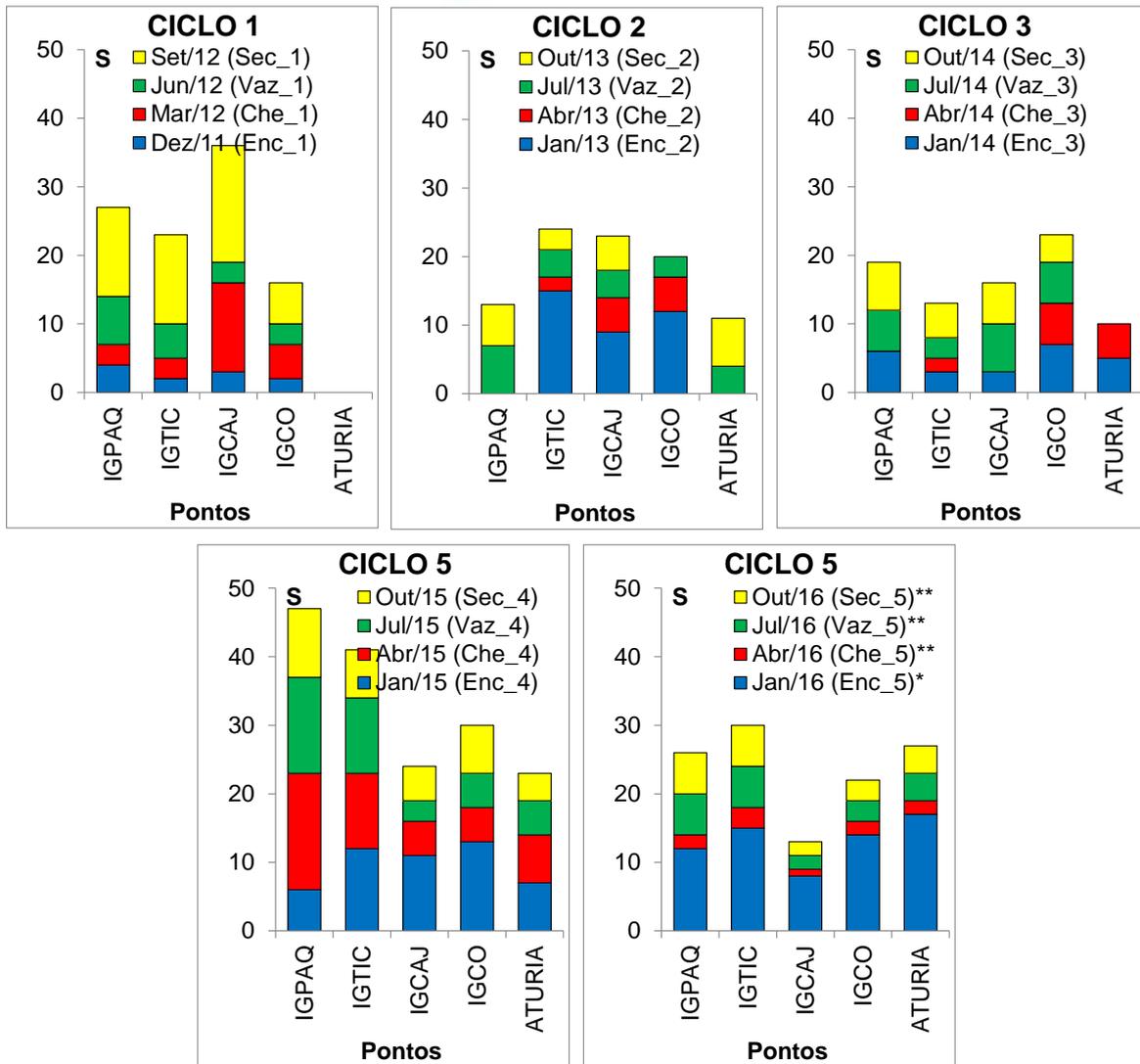


Figura 11.4.1 - 91 - Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

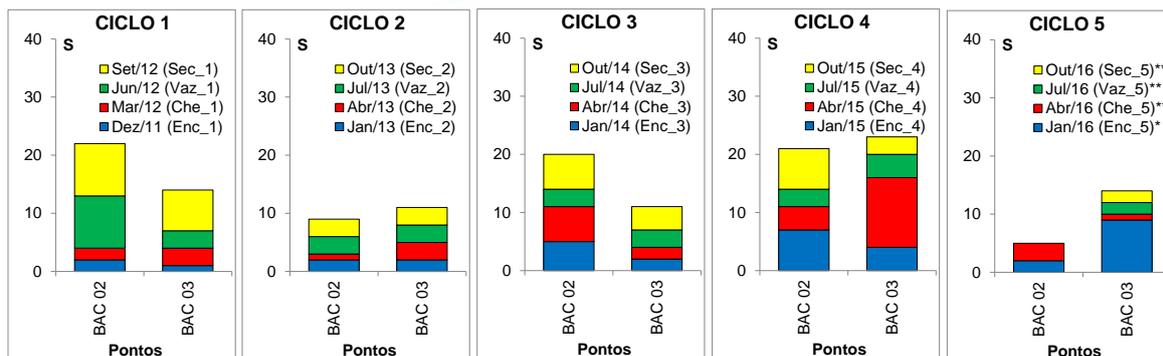


Figura 11.4.1 - 92 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

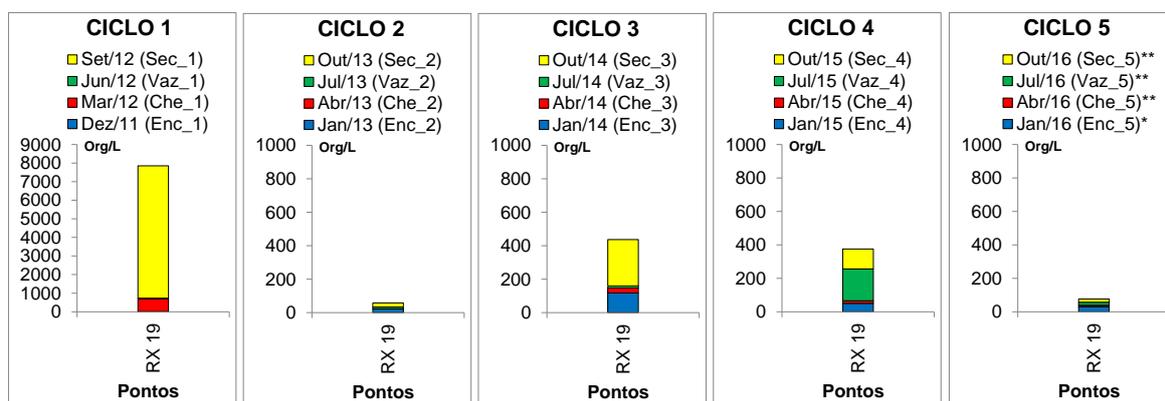


Figura 11.4.1 - 93 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

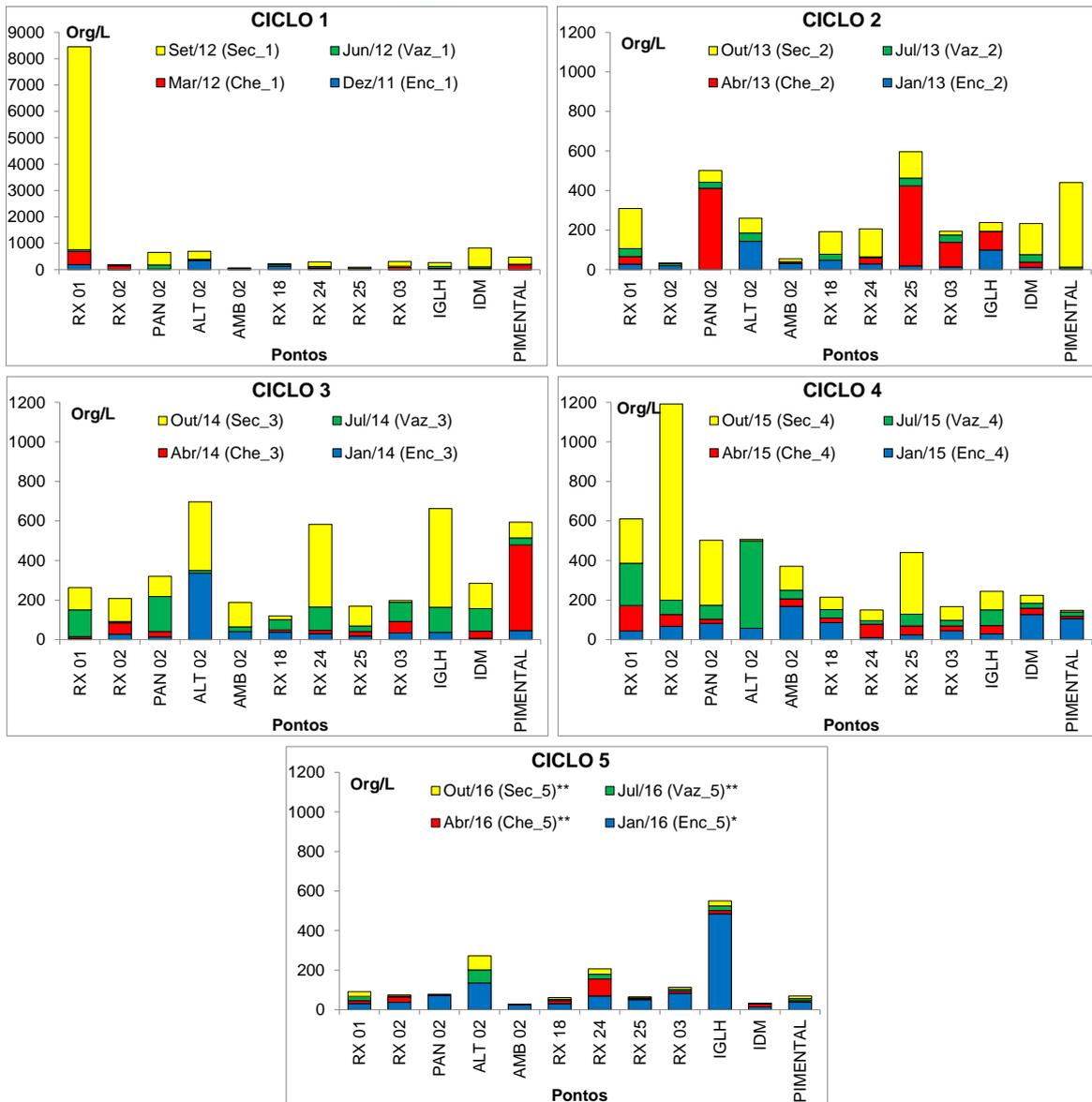


Figura 11.4.1 - 94 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

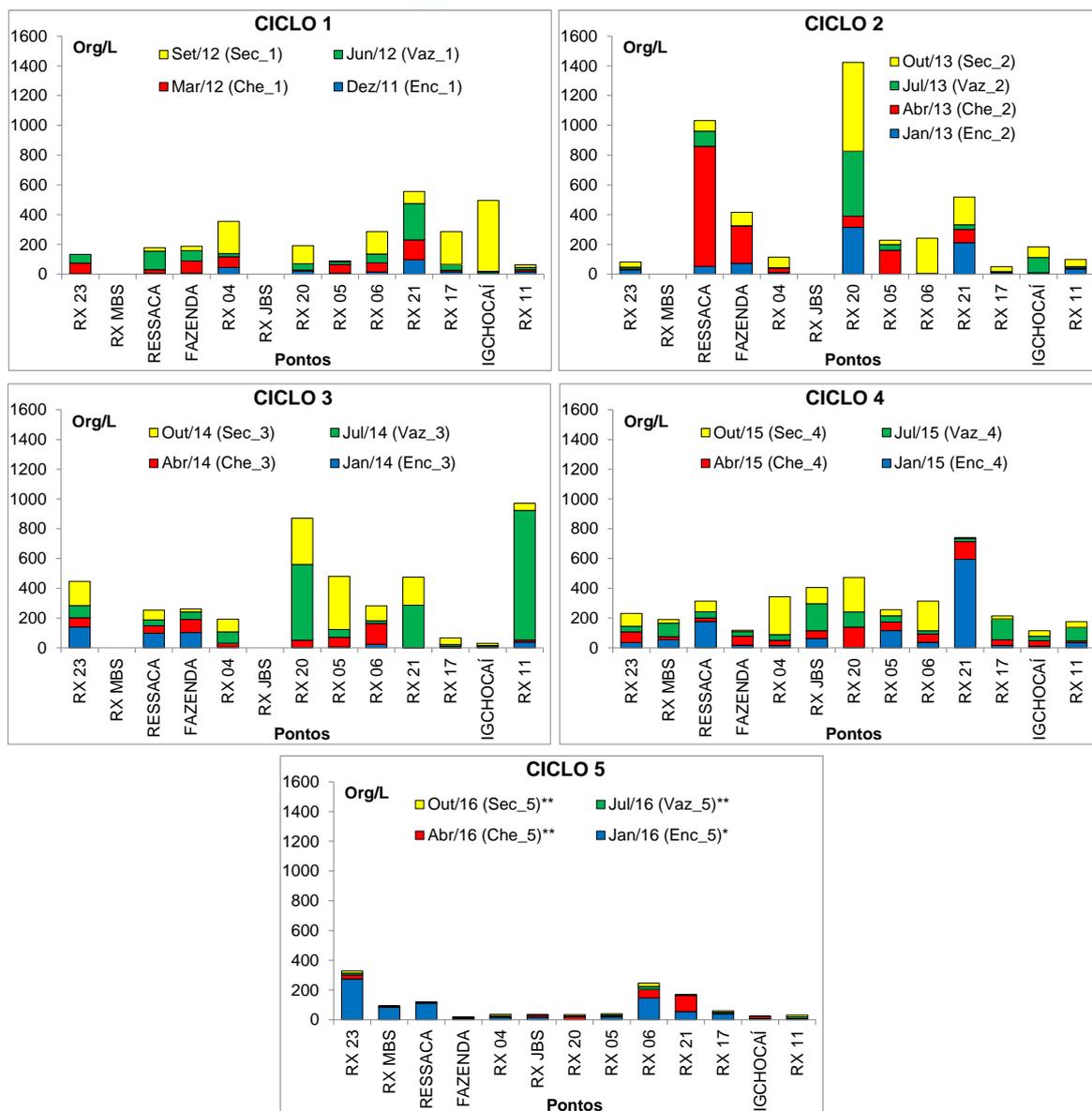


Figura 11.4.1 - 95 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

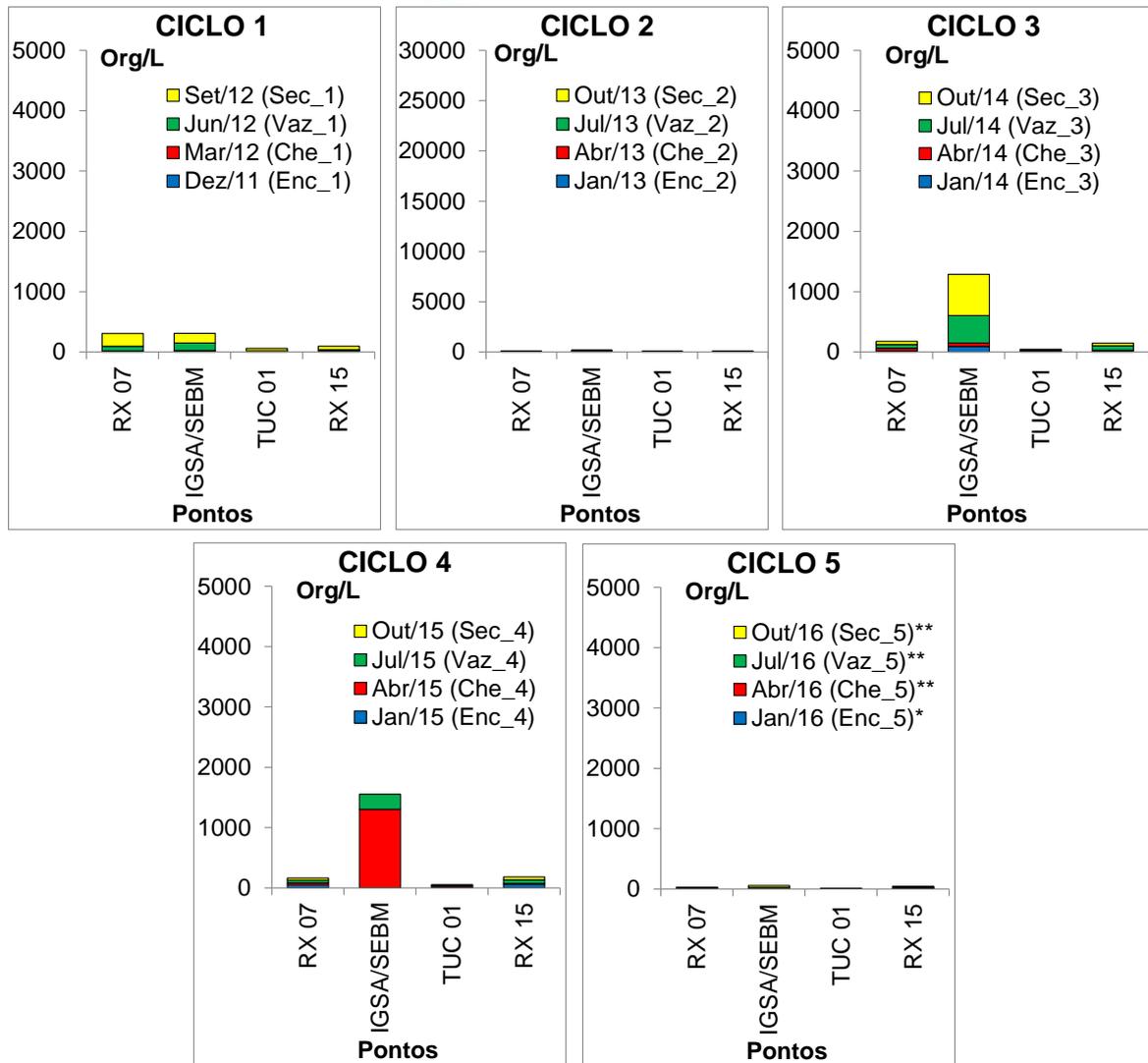


Figura 11.4.1 - 96 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

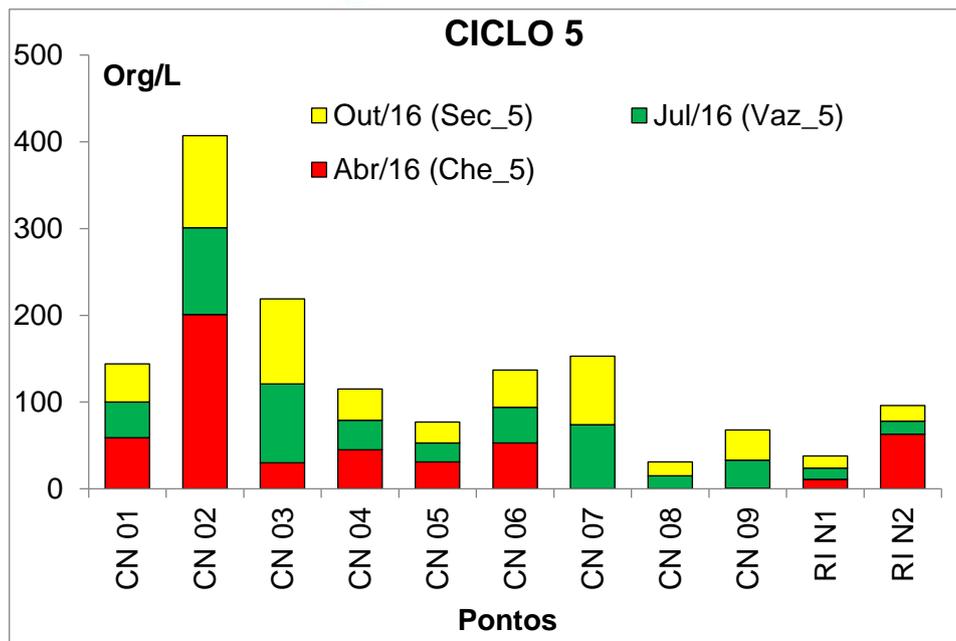


Figura 11.4.1 - 97 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico, durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

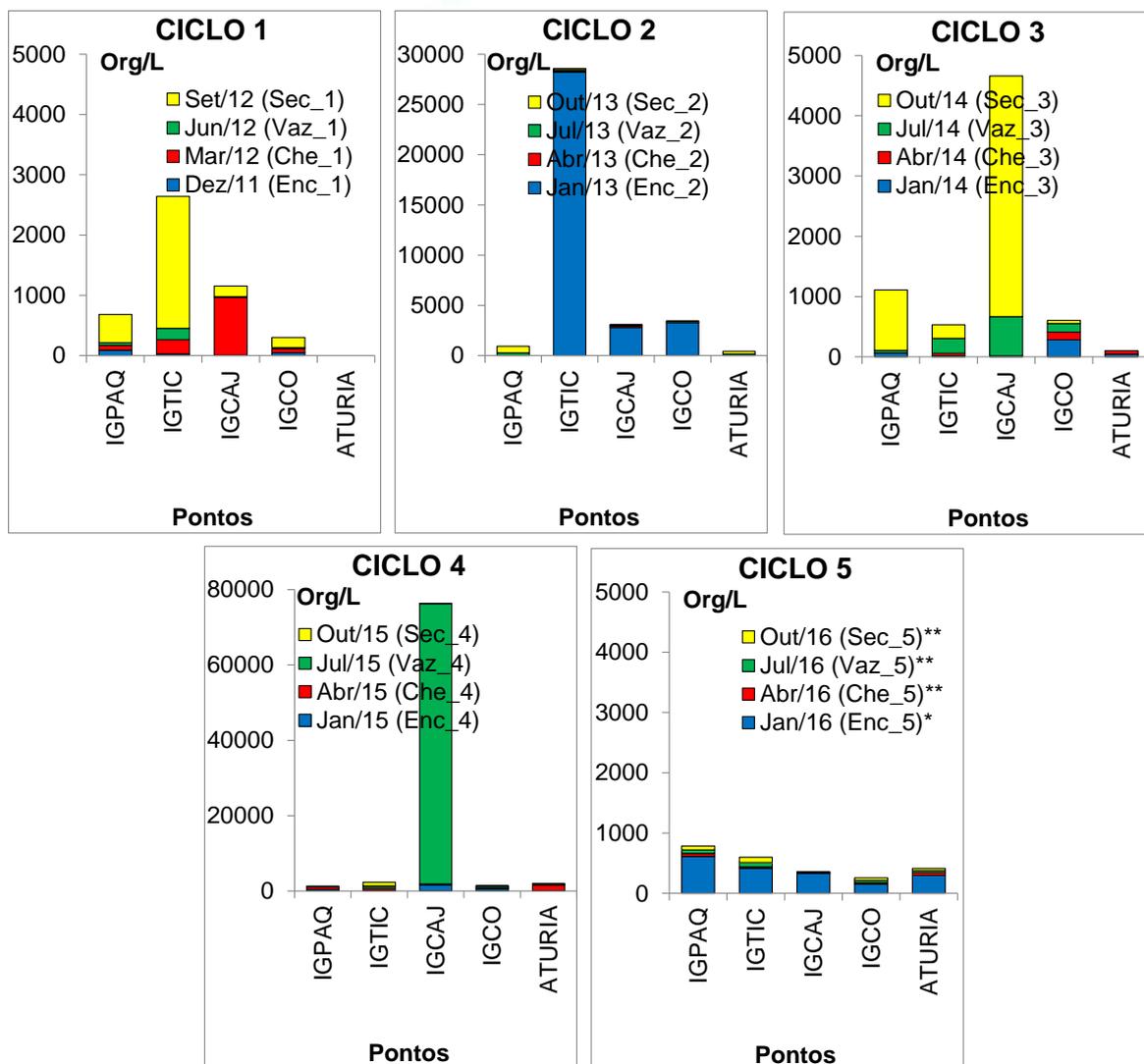


Figura 11.4.1 - 98 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

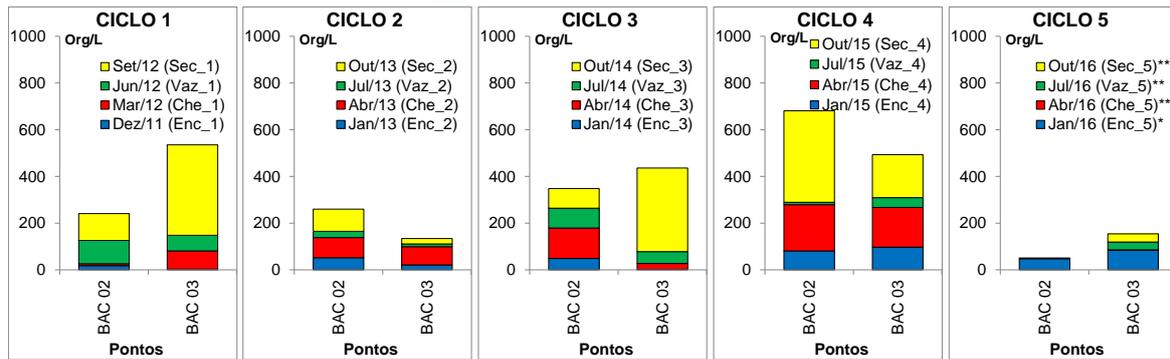


Figura 11.4.1 - 99 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

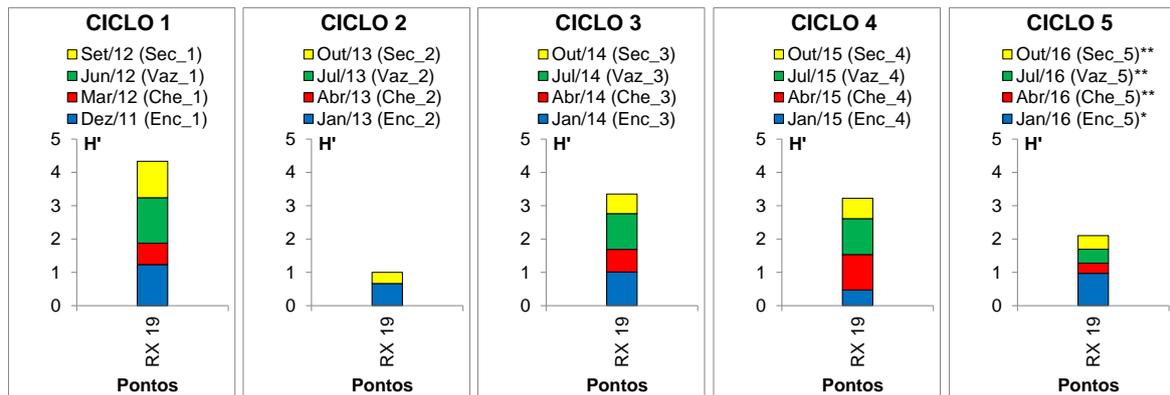


Figura 11.4.1 - 100 – Diversidade de Shannon-Wiener (H', bits/indivíduo) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

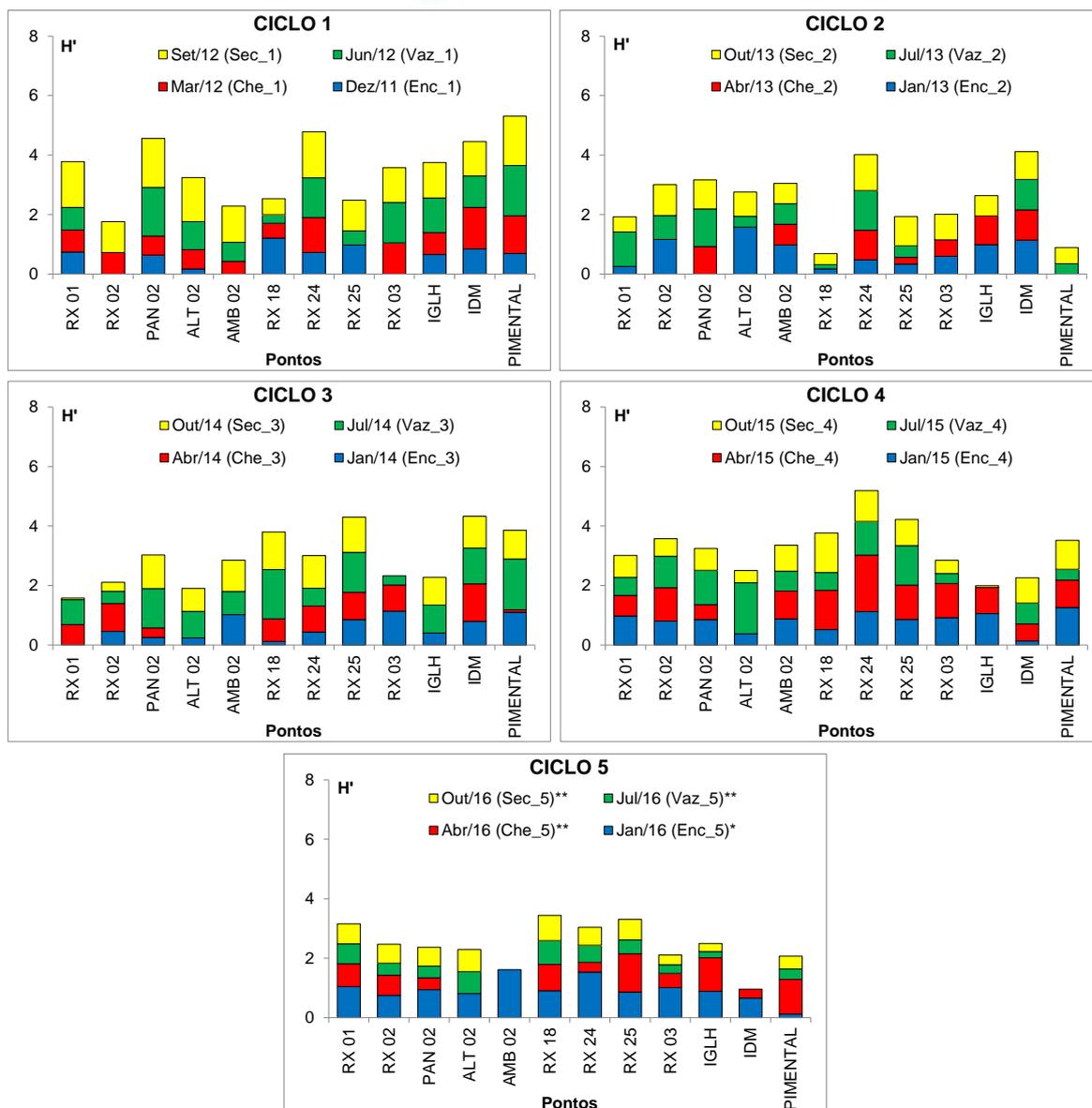


Figura 11.4.1 - 101 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

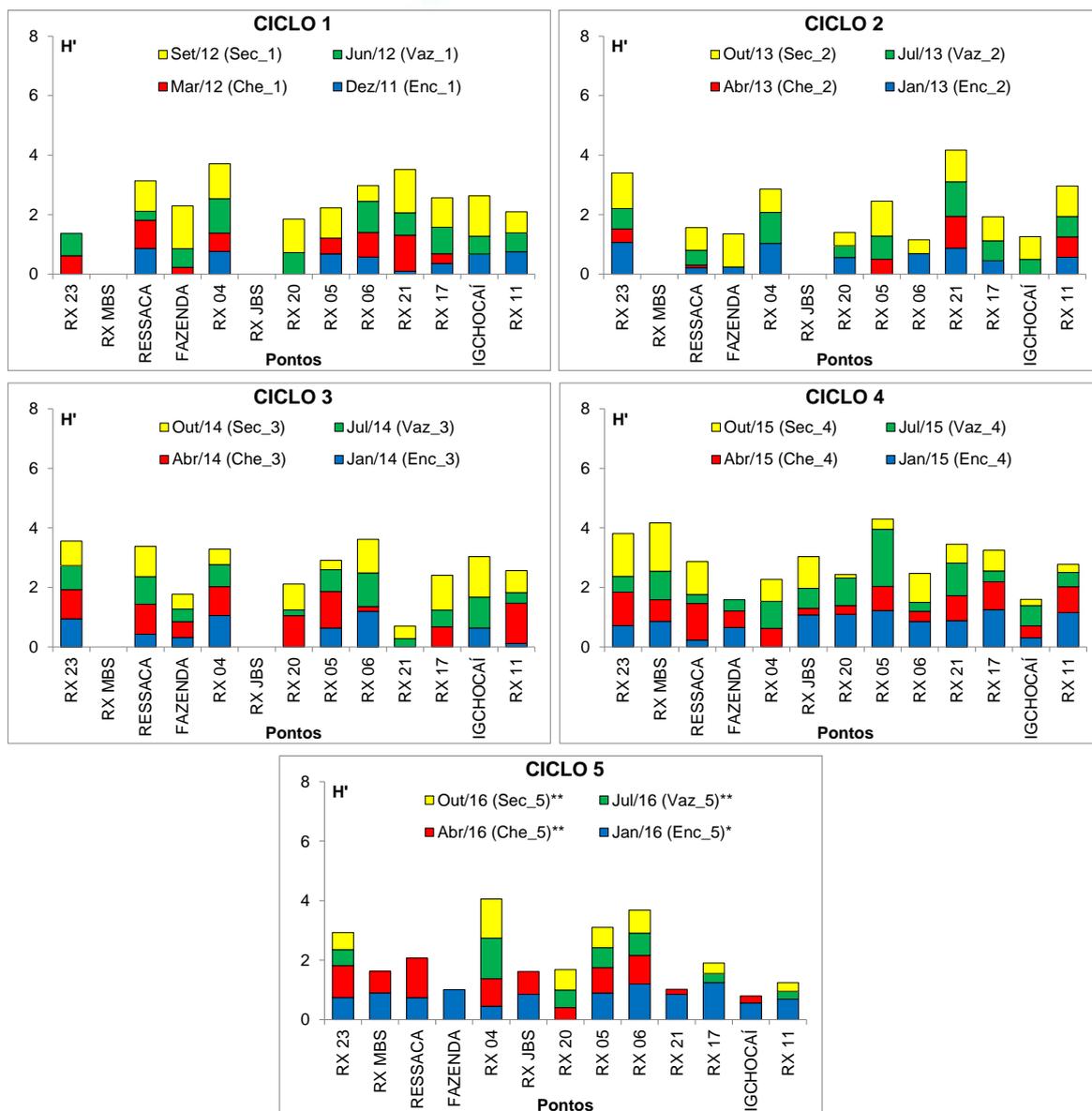


Figura 11.4.1 - 102 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

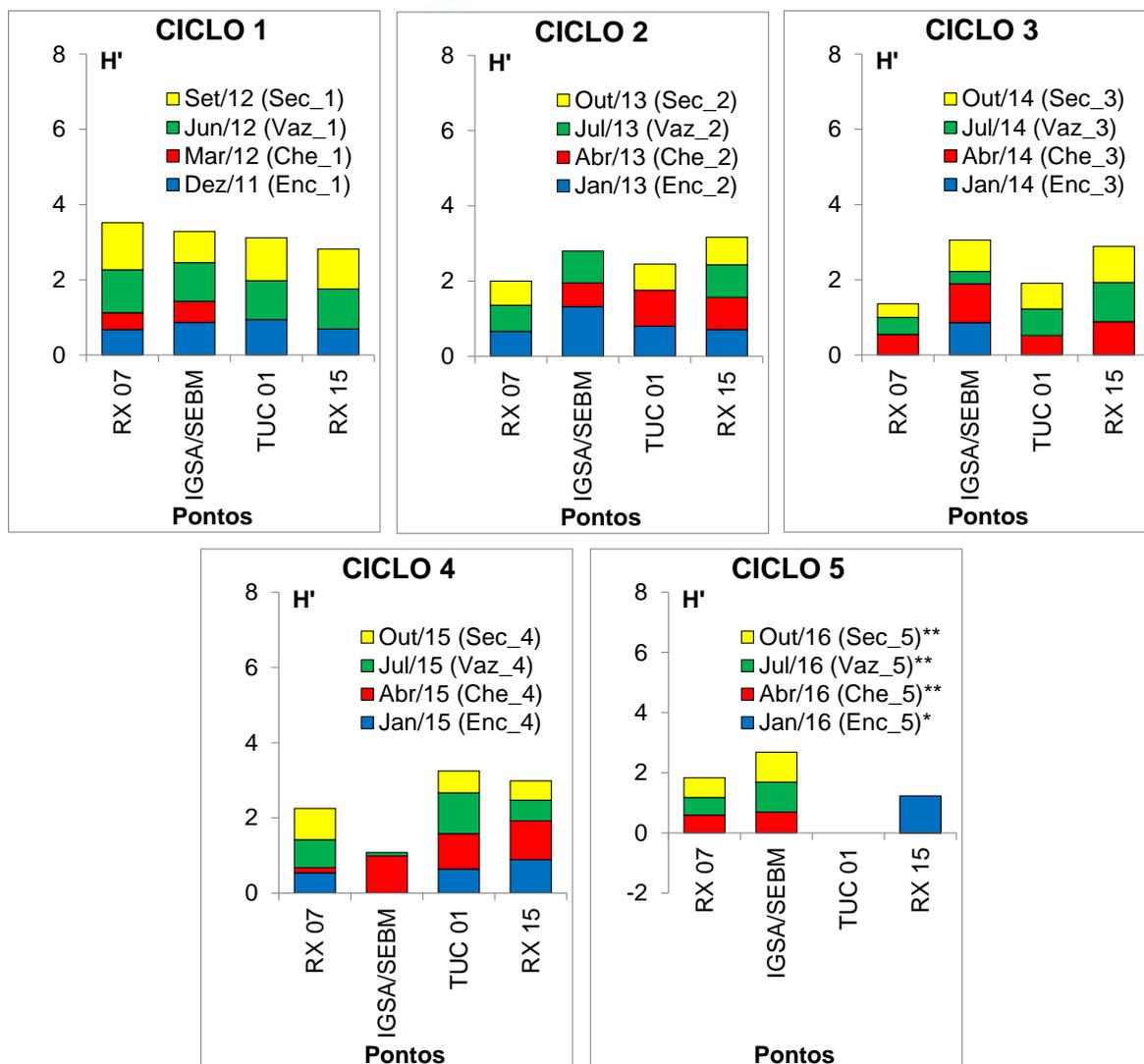


Figura 11.4.1 - 103 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

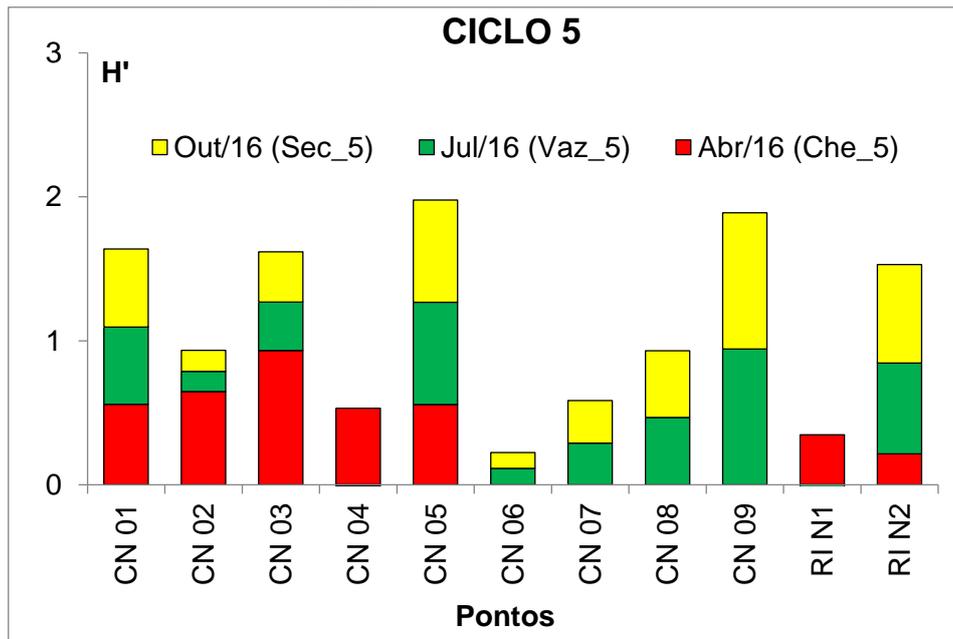


Figura 11.4.1 - 104 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º ciclo hidrológico, durante a fase de pós-enchimento (abril a outubro de 2016).

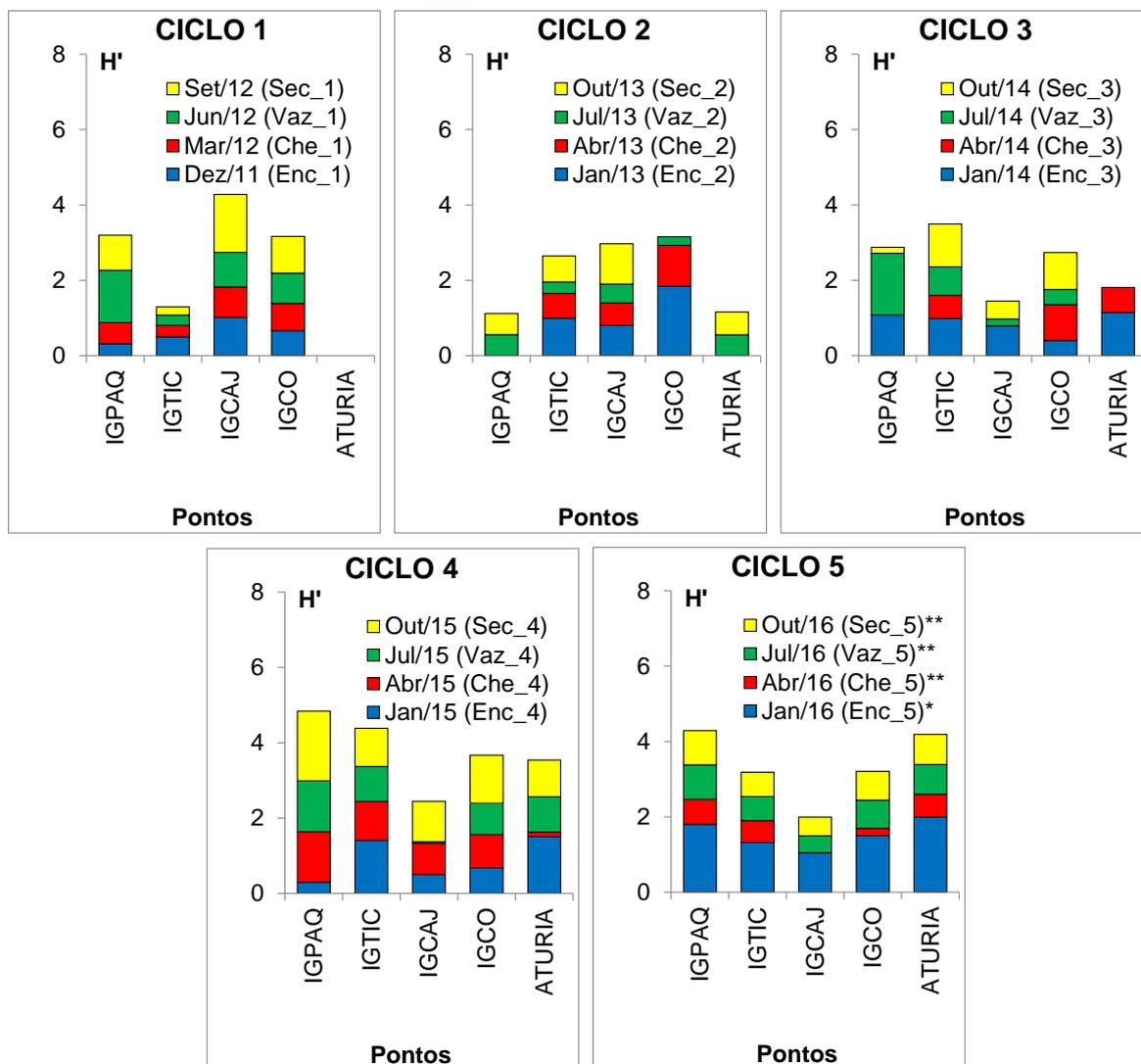


Figura 11.4.1 - 105 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

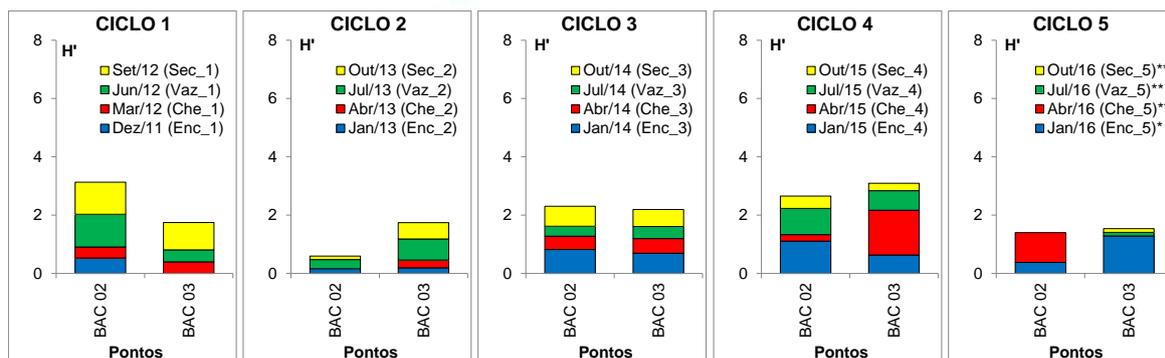


Figura 11.4.1 - 106 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Rio Bacajá nos cinco ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2016). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016. *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.F. GRUPOS FUNCIONAIS DA MACROFAUNA BENTÔNICA

O **Quadro 11.4.1 - 19** 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)⁶ e CUMMINS *et al.* (2005)⁷.

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.

⁶CALLISTO, 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.

⁷CUMMINS, 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 - 19 – 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 está localizado próximo à margem direita do Reservatório Xingu a montante da Barragem Principal em Pimental, sendo realizado, em atendimento ao Ofício 510/2011⁸ do IBAMA, o monitoramento mensal dos perfis de temperatura e oxigênio dissolvido (metro a metro) para disponibilização dos dados no âmbito do Estudo Complementar de Modelagem Matemática da Qualidade da Água. 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 - 107** apresenta os gráficos de isolinhas de temperatura ao longo da coluna de água no ponto de coleta RX 03, de novembro de 2012 a novembro de 2016. Como era de se esperar, as maiores temperaturas foram observadas nos períodos entre vazante e seca, sendo que as temperaturas mais baixas ocorreram nos períodos de cheia, denominados na região como 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**).

Verificou-se estratificação térmica vertical durante as fases de enchimento e pós-enchimento do RX, porém, muito tênue, sem a formação de termoclina. As variações de temperatura da água neste ponto estiveram, portanto, condicionadas predominantemente às variações de temperatura atmosférica e ao regime hidrológico do rio Xingu.

⁸Instituto 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.

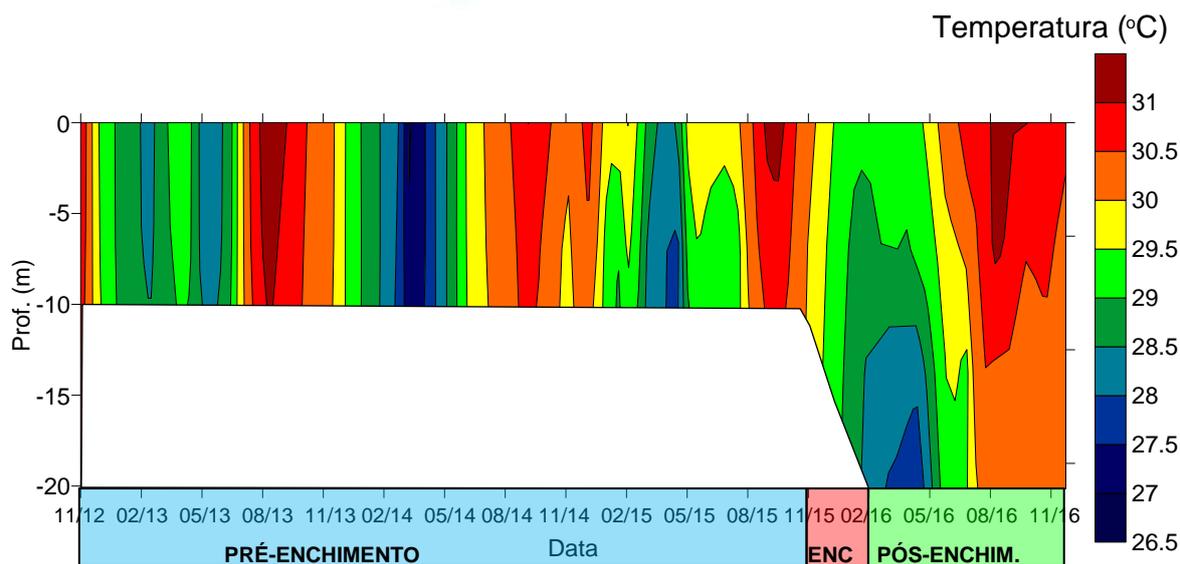


Figura 11.4.1 - 107 – Gráficos de isolinhas de temperatura registrada no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e outubro de 2016, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

A **Figura 11.4.1 - 108** 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 novembro 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, assim como uma nítida relação entre as variações de temperatura e de concentrações de oxigênio dissolvido durante a fase de pré-enchimento do reservatório. Já na fase de pós-enchimento, observa-se a formação de uma oxiclina, com ocorrência de hipolímnio deficiente em oxigênio entre agosto e novembro de 2016, muito em função da estratificação térmica ocorrida nesse período que, mesmo sendo tênue, dificultou a circulação vertical e a reoxigenação da água mais profunda do reservatório. Assim, valores de oxigênio dissolvido em não conformidade com a pela Resolução CONAMA 357/2005 foram observados nesse período no hipolímnio, porém, com tendência de reoxigenação após novembro de 2016, com a chegada do período de enchente. Não obstante, não se verificou anoxia no hipolímnio, condição essa que favorece a solubilização de fósforo particulado contido no sedimento e disponibilização à coluna de água.

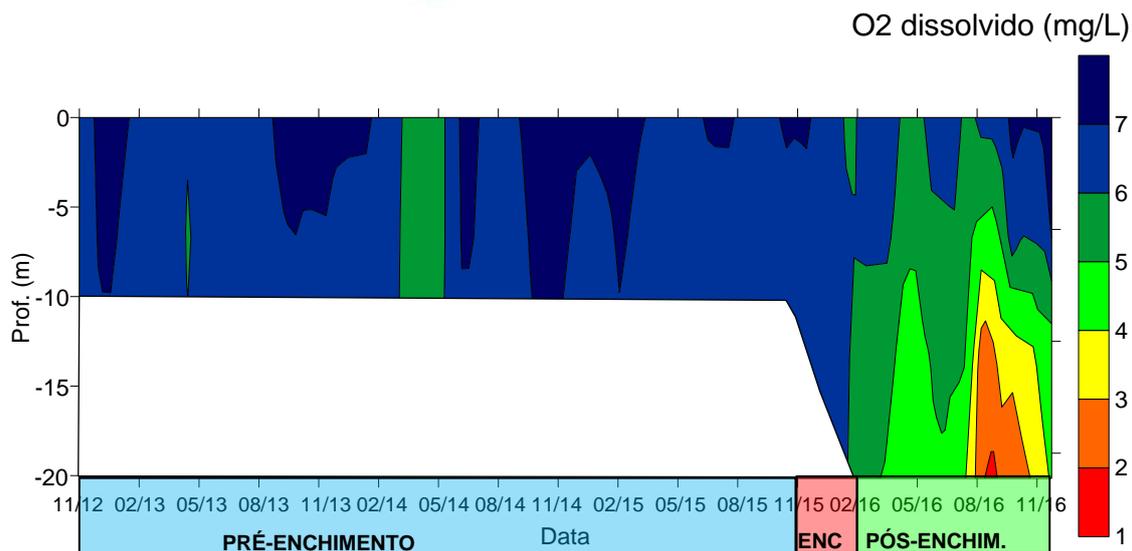


Figura 11.4.1 - 108 – Gráfico de isolinhas de concentração de oxigênio dissolvido registrado no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e outubro de 2016, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

A **Figura 11.4.1 - 109** 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 outubro 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 Xingu, pode estar relacionada à não ocorrência de anoxia no hipolímnio (**Figura 11.4.1 - 108**), 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.

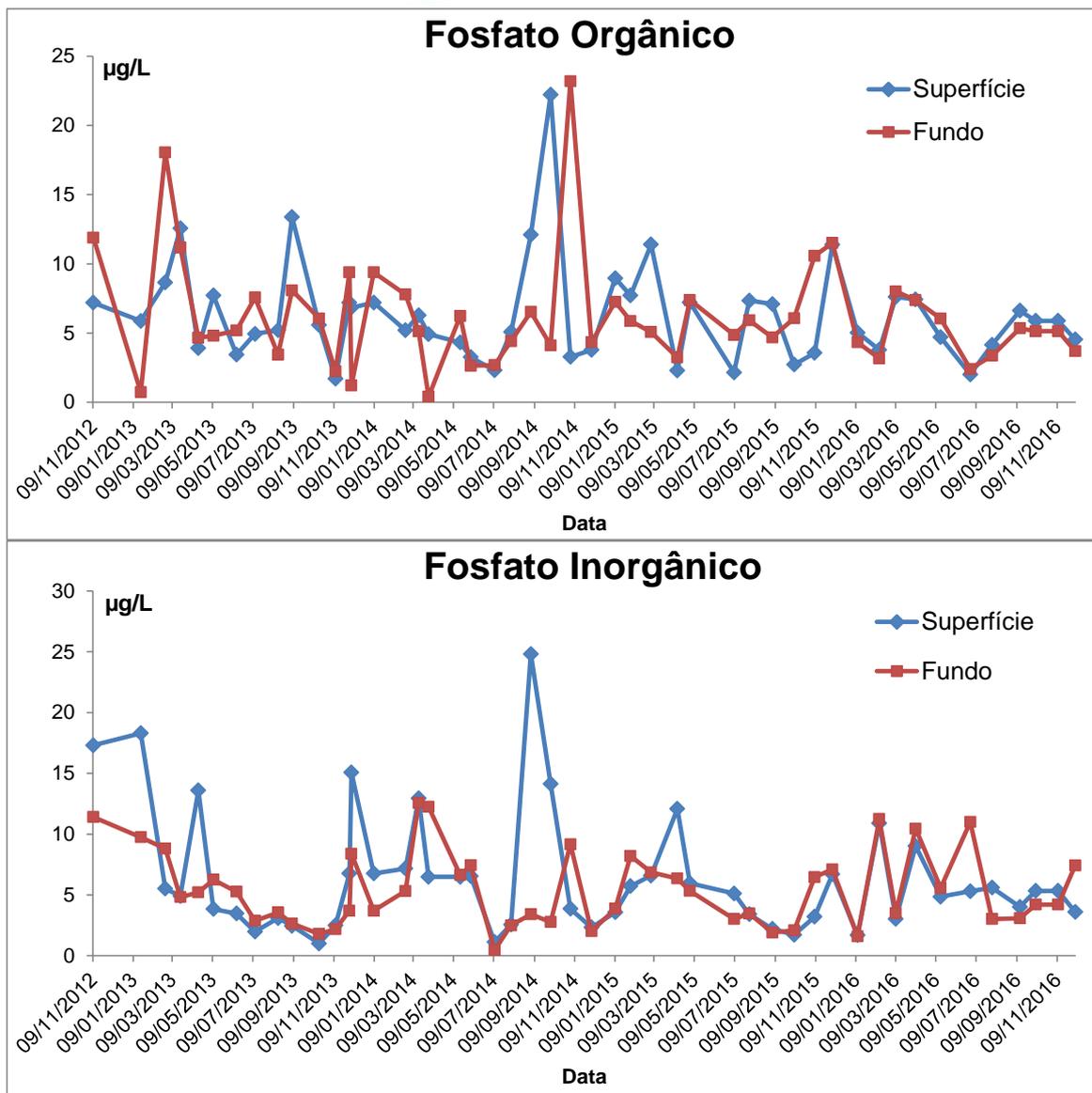


Figura 11.4.1 - 109 – Resultados das frações de fósforo amostradas no ponto de coleta RX 03, na superfície e fundo do rio Xingu, área de influência da UHE Belo Monte, durante monitoramento de novembro de 2012 a novembro de 2016.

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 novembro 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.

Os resultados da qualidade de água no Entorno dos Canteiros demonstram condições satisfatórias na maioria dos pontos de coleta e períodos amostrados, quando intercorrências de algumas variáveis estiveram em não conformidade com os limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005.

Exceções ocorreram no ponto ETEPIM, a jusante da ETE do canteiro Pimental, onde altas concentrações de oxigênio dissolvido na água foram registradas e o fósforo apresentou aumento significativo antes da formação do Reservatório do Xingu quando as concentrações foram diluídas pelo aumento da vazão no local. Situações em que a turbidez foi crítica estiveram associadas a períodos de chuvas intensas (fevereiro, março e abril), quando ocorre o aumento do escoamento superficial na região.

As concentrações de *E.coli* foram consideravelmente oscilantes e não indicaram criticidade quanto a esta variável, predominando na malha amostral pontos com uma ou duas intercorrências em não conformidade. Por outro lado, amostras dos pontos PACBM-M e PACBM-J, ambos no igarapé Santa Helena, bem como do ponto IGPAQ-M1, localizado no igarapé Paquiçamba, estiveram em não conformidade em maior número de amostragens, o que pode estar relacionado com o uso da bacia em questão pela atividade agropecuária na região como um todo e, portanto, sem relação com as obras.

O fósforo total foi baixo na maioria dos pontos analisados. Contudo, concentrações elevadas, também foram registradas, pontualmente. Estas não conformidades foram transitórias e, aparentemente, as causas do aumento de cargas orgânicas foram distintas na malha amostral. O ponto PACBM-M, por exemplo, possui elevada declividade e, como citado anteriormente, elevado contingente de gado em seu entorno, o que o torna suscetível a aumentos de cargas orgânicas em períodos de chuva. O IGSA/SEBM sofreu intervenções para construção de via de acesso em período próximo à amostragem de março de 2013, o que pode ter ocasionado a elevação das cargas de fósforo num pico temporário, pois foi registrada posterior redução.

Os resultados da qualidade de água no Entorno dos Canteiros demonstram, portanto, que as microbacias são influenciadas por contribuições difusas em toda a área, resultante de vários tipos de uso e ocupação nas suas adjacências.

Portanto, o **Anexo 11.4.1 - 9** atende à recomendação do IBAMA, apresentada no Parecer 291/2013⁹, encaminhado em fevereiro de 2013, no Parecer 4933/2013¹⁰,

⁹Instituto 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.

¹⁰Instituto 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.

encaminhado em julho de 2013, no Parecer 7802/2013¹¹, encaminhado em janeiro de 2014, no Parecer 2586/2014¹², encaminhado em julho de 2014, e no Parecer 286/2015¹³, 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 novembro de 2016 são apresentados e contextualizados para cada uma das vias no **Anexo 11.4.1 - 10**.

Os resultados obtidos nos pontos próximos às vias de acesso e linhas de transmissão mostram que a qualidade da água nos igarapés analisados sofre interferências de contribuições difusas em cada ponto, e resultados em não conformidade com a legislação específica podem ser causados por fatores independentes às atividades inerentes à obra.

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, CCBM e demais empresas executoras (entre o presente Projeto: PBA 11.4.1 e o PBA 3.1: Programa de Controle Ambiental Intrínseco – 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 serão apresentados integralmente somente no âmbito do Programa de Controle Ambiental Intrínseco, item 3.1 do presente Relatório Consolidado.

11.4.1.2.6. MONITORAMENTO NICTEMERAL DA QUALIDADE DA ÁGUA

¹¹Instituto 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.

¹²Instituto 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.

¹³Instituto 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.

No período entre 27 de junho e 8 de agosto de 2016, foram realizadas medidas de variação nictemeral com uso de sonda multi-paramétrica em pontos localizados em todas as áreas de monitoramento da UHE Belo Monte, como parte do Projeto de Monitoramento e de Qualidade da Água vigente. As seguintes variáveis de qualidade da água foram medidas: temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, profundidade, pH, potencial redox, turbidez, clorofila-a, saturação de oxigênio e oxigênio dissolvido. As medições foram realizadas com uma sonda multi-paramétrica marca YSI, modelo 6.600. Nos pontos localizados nos reservatórios, as medições foram realizadas ao longo da coluna de água.

Paralelamente às medidas de qualidade da água, foram realizadas medidas de radiação solar utilizando-se um Quanta-meter marca Li-Cor, modelo LI-93 (sensor esférico subaquático).

No **Anexo 11.4.1 - 12** estão apresentados os resultados das medidas de variação nictemeral realizadas nos pontos monitorados no período entre final de junho a início de agosto de 2016.

De uma forma geral, houve pouca alteração das variáveis de qualidade da água ao longo do ciclo diurno em todos os pontos monitorados, muito em função da dinâmica dos cursos de água, em geral, com elevada vazão durante o período monitorado.

11.4.1.2.7. CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO

A seguir apresenta-se 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 29 de março de 2016 a 11 de janeiro de 2017. Tais informações oferecem um diagnóstico da evolução da qualidade da água dos reservatórios e dos igarapés inundados após a formação dos reservatórios. No **Anexo 11.4.1-11** do presente relatório estão apresentadas de forma detalhada as informações 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 o Plano de Enchimento dos Reservatórios (PER), encaminhado ao IBAMA através da CE 0216/2016 - DS.

11.4.1.2.7.1. METODOS

Em campo, foram determinadas 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).¹⁴

Em relação aos igarapés de Altamira (Painéis, Altamira e Ambé), o prefixo “M” na nomenclatura dos pontos corresponde àqueles localizados na porção a montante da área urbana, sendo que o prefixo “02” corresponde aos pontos localizados na área urbana de maior interferência, e o prefixo “J” corresponde aos pontos localizados junto à foz dos igarapés.

As informações dos pontos monitorados na fase de pós-enchimento se encontram mais detalhadas no **Anexo 11.4.1 - 11**.

Quadro 11.4.1 - 20 – 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 janeiro de 2017

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					M E	M S
RX02	RX	Rio Xingu	Próximo à foz do igarapé Painéis	PERFIL	364825	9642028
PAN M	RX	Igarapé Painéis	Montante do igarapé Painéis	SUPERFÍCIE	361607	9642323
PAN02	RX	Igarapé Painéis	Próximo à ponte da Av. Tancredo Neves, na cidade de Altamira	SUPERFÍCIE	362526	9642194
PAN J	RX	Igarapé Painéis	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
PALHAL (RXN5)	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita do RX, distante cerca de 13 Km a montante do barramento do Pimental	PERFIL	383111	9627961
PALHAL 02	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita do RX, distante cerca de 15,5 Km a montante do barramento do Pimental.	PERFIL	380755	9628659

¹⁴APHA-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
BASTIÃO	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita do RX, no igarapé Bastião, distante cerca de 10,0 Km a montante do barramento do Pimental.	PERFIL	389521	9224322
IDM	RX	Rio Xingu	Ponto localizado em braço formado na Margem Esquerda do RX, área do antigo Igarapé Di Maria, distante cerca de 4,3 Km a montante do barramento do Pimental.	PERFIL	397174	9624564
RX03	RX	Rio Xingu	Próximo ao eixo da Barragem Principal	PERFIL	393609	9621881
ENTRADA DO CANAL DE DERIVAÇÃO	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na entrada do Canal de Derivação	PERFIL	394285	9627386
CANAL (TRAV.27)	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado no canal de derivação do RI, em baixo da ponto do travessão 27.	PERFIL	400568	9635447
CN01	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Paquiçamba a cerca de 20 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	407520	9634361
CN 02	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca a cerca de 18 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	405444	9639323
CN 03	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Paquiçamba, a cerca de 24 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	409457	9630746
CN 04	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca, a cerca de 16,3 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	415044	9637589
CN 05	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cajueiro, a cerca de 15,3 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	418153	9639199
CN 06	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cobal a cerca de 7,3 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	415737	9645370
CN 07	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Aturiá a cerca de 5,0 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	413266	9648500
CN 08	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Aturiá, a cerca de 8,5 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	410077	9647884
RI N1	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cobal a cerca de 11 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	413230	9643317
RI N2	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca, a cerca de 15,5 Km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	411702	9639175
CN09	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção central da barragem do RI	PERFIL	413776	9653380

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					ME	MS
CN09-B	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção a esquerda da barragem do RI	PERFIL	413586	9653963
CN09-C	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado a 1,6 Km a montante do barramento de Belo Monte, na Bacia do Santo Antonio	PERFIL	413202	9652558
CANAL DE FUGA-M	CF	Canal de Fuga	Junto à barragem do RI	PERFIL	455804	9654391
CANAL DE FUGA-J	CF	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

11.4.1.2.7.2. RESULTADOS

11.4.1.2.7.2.A. 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 (formados em alguns igarapés) do Reservatório do Xingu. Tais ocorrências podem ser melhor observadas nos gráficos de isolinhas apresentadas no 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 nesse período, sendo que em novembro de 2016 (ponto PALHAL) e dezembro (PALHAL 2), toda a coluna de água apresentou concentrações de OD em conformidade com a legislação, assim permanecendo até janeiro de 2017. No caso dos pontos BASTIÃO e IDM, as inconformidades ocorreram em um período muito curto, com melhora na qualidade da água ao longo do referido ciclo hidrológico durante a após enchimento do RX e assim permanecendo até janeiro de 2017.

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 progressiva à 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 o cenário observado.

Os demais pontos monitorados no corpo principal do Reservatório do Xingu, tais como RX 02, RX 18, RX 24 e RX 03 apresentaram concentrações das variáveis de qualidade da água sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação.

11.4.1.2.7.2.B. IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Nos pontos localizados no igarapé Pannels, 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 e eventualmente no ponto PAN-02 para turbidez. 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, 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 são resultantes das características naturais do igarapé, com águas predominantemente ácidas.

Já em relação à concentração de oxigênio dissolvido, inconformidades foram observadas no ponto ALT 02, possivelmente resultante da influência do aporte orgânico proveniente

da área urbana de Altamira durante os períodos de grande precipitação como abril e novembro e no período de estiagem (julho, agosto e outubro) pela pouca profundidade do igarapé. O valor de *E. coli* em não conformidade com a legislação foi também verificada no mesmo ponto no início de abril de 2016, o que corrobora a hipótese de influência da bacia no período chuvoso.

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, o que demonstra que esse igarapé não interfere de forma negativa na qualidade da água do Reservatório do Xingu. As inúmeras intervenções realizadas no curso do igarapé Altamira, tais como remoção de palafitas, supressão da vegetação, dragagem do leito, captação de grande parte 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 igarapé.

De forma semelhante aos igarapés Panelas e Altamira, as inconformidades observadas em relação aos valores limites estabelecidos pela legislação para o pH 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 do igarapé, 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, foi observada apenas uma inconformidade em maio e quatro em agosto de 2016, esta última provavelmente devido à pouca vazão do igarapé devido a estiagem. Todas as demais variáveis de qualidade da água, incluindo *E. coli*, DBO e fósforo total se mantiveram em conformidade com a legislação nesse ponto, 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.

11.4.1.2.7.2.C. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Pontos CN09, CN09-B e CN09-C

Inconformidades em relação à legislação foram observadas para a variável concentração de oxigênio dissolvido nos três 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 – 14, 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 de abril a mediados de agosto de 2016 e de outubro a dezembro, sendo que no mês de janeiro a coluna de água se encontra mais homogênea. Nos pontos de coleta CN09 e CN09-B verifica-se que, nos meses de junho e julho 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. O mesmo ocorre nos meses de outubro a dezembro, sendo que as menores concentrações foram observadas no mês de setembro quando a coluna de água apresentou valores em não conformidade a partir da superfície ou abaixo de 5 metros de profundidade, dependendo do dia de amostragem.

Este déficit de oxigênio se corresponde com uma coluna da água mais homogênea termicamente falando o que está relacionado com a baixa circulação das massas de água no reservatório, fato que favorece o consumo de oxigênio nas camadas mais profundas pela oxidação da matéria orgânica.

No mês de janeiro, na época de chuvas, com as unidades geradoras novamente em funcionamento, se observa a formação de uma coluna de água homogênea e oxigenada, mesmo que os valores estejam abaixo dos valores recomendados pela legislação não se evidencia anoxia.

Após a observação do comportamento das variáveis físicas e químicas durante um ciclo hidrológico completo, nos pontos CN09, CN09-B e CN09-C pode-se concluir que o processo de estabilização do Reservatório Intermediário está fortemente influenciado pela sazonalidade e pela operação das unidades geradoras da usina Belo Monte.

Pontos CN02, CN04 e RIN2

No Quadro – 6 estão apresentados os dados das variáveis de qualidade da água obtidos nos pontos CN02, CN04 e RIN2, localizados no Reservatório Intermediário, na bacia do Igarapé Ticaruca, e monitorados semanalmente desde o mês de agosto.

Inconformidades em relação à legislação de referência (CONAMA 357 para águas Classe 2), foram observadas para a variável concentração de oxigênio dissolvido nos três pontos de monitoramento.

No ponto CN02 houveram inconformidades em relação ao oxigênio dissolvido a partir dos 6 metros de profundidade da coluna da água no mês de agosto, dos 3 metros em setembro e em outubro houve uma melhora sendo que o déficit foi observado somente a partir dos 9 metros de profundidade. Esses meses foram os da estação seca quando houve a maior restrição de circulação das massas de água no reservatório. Porém, foi observado déficit de oxigênio nos meses de novembro e dezembro no fundo do reservatório. Já em janeiro a coluna de água se encontrava totalmente oxigenada indicando uma melhora na qualidade.

No ponto CN04, no mês de agosto, foram observadas inconformidades em relação ao oxigênio dissolvido a partir dos três metros de profundidade, sendo que a profundidade máxima no local foi de 28 m. Nos meses de setembro, outubro e novembro as condições

de oxigenação melhoram conseguindo atingir maiores profundidades. A coluna de água consegue ficar totalmente oxigenada em boas condições em dezembro, quando já começa o período de chuvas e promove a circulação das massas de água.

No ponto RIN2 houve inconformidades com a legislação de referência em relação ao oxigênio dissolvido a partir dos 8 metros de profundidade da coluna da água no mês de agosto, dos 8 e 10 metros em outubro e dos 15 metros em novembro onde houve uma melhora da qualidade da água. Nos meses de dezembro e janeiro a coluna de água se apresentou totalmente oxigenada com valores acima do permitido pela legislação em todas as profundidades.

11.4.1.2.7.2.D. CANAL DE FUGA

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 do Reservatório Intermediário. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido, verificadas principalmente nas camadas mais profundas desde os meses de abril até início de outubro de 2016 e após metade de novembro, 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, a qual é captada na barragem a uma profundidade de 70 m, sendo, portanto, correspondente a uma camada da coluna de água com deficiência de oxigênio dissolvido, fato esse já caracterizado no item referente ao RI.

Porém, a partir de agosto de 2016, verifica-se um aumento gradual da concentração de oxigênio dissolvido em ambos os pontos do Canal de Fuga, resultantes da parada das unidades geradoras da Usina Belo Monte, com o qual não circula água com déficit de oxigênio proveniente do reservatório para o Canal de Fuga, bem como, das intervenções realizadas no local, com a utilização de aeradores em vários pontos no Canal de Fuga. Em novembro de 2016, com o retorno ao funcionamento das unidades geradoras, a água do Canal de Fuga passa a se misturar com a água turbinada do Reservatório Intermediário, a qual apresenta déficit de oxigênio e transfere esta característica para todo o Canal.

Verifica-se que, apesar das baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas na maioria dos meses monitorados no Canal de Fuga, as concentrações observadas nos pontos localizados à 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 do Reservatório Intermediário no Rio Xingu a jusante deste, dada à excelente qualidade da água observada nos pontos monitorados.

11.4.1.2.7.2.E. TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Nos pontos localizados no Trecho de Restituição de Vazão, (RX 07, PTRV01, PTRV02 e PTRV03), verifica-se que as concentrações de oxigênio dissolvido, bem como das demais variáveis de qualidade da água, sempre estiveram em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação. Tais resultados não evidenciam impactos da água proveniente do Canal de Fuga do Reservatório Intermediário no Rio Xingu a jusante deste, dada à excelente qualidade da água observada nos pontos monitorados.

11.4.1.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO

O quadro de atendimento aos objetivos do projeto é apresentado na sequência.

11.4.1 - ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

OBJETIVOS GERAIS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>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.</p>	<p>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).</p>	<p>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.</p>
	<p>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.</p>	<p>Tais avaliações estão sendo executadas durante as fases de enchimento e operação, conforme previsto no projeto.</p>
	<p>Determinar o perfil vertical de variáveis limnológicas durante as etapas de Enchimento e Operação dos reservatórios.</p>	<p>As determinações de perfis das variáveis limnológicas após o início das fases de enchimento e operação, conforme previsto no projeto.</p>
	<p>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.</p>	<p>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.</p>
	<p>Classificar a qualidade da água na área de influência do empreendimento, durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação da UHE Belo Monte.</p>	<p>Classificação da qualidade da água continuará durante as fases de enchimento e operação conforme previsto no projeto.</p>
	<p>Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água dos corpos de água e adoção de medidas mitigadoras quando necessário.</p>	<p>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.</p>
	<p>Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água e das comunidades biológicas, decorrentes das transformações ambientais, durante as diferentes fases do empreendimento.</p>	<p>Diagnósticos e prognósticos estão sendo realizados conforme previsto no projeto.</p>
	<p>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.</p>	<p>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.</p>

11.4.1.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO

O quadro de atendimento às metas do projeto é apresentado na sequência.

11.4.1 - ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

META	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
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;	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 na etapa de operação.
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);	A execução do monitoramento mensal no ponto RX 03 está em andamento, e as atividades vêm sendo executadas conforme previsto no projeto.
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;	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.
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;	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.
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;	Coletas nictemeraias em cada compartimento da UHE Belo Monte foram realizadas na etapa de operação.
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;	Medidas da variação vertical das variáveis físicas e químicas da qualidade da água já estão sendo realizadas.
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.	A comparação entre Classe 1 e 2 foi concluída no 7RC. Os dados obtidos até o momento no monitoramento são comparados aos padrões estabelecidos pela legislação (atualizada), conforme previsto no projeto para a Classe 2.
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.	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.
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.	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.

META	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.
- Promover interface com o Plano Ambiental de Construção, e os Projetos de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2), de Monitoramento da Ictiofauna (13.3.4), de Conservação da Fauna Aquática (13.4), Plano de Saúde Pública (PBA 8), de Interação Social e Comunicação (PBA 7.2), de Educação Ambiental (PBA 7.3) e de Modelagem Matemática da Qualidade da Água.

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.

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 10º Relatório Consolidado, datado de janeiro de 2016.

11.4.1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Projeto 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) ciclos hidrológicos completos na região, de dezembro de 2011 a dezembro de 2016.

Informa-se que os resultados das 21 campanhas trimestrais realizadas, até o presente momento do Projeto 11.4.1, 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. É importante destacar que, com o acréscimo de dados e resultados que estão sendo obtidos na continuidade do monitoramento da qualidade da água (campanhas trimestrais), foram realizadas análises mais acuradas e detalhadas das possíveis alterações ocorridas nas diferentes áreas de monitoramento, em função da formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, fato este que está 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, em sua maioria, 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 da malha amostrada trimestralmente, 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 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 praticamente concluídas), indicando que tal impacto

tiveram característica temporária e pontual, condição já registradas em relatórios anteriores. Além desses a retirada das palafitas e limpeza e desinfecção de áreas, incluindo a retificação dos igarapés na área urbana de Altamira, produziram melhoras sensíveis na qualidade da água dos referidos igarapés. 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.

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 campanhas de monitoramento limnológico e de qualidade da água superficial estão sendo 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.

Por fim, ressalta-se que, a partir de março de 2016, após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, pontos adicionais com maior frequência de amostragem que o PBA contempla foram incluídos no monitoramento visando o atendimento das demandas específicas do IBAMA, assim como para possibilitar o desenvolvimento de outros programas do PBA, como por exemplo, o Projeto de Resgate e Salvamento da Ictiofanuna (PBA 13.3.2).

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 laboratório	Engenheiro	CREA: 5069060871	311418
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 (IMPRESSO)

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 (IMPRESSO)

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

Anexo 11.4.1 - 12 – Medidas de Variação Nictemeral – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte