

SUMÁRIO - 11.3.2 PROJETO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	11.3.2-1
11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	11.3.2-1
11.3.2. PROJETO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	11.3.2-1
11.3.2.1. INTRODUÇÃO	11.3.2-1
11.3.2.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.3.2-3
11.3.2.2.1. DIAGRAMAS DE <i>PIPER</i>	11.3.2-6
11.3.2.2.2. VALORES DE NITRATO, NITRITO, AMÔNIA, pH, SÓDIO, POTÁSSIO, CÁLCIO E TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS (TDS)	11.3.2-61
11.3.2.2.3. ESPACIALIZAÇÃO DE VARIAÇÕES DE VALORES DE FERRO, CLORETO, AMÔNIA, NITRATO, CHUMBO, pH E COLIFORMES FECAIS NA ÁREA URBANA DE ALTAMIRA	11.3.2-107
11.3.2.2.4. MONITORAMENTO PARTICIPATIVO	11.3.2-136
11.3.2.2.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	11.3.2-138
11.3.2.2.6. ANÁLISES REALIZADAS EM AMOSTRAS COLETADAS NOS BAIROS JARDIM INDEPENDENTE I E II, EM PONTOS ADICIONAIS – PÓS ENCHIMENTO	11.3.2-153
11.3.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO	11.3.2-157
11.3.2.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO.....	11.3.2-159
11.3.2.5. ATIVIDADES PREVISTAS	11.3.2-162
11.3.2.6. ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	11.3.2-162
11.3.2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.3.2-164
11.3.2.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.3.2-166
11.3.2.9. ANEXOS	11.3.2-167

PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

11.3.2. PROJETO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

11.3.2.1. INTRODUÇÃO

De acordo com os estudos de Análise de Impactos do EIA/RIMA¹ da UHE Belo (Volume 11), na região de Altamira a água do aquífero raso constituído por aluvião já se encontrava contaminada antes de qualquer intervenção. Os agentes poluidores mais significativos, de acordo com registros dos estudos ambientais preliminares, eram o lançamento de efluentes domésticos nos igarapés, a existência de fossas e a disposição de resíduos sólidos de forma inadequada, dadas às elevadas demandas bioquímica e química de oxigênio, e dos elevados valores de coliformes totais e fecais. Os resultados das análises do monitoramento da qualidade da água mostraram uma variação significativa de certas substâncias (ex.: nitrato, amônia, sódio, cloreto, dentre outras), provavelmente associada à contaminação do entorno (considerando-se que, de maneira geral, as águas analisadas eram provenientes de poços rasos). Nos estudos iniciais acima referidos, não foi encontrada relação direta entre os resultados de qualidade e o nível de água dos poços.

Ainda segundo o EIA/RIMA² (Volume 31), a necessidade de implantação deste Projeto foi estabelecida devido à possível alteração da movimentação das águas subterrâneas com a formação dos reservatórios, provocando a elevação dos níveis freáticos/cargas hidráulicas e, conseqüentemente, acréscimo da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação. Assim sendo, o principal objetivo deste Projeto é acompanhar possíveis alterações na qualidade da água subterrânea decorrentes da formação dos reservatórios, priorizando a área urbana de Altamira, incluindo o perímetro da área do antigo Lixão de Altamira, o trecho a jusante do Sítio Pimental, o entorno dos Reservatórios Xingu e Intermediário, além das localidades de Belo Monte (Município de Vitória do Xingu) e de Belo Monte do Pontal (Município de Anapu).

A previsão de conclusão deste Projeto estava estabelecida para o segundo trimestre de 2017, conforme cronograma consolidado no próprio PBA 11.3.2. Esta premissa foi

¹Leme Engenharia. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte - Diagnóstico das Áreas Diretamente Afetadas e de Influência Direta - Meio Físico - Volume 11. 2009.

² Leme Engenharia. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte - Avaliação de Impactos e Prognóstico Global - PARTE 3 - Volume 31. 2009.

informada pela Norte Energia ao IBAMA por meio da correspondência CE 0709/2017-SSI (02/10/2018 – número SEI 0906166), sendo que seus resultados consolidados seriam apresentados no âmbito do 13º Relatório Consolidado (RC) de Andamento do Projeto Básico Ambiental (PBA) e Atendimento de Condicionantes, que representaria, assim, o relatório final de suas atividades.

Entretanto, o IBAMA, por meio do Ofício nº 04/2018/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA (parecer de análise dos 11º e 12º RCs), datado de 22/12/2017, discordando dessa premissa, recomendou a continuidade do PBA 11.3.2 por pelo menos mais um ano. As justificativas apresentadas pelo IBAMA para a necessidade de continuidade do presente PBA 11.3.2 se embasaram nas discussões técnicas que estavam ocorrendo associadas à qualidade da água subterrânea na área urbana de Altamira e também pelo fato de o Reservatório Xingu ter sido formado um ano após o previsto no cronograma original do empreendimento.

No 15º RC, protocolado em fevereiro de 2019, após a inserção e integração dos dados levantados em 2018, considerando-se o contexto do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas realizado anteriormente, concluiu-se que os resultados obtidos são suficientemente robustos e consolidados para atendimento dos objetivos e metas previstos para o PBA 11.3.2; sendo sugerida a finalização do PBA 11.3.2.

Porém, o IBAMA, por meio do Parecer Técnico nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC (atualização da análise dos 13º, 14º e 15º RCs, de 06/05/2019), entende que só será possível analisar a associação do rebaixamento do nível freático (NF) ao estabelecimento do novo regime de vazões no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) devido à operação da UHE Belo Monte, e da elevação do NF no entorno do Reservatório Xingu (em especial na área urbana de Altamira), após todas as unidades geradoras (UGs) estarem em pleno funcionamento e o hidrograma de consenso testado e caracterizado ao menos um ano com regime de chuvas similar à média histórica. Portanto, indeferiu o encerramento do Programa 11.3 como um todo e solicitou esclarecimentos, maiores detalhes e complementos referentes à análise deste Projeto 11.3.2, que serão contempladas no âmbito deste 16ºRC. E por fim, sugere que o monitoramento seja continuado em frequência trimestral até avaliação final da implantação do Hidrograma (6 anos após o início da operação em plena carga da UHE-BM) quando o órgão reavaliará os resultados e emitirá o parecer final.

Nesse contexto, este 16º RC apresenta a continuidade das atividades executadas ao longo do primeiro semestre de 2019, ressaltando-se que o cronograma do PBA 11.3.1 foi ampliado até janeiro de 2026, em cumprimento ao recomendado no PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775.

Além disso, cabe destacar que, no âmbito dos aspectos metodológicos, este Projeto assumiu, a partir da última campanha, um viés participativo que considera a interação entre diferentes agentes sociais, tais como gestores, pesquisadores, colaboradores e comunitários, sendo um processo construído a partir do nível local incorporando as visões e os saberes, tanto locais quanto acadêmicos, por meio da utilização de

métodos de coleta, análise e avaliação que visam fortalecer o protagonismo social na gestão e no uso sustentável dos recursos naturais.

Assim, para a execução do monitoramento participativo do presente Projeto, foram envolvidos membros das comunidades da área de abrangência do empreendimento, sendo esses selecionados/indicados pelas próprias comunidades, considerando sua responsabilidade, capacidade e compromisso.

Nesse sentido, tem-se buscado o envolvimento comunitário em todos os aspectos das iniciativas de monitoramento por meio da realização de encontros comunitários regulares para disseminar, revisar e validar a informação produzida, visando dar transparência e confiança ao processo de geração e uso das informações.

Assim, a qualidade de dados deverá ser assegurada através de diversos mecanismos, incluindo a orientação/treinamento continuada dos envolvidos na coleta de dados, o controle da qualidade dos dados realizados por pesquisadores e comunidades, o efetivo envolvimento comunitário nas diversas fases do monitoramento e o entendimento coletivo e o acompanhamento das informações pela comunidade. Adicionalmente, dever-se-á assegurar o retorno das informações e resultados para as comunidades.

O conhecimento local, tradicional e indígena produzido e usado no monitoramento participativo deve ser sistematizado e disponibilizado em consenso com os detentores do conhecimento.

11.3.2.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Os **Anexos 11.3.2 - 1 a 11.3.2 – 4** apresentam a metodologia utilizada e a localização da rede de monitoramento estabelecida para o PBA 11.3.2 para cada região monitorada.

A rede de monitoramento deste Projeto é composta por cacimbas/poços escavados, poços tubulares cadastrados e poços de monitoramento instalados especificamente para este Programa.

A execução deste Projeto foi iniciada em 2012. Em quase sete anos de execução alguns pontos de monitoramento foram danificados/depredados/inutilizados, sendo, portanto necessária a substituição dos mesmos, buscando-se, sempre que possível, substituir por ponto o mais próximo do danificado/inutilizado. O **Quadro 11.3.2 – 1**, apresenta a rede de monitoramento atual deste Projeto, com o código atribuído a cada um deles, as coordenadas UTM (SAD69-F22S) e a correlação com a malha sugerida pelo PBA, quando for o caso.

Quadro 11.3.2 - 1 – Rede de monitoramento para coleta e análise da qualidade das águas subterrâneas no PBA 11.3.2 da UHE Belo Monte

PONTO MONITORADO		TIPO	COORDENADAS		CORRELAÇÃO COM A MALHA SUGERIDA NO PBA
			X	Y	
1	ALT_C2	Cacimba/poço escavado	364820	9644448	PR57
2	ALT_C6	Cacimba/poço escavado	362373	9642955	PR04
3	ALT_C19	Cacimba/poço escavado	365670	9646605	PR47
4	ALT_C25	Cacimba/poço escavado	366141	9646304	PR40
5	ALT_C26	Cacimba/poço escavado	365625	9646390	
6	ALT_PT4	Poço tubular/raso	362816	9646822	PT23
7	ALT_PT7	Poço tubular/raso	363734	9644462	PR52
8	ALT_PT10	Poço tubular/raso	366942	9648488	PR29
9	ALT_PT29	Poço tubular/raso	368661	9648443	PT05
10	ALT-PTR	Poço tubular/raso	363717	9646534	
11	PZ-ALT1	Poço instalado pela Executora	365703	9647576	
12	PZ-ALT2A	Poço instalado pela Executora	366332	9646023	
13	PZ-ALT3A	Poço instalado pela Executora	366809	9644550	PZ7
14	PZ_ALT4	Poço instalado pela Executora	365546	9646699	PZ8
15	PZ_ALT7	Poço instalado pela Executora	364914	9645310	PZ12
16	PZ_ALT8	Poço instalado pela Executora	364755	9645799	PZ13
17	PZ_ALT9	Poço instalado pela Executora	366074	9645613	PZ15
18	PZ_ALT11	Poço instalado pela Executora	365886	9645402	PZ17
19	PZ_ALT12	Poço instalado pela Executora	367438	9647250	PZ18
20	PZ_ALT13	Poço instalado pela Executora	364607	9644011	PZ19
21	PZ-ALT14A	Poço instalado pela Executora	364286	9643652	PZ20
22	PZ_ALT16	Poço instalado pela Executora	364037	9644450	PZ22
23	PZ_ALT17	Poço instalado pela Executora	363791	9645436	PZ23
24	PZ_ALT18	Poço instalado pela Executora	364474	9644707	PZ24
25	PZ_LX_ALT1	Poço instalado pela Executora	363091	9646968	
26	PZ_LX_ALT2	Poço instalado pela Executora	363046	9646904	
27	PZ_LX_ALT3	Poço instalado pela Executora	362609	9647004	
28	PZ_LX_ALT4	Poço instalado pela Executora	363000	9646847	
29	PZ_LX_ALT6	Poço instalado pela Executora	362889	9647025	
30	SP_C1	Cacimba/poço escavado	395981	9604881	
31	SP_C2	Cacimba/poço escavado	397367	9605771	PR02
32	SP_PT1	Poço tubular/raso	399210	9601131	
33	SP_PT2	Poço tubular/raso	397675	9603965	
34	BMP_C1	Cacimba/poço escavado	422497	9655642	
35	BMP_C2	Cacimba/poço escavado	422193	9655060	
36	BMP_C3	Cacimba/poço escavado	422499	9655628	
37	BMP_PT1	Poço tubular/raso	422171	9655010	
38	PZ_RX_2	Poço instalado pela Executora	358311	9621840	
39	PZ_RX_3	Poço instalado pela Executora	361237	9628258	
40	PZ_RX_4	Poço instalado pela Executora	364480	9639917	
41	PZ_RX_5	Poço instalado pela Executora	373231	9645182	

PUNTO MONITORADO	TIPO	COORDENADAS		CORRELAÇÃO COM A MALHA SUGERIDA NO PBA
		X	Y	
42	PZ_RX_9	Poço instalado pela Executora	387424	9636885
43	PZ_RX_10	Poço instalado pela Executora	400645	9621090
44	PZ_RAPELD*	Poço instalado pela Executora	413660	9640475
45	PZ_RI_1	Poço instalado pela Executora	408985	9630025
46	PZ_RI_2	Poço instalado pela Executora	406724	9644779
47	PZ_RI_3	Poço instalado pela Executora	404043	9636322
48	PZ_RI_6	Poço instalado pela Executora	411625	9650373
49	PZ_RI_7	Poço instalado pela Executora	422695	9655291
50	PZ_RI_8	Poço instalado pela Executora	422222	9654323
51	TVR_6	Cacimba/poço escavado	424883	9615808
52	TVR_7	Cacimba/poço escavado	416711	9626057

* poço seco, quando instalado foi atingido nível d'água, porém se apresentou seco em todas as demais campanhas.

Conforme demanda do Parecer Técnico (PT) do IBAMA 02001.003521/2016-18, foram adicionados à rede de monitoramento do presente Projeto dois poços tubulares (PT), localizados no bairro Jardim Independente I, e uma cacimba/poço escavado (C) no bairro Jardim Independente II (**Quadro 11.3.1 - 2**). As amostras são coletadas nos poços e cacimbas existentes nas residências dos moradores.

Quadro 11.3.2 - 2 – Pontos adicionados à rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

PUNTO	ENDEREÇO	PROF. (m)	COORDENADAS UTM (SIRGAS 2000 FUSO 22S)	
			X	Y
J1-PT1	Rua Ademétrio Albucaater, 1313	23	363731,461	9644230,592
J1-PT2	Rua Passagem Severo de Souza, 3828	18	363711,469	9644203,178
J12-C1	Rua 1º de Maio, 3840	4,35	364371,523	9643789,662

Ressalta-se que alguns pontos foram adicionados à rede de monitoramento do PBA 11.3.2 para evidenciar a implantação de poços tubulares/rasos nas localidades do Garimpo do Galo (SP_PT2) e TVR (6 e 7), com a caracterização da qualidade da água obtida nos mesmos, para atendimento às demandas da comunidade.

Os resultados das análises de água são comparados aos valores estipulados pela Portaria de Consolidação (PRC) Nº 5/2017, Anexo XX vigente, quanto aos padrões de potabilidade da água e sua qualidade para o consumo humano, bem como com a Resolução CONAMA Nº 396/2008, “que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas” (conforme métodos apresentados no **Anexo 11.3.2 - 1**).

Semestralmente, o banco de dados deste Projeto é atualizado, sendo disponibilizado em formato digital. Nele são apresentados os resultados dos parâmetros medidos *in situ* (pH, temperatura, condutividade elétrica, total de sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido) e os resultados das análises laboratoriais das coletas trimestrais. Os parâmetros que apresentam valores fora do Valor Máximo de Referência (VMP) estipulado pela PRC N° 5/2017, Anexo XX, estão marcados com letras vermelhas no banco de dados.

Os laudos laboratoriais referentes às coletas realizadas no primeiro semestre de 2019 são apresentados nos **Anexos 11.3.2 - 4** (coleta trimestral 27) e **11.3.2 - 5** (coleta trimestral 28). Ressalta-se que em 2015 foi alterado o laboratório onde são feitas as análises. Anteriormente, as amostras eram encaminhadas para a Bioagri Ambiental e, a partir de janeiro/2015, as análises passaram a ser feitas pela AIIEGA. Em maio-junho/2018, o laboratório foi alterado novamente (sendo utilizados os laboratórios Magma Análises Ambientais e Visão Ambiental) e, em julho/2018, as análises voltaram a ser feitas pela AIIEGA. A AIIEGA faz as análises de nitrato, nitrito, amônia e qualquer outro elemento que deva ser analisado em até 24h na base de Altamira, sendo as amostras encaminhadas para o laboratório em São Paulo para análise de metais e demais parâmetros.

11.3.2.2.1. DIAGRAMAS DE *PIPER*

O diagrama de *Piper* mostra a classificação das amostras quanto a seus íons dominantes, plotando as proporções dos cátions principais (Ca^{2+} , Mg^{+2} , Na^{++} , K^{+}) e dos ânions principais (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2}) em dois diagramas triangulares respectivos e combinando as informações dos dois triângulos em um losango situado entre os mesmos (LUCENA *et al.* 2004)³. Os gráficos mostram as proporções relativas dos íons principais, mas não suas concentrações absolutas.

Este item apresenta as comparações dos diagramas de *Piper* elaborados com os resultados das análises realizadas nos períodos de enchente, cheia (2014 a 2019), vazante e seca (2014 a 2018). Os resultados foram separados em grupos para facilitar a visualização: rede Altamira (pontos monitorados na área urbana de Altamira), Volta Grande do Xingu - VGX (pontos monitorados na região do sítio Pimental, TVR, Trecho de Restituição de Vazão - TRV) e reservatórios (pontos monitorados no entorno dos Reservatórios Xingu e Intermediário).

³ LUCENA, L.F.R.; ROSA FILHO, E.F.; BITTENCOURT, A.V. L. 2004. Características Hidroquímicas do Aquífero Barreiras no Âmbito do Setor Oriental da Bacia do Rio Pirangi - RN. Revista Águas Subterrâneas. Curitiba - PR 18 (18): 29-38.

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Os diagramas de *Piper* dos poços e cacimbas/poços escavados monitorados nos períodos de enchente (coletas trimestrais 7, 11, 15, 19, 23 e 27) para a região (**Figuras 11.3.2 - 1 a 11.3.2 - 5**), mostram que a maior parte das amostras manteve a classificação. Isto indica que durante o enchimento do reservatório não houve significativa diluição dos elementos em função das águas de recarga ou das águas do rio que, por inversão de fluxo, alimentam os aquíferos freáticos.

Os momentos nos quais a água fica na classificação de água mista indicam que não há um cátion e ânion predominante. A possibilidade de recarga por inversão de fluxo é apenas esperada para as porções marginais do reservatório em que o nível freático pode sofrer maior elevação. Em alguns casos, a água passa de bicarbonatada sódica a cloretada sódica, sugerindo provável contaminação; em outros casos, a água passa de cálcica para sódica; o sódio é frequentemente atribuído a contaminações antrópicas, o que pode ocorrer em alguns poços pouco profundos e água residindo por pouco tempo no aquífero.

- ALT-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C6: cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C17: cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-C19: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C25: não coletada - não coletada - não coletada - não coletada - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C26: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT4: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada sódica;
- ALT-PT7: cloretada sódica - sulfatada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - água mista;
- ALT-PT9: cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada.

- ALT-PT10: sulfatada sódica - cloretada magnesiana - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT29: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - cloretada cálcica – água mista;
- ALT-PTR: não coletada - bicarbonatada cálcica - não coletada - bicarbonatada cálcica - sulfatada cálcica - sulfatada cálcica.
- PZ-ALT 1: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT 2: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica;
- PZ-ALT 2A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica;
- PZ-ALT 3A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica;
- PZ-ALT4: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada magnesiana - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista;
- PZ-ALT8: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada cálcica - água mista;
- PZ-ALT9: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - água mista;
- PZ-ALT11: bicarbonatada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada cálcica – sulfatada cálcica – sulfatada cálcica;
- PZ-ALT12: água mista - bicarbonatada cálcica - água mista - água mista – água mista – não coletada;
- PZ-ALT13: sulfatada sódica - cloretada sódica - sulfatada sódica - sulfatada sódica – cloretada magnesiana – bicarbonatada sódica;
- PZ-ALT14: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – não coletada;

- PZ-ALT 14A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede – água mista;
- PZ-ALT16: água mista - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica – cloretada sódica – água mista;
- PZ-ALT17: cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – cloretada sódica – não coletada;
- PZ-ALT18: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – cloretada sódica – cloretada sódica;
- PZ-LX-ALT1: não coletada - não coletada - não coletada - água mista – não coletada – cloretada cálcica;
- PZ-LX-ALT2: não coletada - não coletada - não coletada - não coletada – não coletada – cloretada sódica;
- PZ-LX-ALT3: sulfatada magnésiana - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica – cloretada magnésiana – água mista;
- PZ-LX-ALT6: água mista - água mista - cloretada sódica - cloretada cálcica - água mista - água mista.

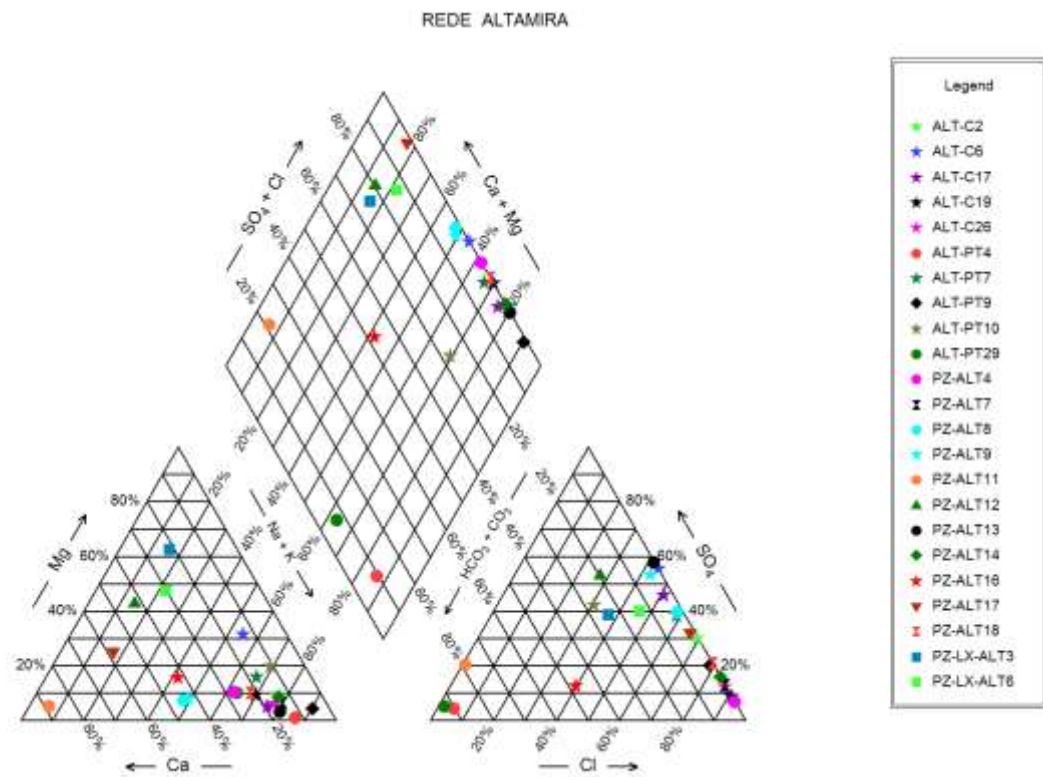


Figura 11.3.2 - 1 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

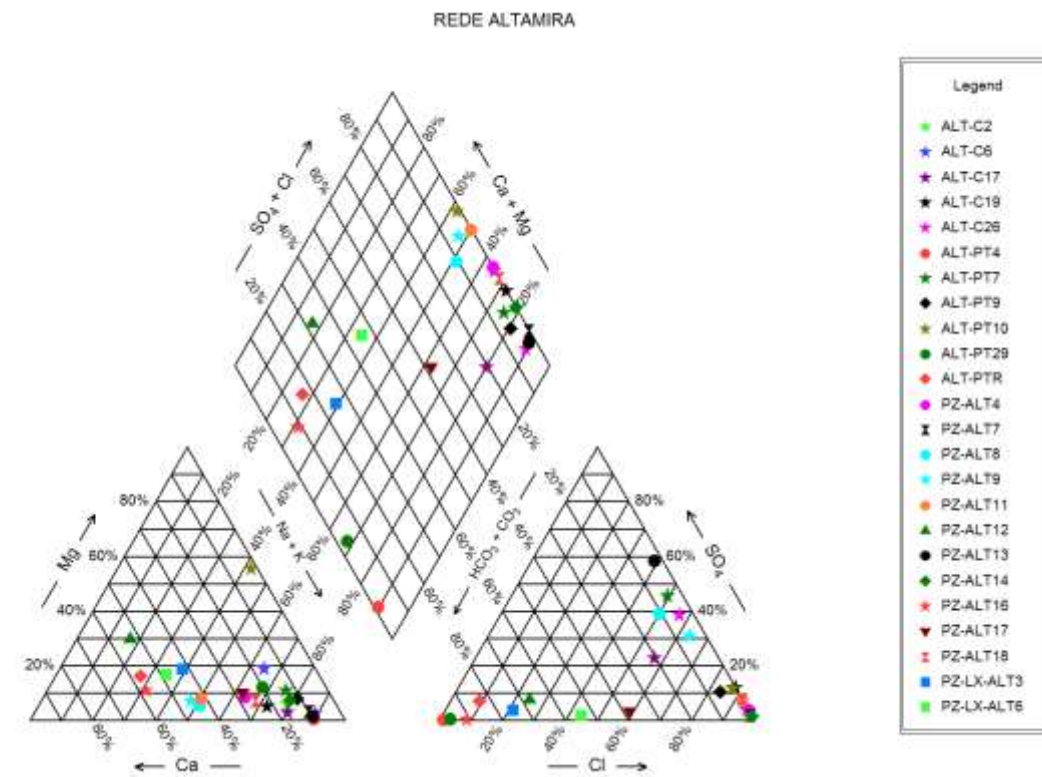


Figura 11.3.2 - 2 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

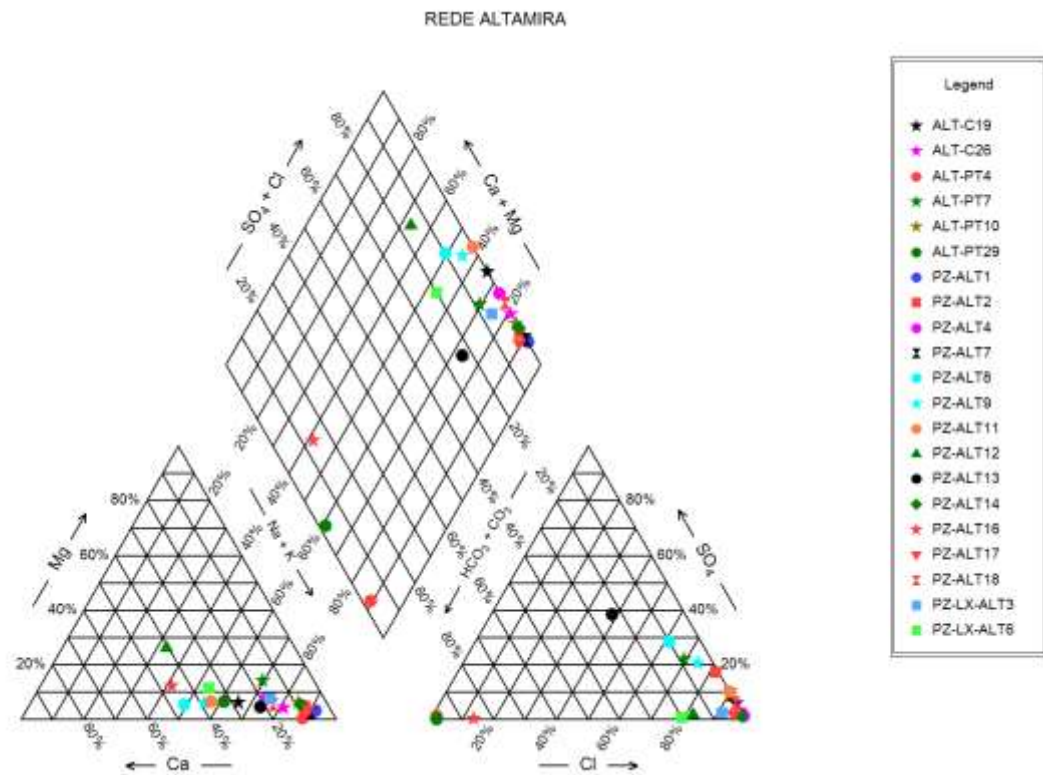


Figura 11.3.2 - 3 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

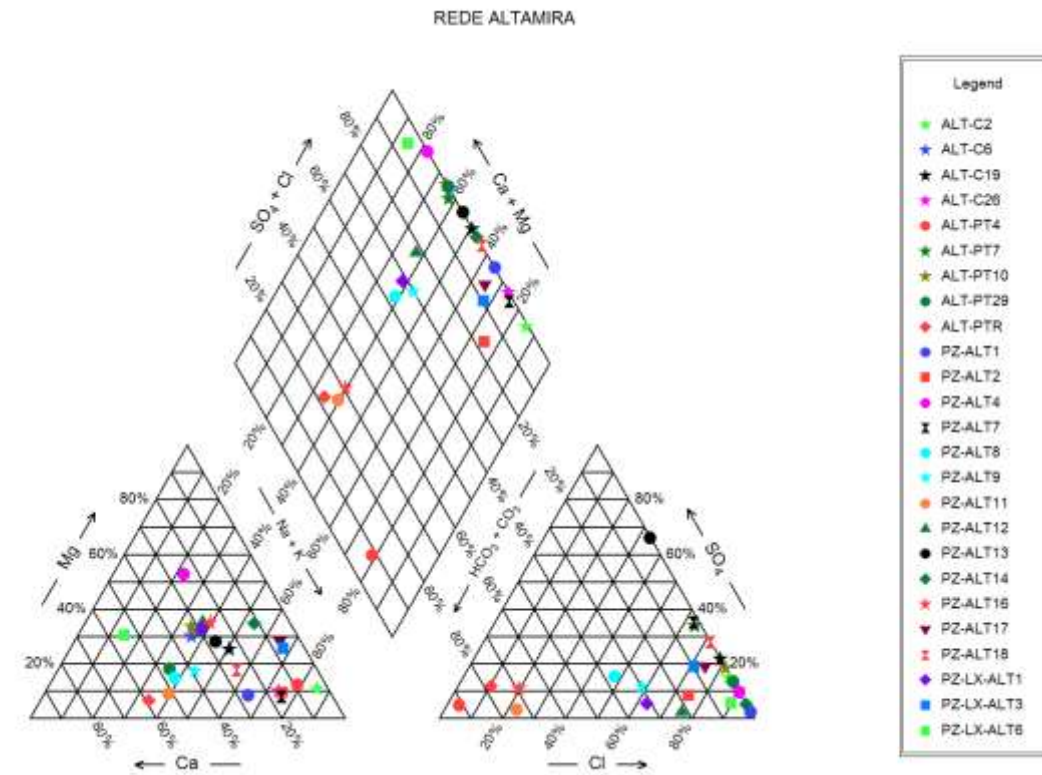


Figura 11.3.2 - 4 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

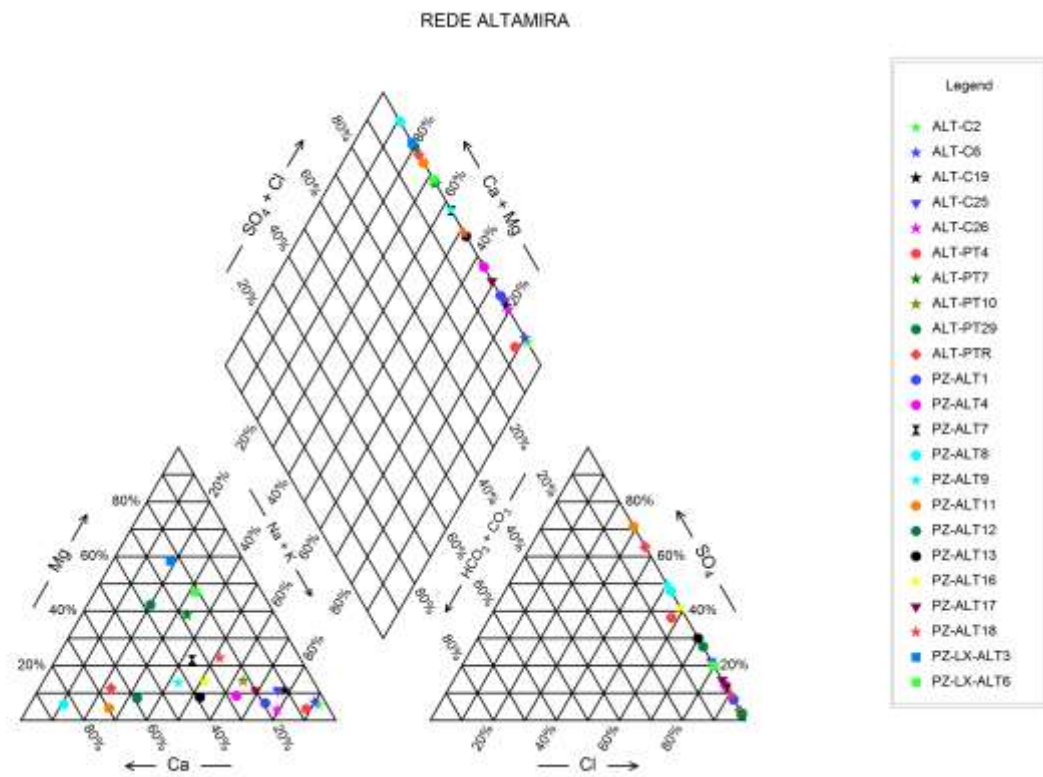


Figura 11.3.2 - 5 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

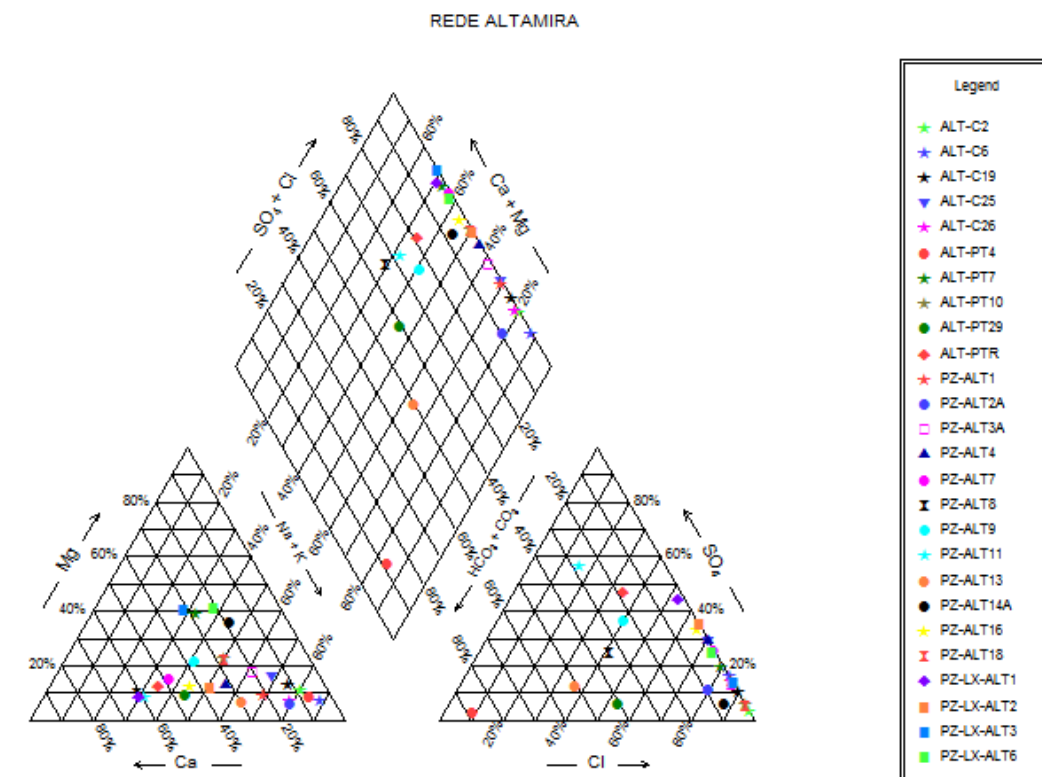


Figura 11.3.2 - 6 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 27 (Janeiro/2019).

As **Figuras 11.3.2 – 7 a 11.3.2 - 12** apresentam os diagramas para os períodos de cheia (coletas trimestrais 8, 12, 16, 20, 24 e 28).

- ALT-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – não coletada;
- ALT-C6: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada magnésiana - cloretada sódica;
- ALT-C17: cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-C19: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica;
- ALT-C26: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT4: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica – água mista;
- ALT-PT9: cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-PT10: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica – água mista;
- ALT-PT29: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica – água mista;
- ALT-PTR: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - sulfatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada cálcica;
- PZ-ALT 1: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT 2: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - água mista - água mista – não coletada;
- PZ-ALT 2A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica;

- PZ-ALT 3: sulfatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - bicarbonatada sódica – não coletada;
- PZ-ALT 3A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica;
- PZ-ALT4: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - água mista - bicarbonatada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT7: sulfatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - água mista;
- PZ-ALT8: sulfatada sódica - bicarbonatada cálcica - água mista - água mista - água mista – cloretada cálcica;
- PZ-ALT9: sulfatada sódica - água mista - água mista - água mista - sulfatada sódica – água mista;
- PZ-ALT11: água mista - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica – sulfatada sódica;
- PZ-ALT12: cloretada cálcica - cloretada cálcica - cloretada cálcica - água mista - não coletada – cloretada sódica;
- PZ-ALT13: sulfatada sódica - cloretada cálcica - sulfatada sódica - água mista - água mista – cloretada sódica;
- PZ-ALT14: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - não coletada – não coletada;
- PZ-ALT14A: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede – água mista;
- PZ-ALT16: água mista - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica - água mista;
- PZ-ALT17: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT18: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica;
- PZ-ALT20: não fazia parte da rede - sulfatada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;

- PZ-LX-ALT1: sulfatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica – água mista;
- PZ-LX-ALT2: não coletada - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - não coletada - não coletada;
- PZ-LX-ALT3: cloretada magnesiana - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica – bicarbonatada magnesiana – água mista;
- PZ-LX-ALT6: cloretada cálcica - bicarbonatada magnesiana - cloretada sódica - água mista - não coletada- cloretada magnesiana.

Durante os períodos de cheia monitorados, parte das amostras manteve a mesma classificação antes, durante e após o enchimento do Reservatório Xingu; em alguns casos, a água passa de bicarbonatada a cloretada, sugerindo provável contaminação (podendo ser indicador de descarga de esgoto doméstico, industrial e/ou de irrigação). Outra possível procedência do cloreto, junto ao sulfato, pode estar relacionada com a água da chuva, pois é uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica. Em outros casos, a água passa de cálcica para sódica; o sódio é frequentemente atribuído a contaminações antrópicas, o que pode ocorrer em poços pouco profundos e água residindo por pouco tempo no aquífero.

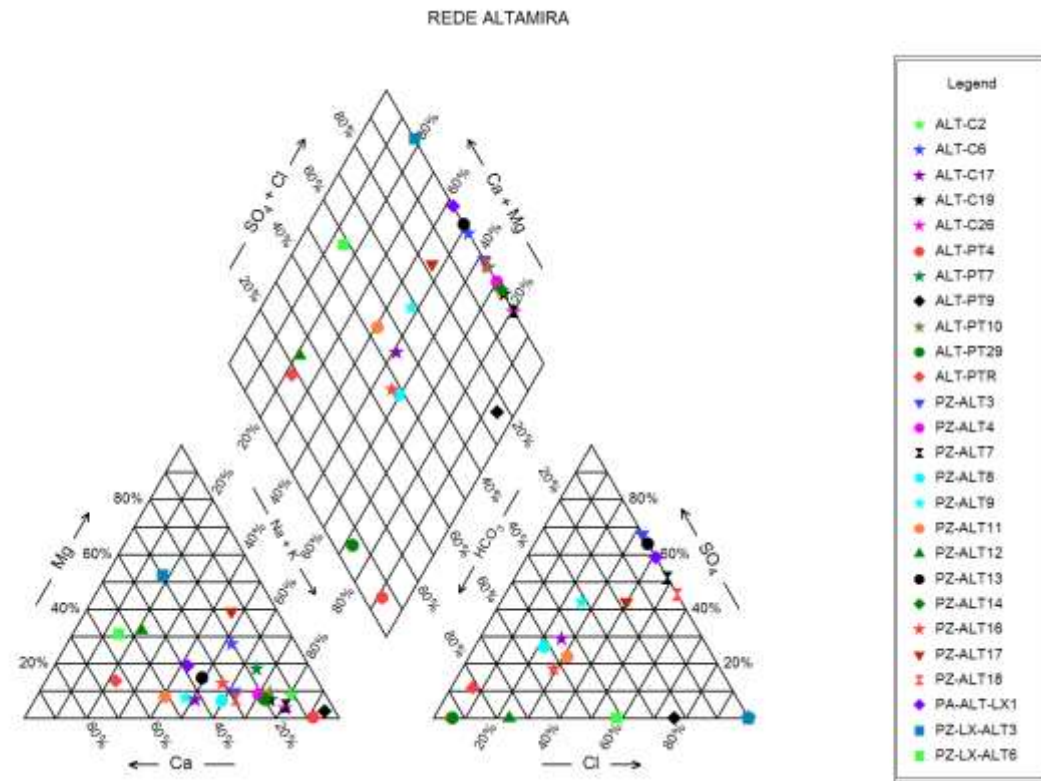


Figura 11.3.2 - 7 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

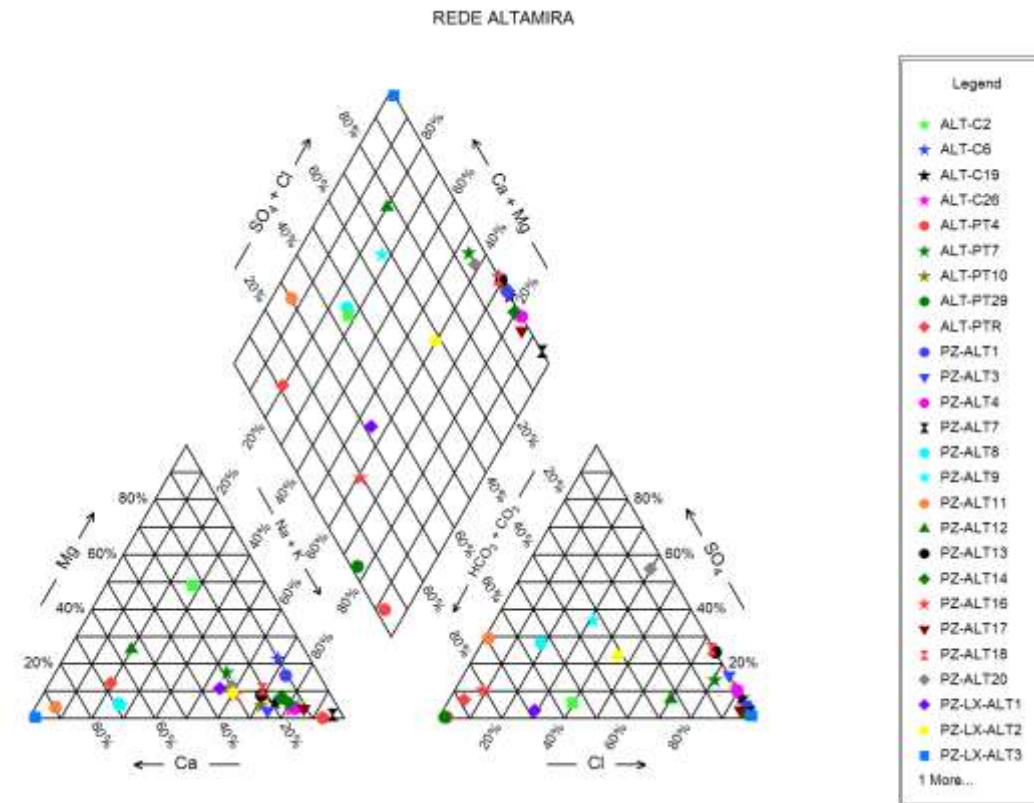


Figura 11.3.2 - 8 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

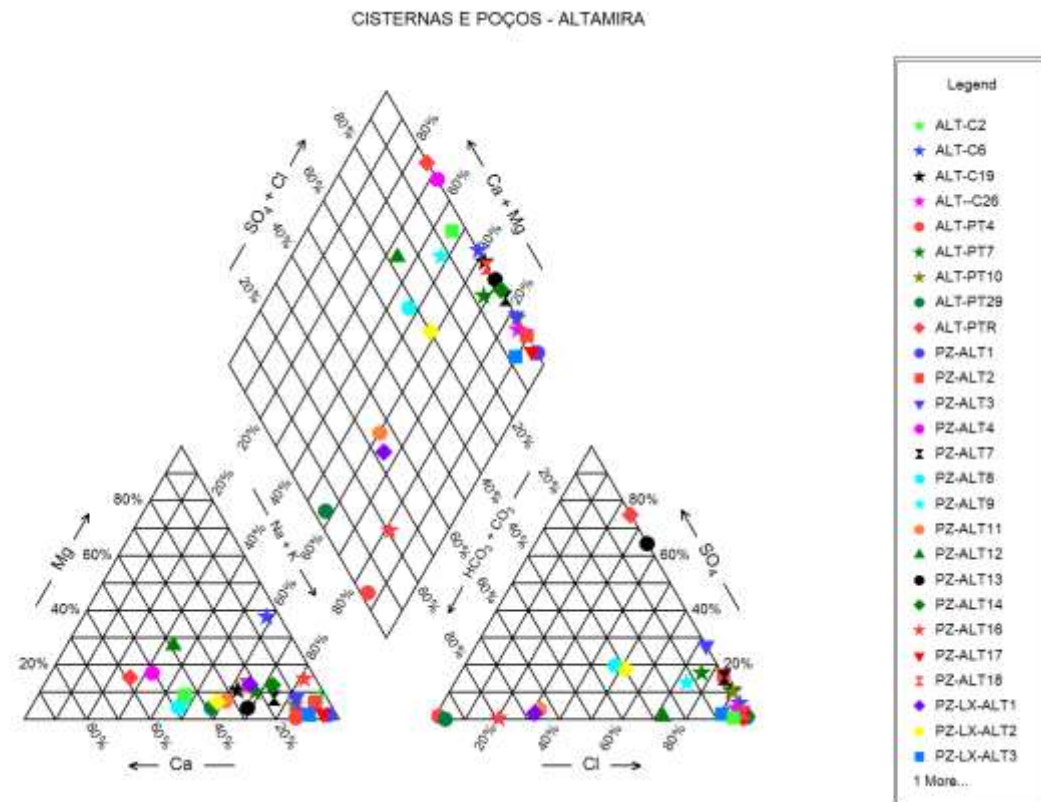


Figura 11.3.2 - 9 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

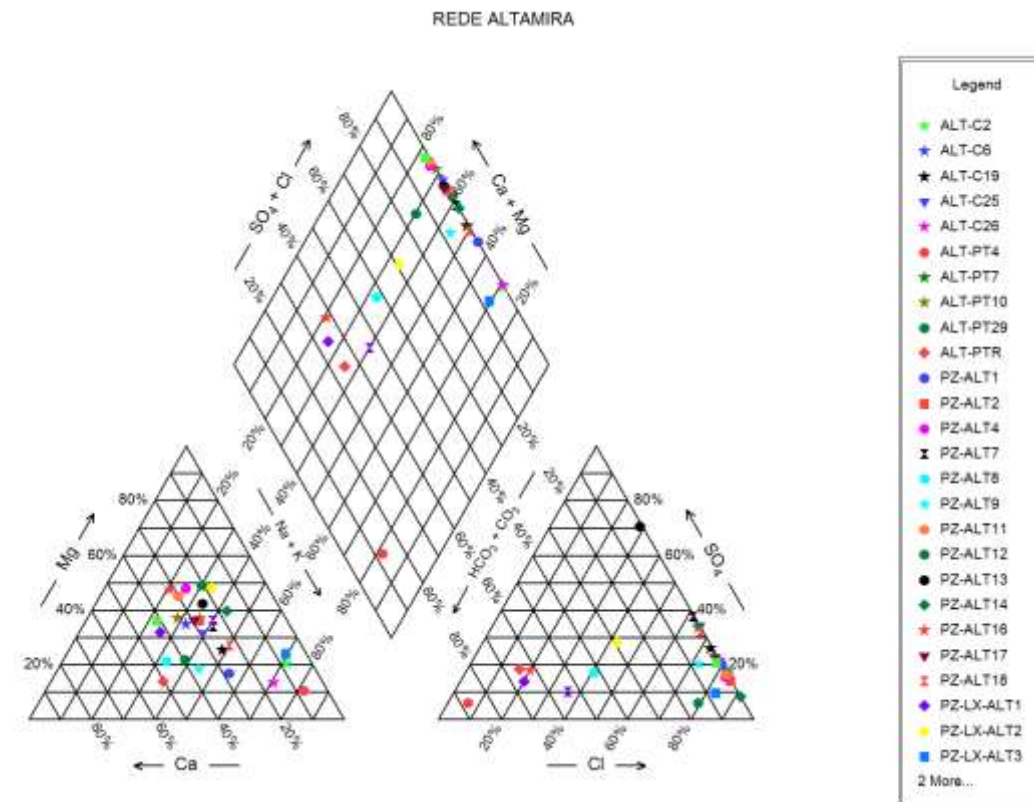


Figura 11.3.2 - 10 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

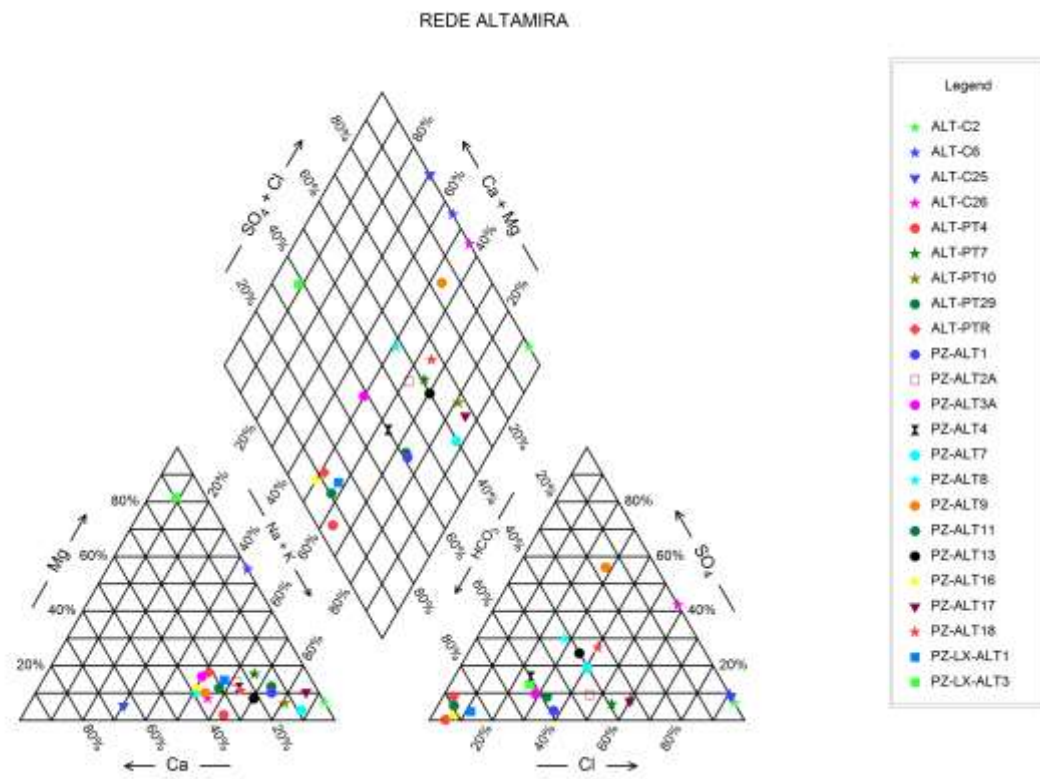


Figura 11.3.2 - 11 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 24 (Maio/junho/2018).

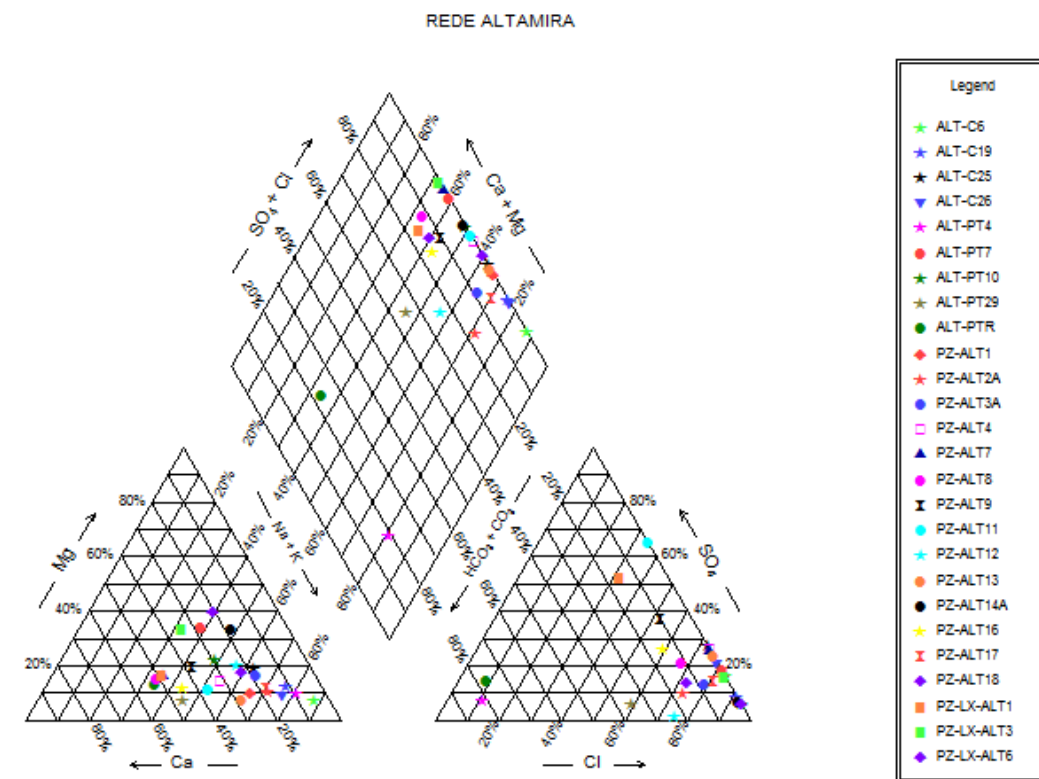


Figura 11.3.2 - 12 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

As **Figuras 11.3.2 - 13 a 11.3.2 -17** apresentam os diagramas de *Piper* da rede de monitoramento na área urbana de Altamira para os períodos considerados como vazante (coletas trimestrais 9, 13, 17, 21 e 25) para a região em 2014 a 2018.

- ALT-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C6: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C17: cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-C19: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C25: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - não fazia parte da rede – água mista;
- ALT-C26: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT4: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica;
- ALT-PT7: bicarbonatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista – água mista;
- ALT-PT9: bicarbonatada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-PT10: cloretada sódica - cloretada cálcica - água mista - cloretada cálcica - cloretada sódica;
- ALT-PT29: bicarbonatada sódica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista - cloretada cálcica;
- ALT-PTR: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - sulfatada cálcica.
- PZ-ALT 1: não fazia parte da rede - cloretada cálcica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT 2: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica;

- PZ-ALT 3: não coletada - não coletada - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica;
- PZ-ALT4: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista;
- PZ-ALT8: cloretada cálcica - cloretada cálcica - água mista - cloretada cálcica - cloretada cálcica;
- PZ-ALT9: água mista - água mista - água mista - água mista - água mista;
- PZ-ALT11: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada cálcica - sulfatada cálcica;
- PZ-ALT12: água mista - cloretada cálcica - água mista - cloretada cálcica - não coletada;
- PZ-ALT13: sulfatada sódica - cloretada sódica - sulfatada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT14: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada;
- PZ-ALT16: água mista - água mista - água mista - água mista - água mista;
- PZ-ALT17: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT18: cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista;
- PZ-ALT20: não fazia parte da rede - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-LX-ALT1: não coletada - cloretada cálcica - água mista - bicarbonatada cálcica - sulfatada cálcica;
- PZ-LX-ALT3: água mista - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada magnésiana;
- PZ-LX-ALT6: água mista - cloretada cálcica - água mista - água mista - água mista.

Em alguns casos, a água passa de bicarbonatada cálcica a bicarbonatada sódica, ou sulfatada sódica para cloretada sódica. Uma possível procedência do cloreto, junto ao sulfato, poderia estar relacionada com a água da chuva, pois é uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica.

Casos nos quais a água passa de bicarbonatada sódica a cloretada sódica representam provável contaminação; em outro caso, a água passa de bicarbonatada cálcica para cloretada sódica, sendo o sódio comumente atribuído a contaminações antrópicas, o que pode ocorrer em alguns poços pouco profundos e água residindo por pouco tempo no aquífero.

Há casos nos quais a água passa de bicarbonatada cálcica para sulfatada cálcica (ALT-PTR, PZ-ALT11, PZ-LX-ALT1). O sulfato é o ânion SO_4^{-2} , um dos íons mais abundantes na natureza; surge nas águas subterrâneas por meio da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto (pirita, por exemplo). Em águas superficiais ocorre por meio da descarga de esgotos domésticos (associados a valores de nitrito acima do VMP e presença de coliformes fecais no caso do ALT-PTR e PZ-ALT11) e efluentes industriais. Em águas tratadas, o sulfato pode ser proveniente do uso de coagulantes (sulfato de alumínio e sulfato ferroso, por exemplo).

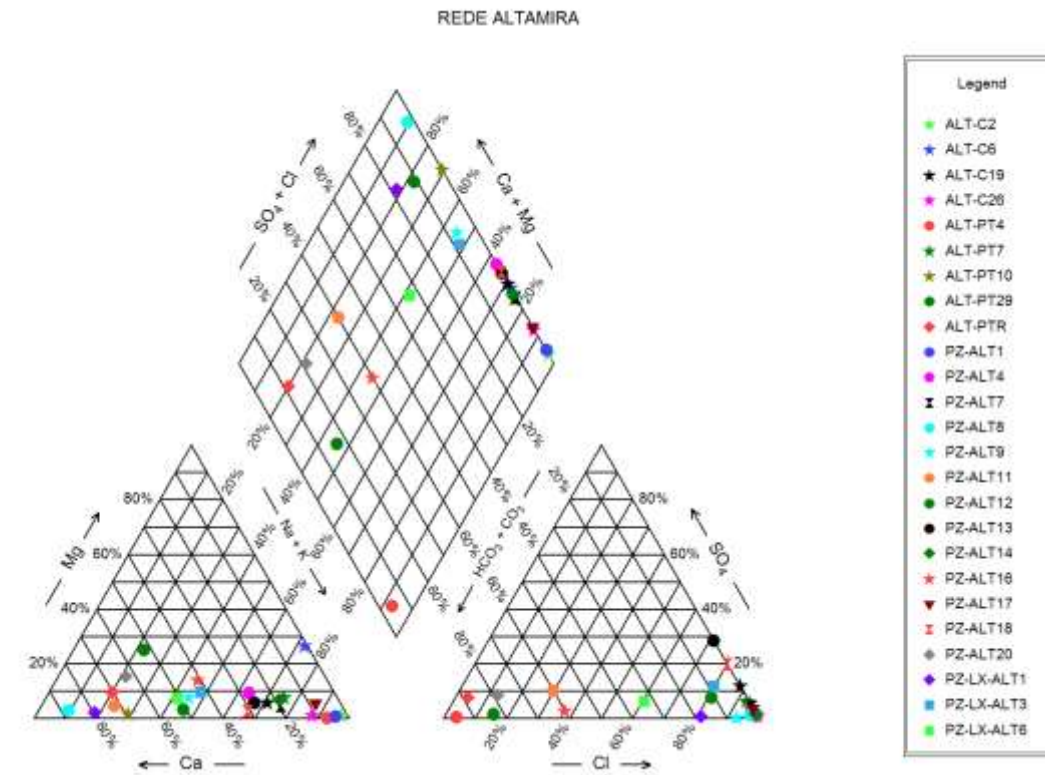
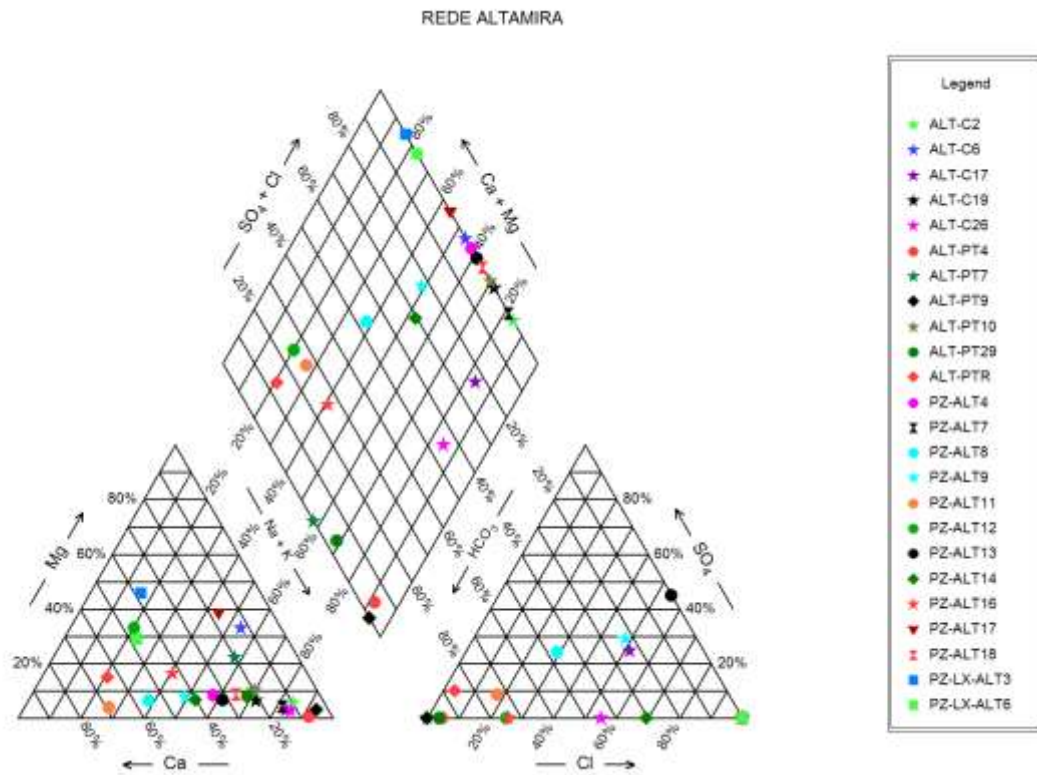


Figura 11.3.2 - 13 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

Figura 11.3.2 - 14 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

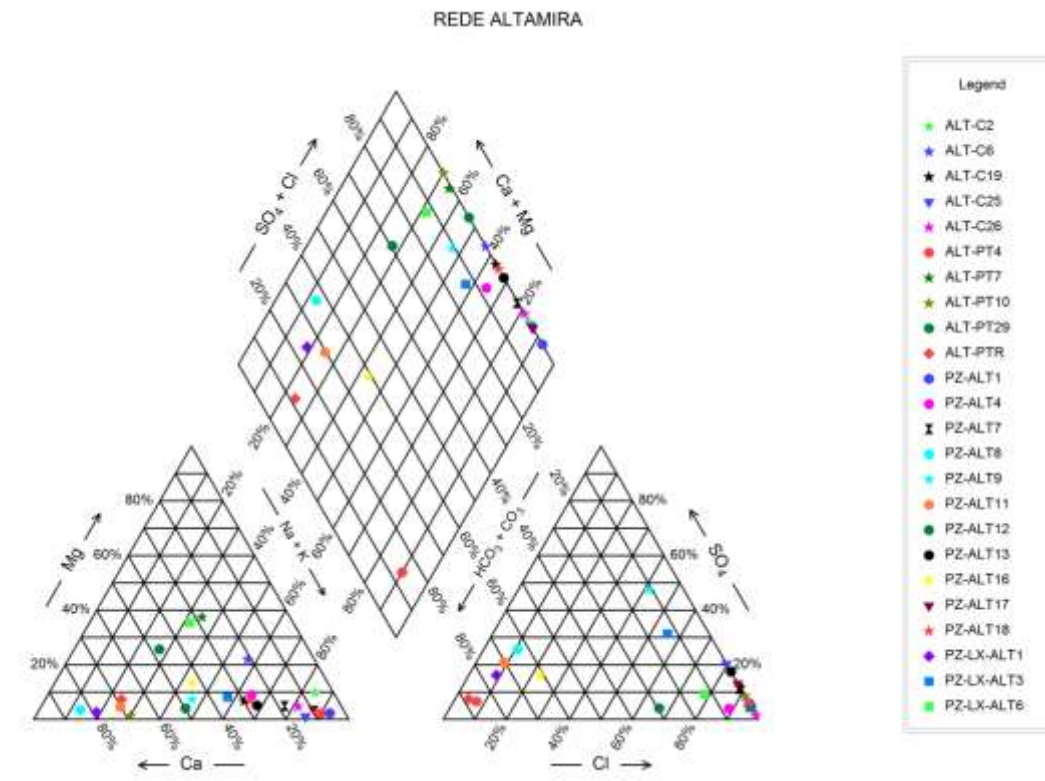
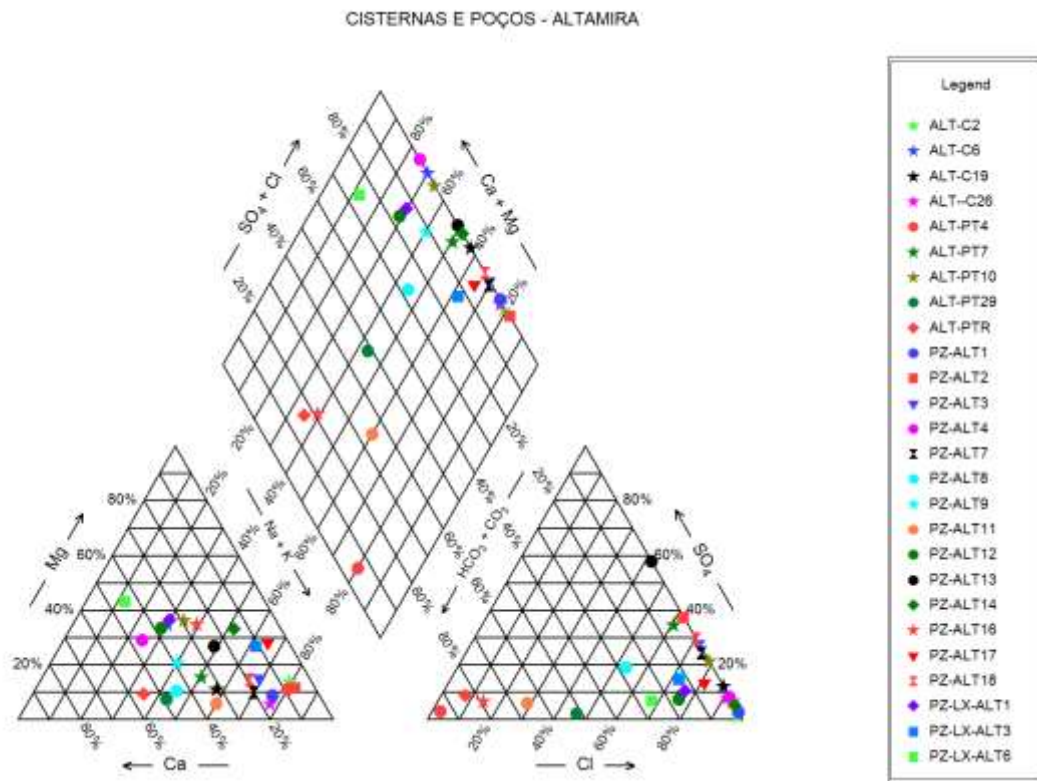


Figura 11.3.2 - 15 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

Figura 11.3.2 - 16 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

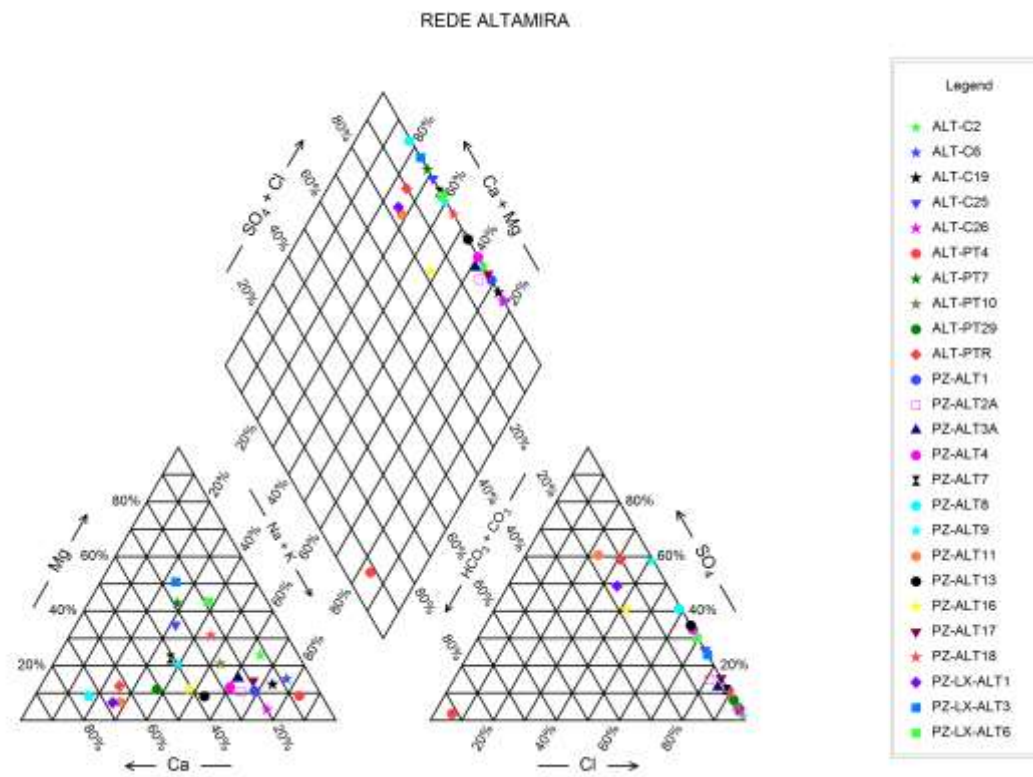


Figura 11.3.2 - 17 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 25 (Julho/2018).

Os diagramas de *Piper* para os períodos considerados como seca (coletas trimestrais 10, 14, 18, 22 e 26) para a região (**Figuras 11.3.2 - 18 a 11.3.2 - 22**) mostram que a classificação das amostras é a seguinte:

- ALT-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C6: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - cloretada sódica;
- ALT-C19: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C25: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-C26: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- ALT-PT4: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - sulfatada sódica - bicarbonatada sódica;
- ALT-PT7: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - água mista;
- ALT-PT9: cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- ALT-PT10: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada cálcica - cloretada sódica;
- ALT-PT29: bicarbonatada sódica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista;
- ALT-PTR: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica;
- PZ-ALT1: não fazia parte da rede - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT2: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - cloretada sódica - não coletada - cloretada sódica;
- PZ-ALT3: não coletada - não coletada - não coletada - não coletada - cloretada sódica;

- PZ-ALT4: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada magnesiana - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – água mista - água mista;
- PZ-ALT8: cloretada sódica - água mista - água mista - água mista – sulfatada cálcica;
- PZ-ALT9: água mista - água mista - água mista - água mista - água mista;
- PZ-ALT11: cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada sódica - água mista – bicarbonatada cálcica;
- PZ-ALT12: água mista - água mista - água mista - água mista - não coletada;
- PZ-ALT13: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT14: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - água mista;
- PZ-ALT16: água mista - água mista - água mista - água mista - bicarbonatada sódica;
- PZ-ALT17: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT18: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-ALT20: não fazia parte da rede - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-LX-ALT1: não coletada - cloretada cálcica - água mista - não coletada - não coletada;
- PZ-LX-ALT3: água mista - água mista - cloretada sódica - cloretada magnesiana - água mista;
- PZ-LX-ALT6: água mista - cloretada cálcica - água mista - cloretada magnesiana - água mista.

Durante os períodos de seca monitorados, a maioria das amostras manteve a classificação antes, durante e após o enchimento do Reservatório Xingu. Na época da seca, de acordo com os resultados obtidos, os controles geológico e pedogênico na

composição das águas são mais estáveis e evidentes, fato esperado, pois no período de seca há maior tempo de contato entre as águas e o solo ou rocha, onde se localiza o aquífero.

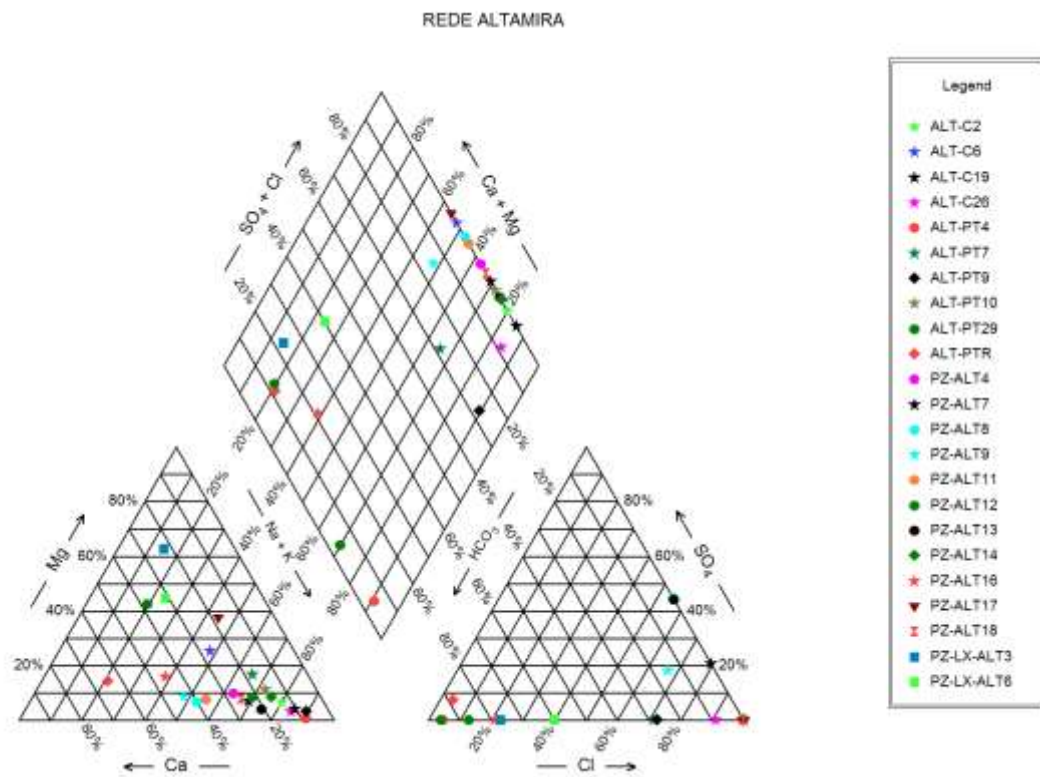


Figura 11.3.2 - 18 - Diagrama de Piper - rede Altamira Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

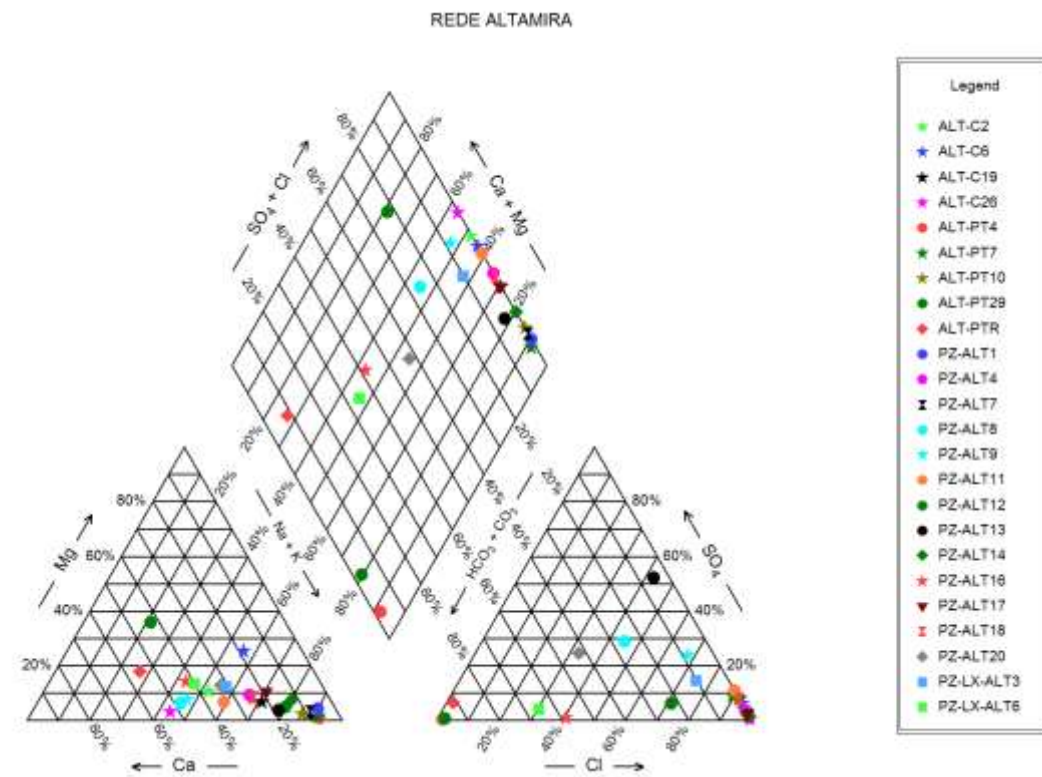


Figura 11.3.2 - 19 - Diagrama de Piper - rede Altamira Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

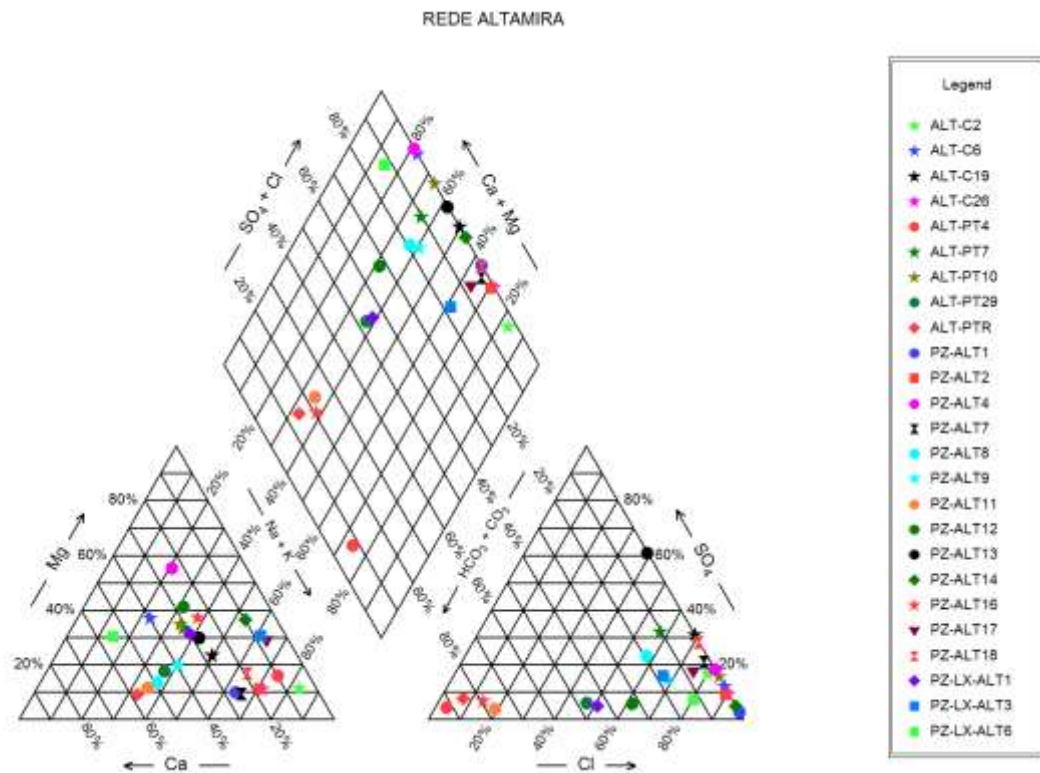


Figura 11.3.2 - 20 - Diagrama de Piper - rede Altamira Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

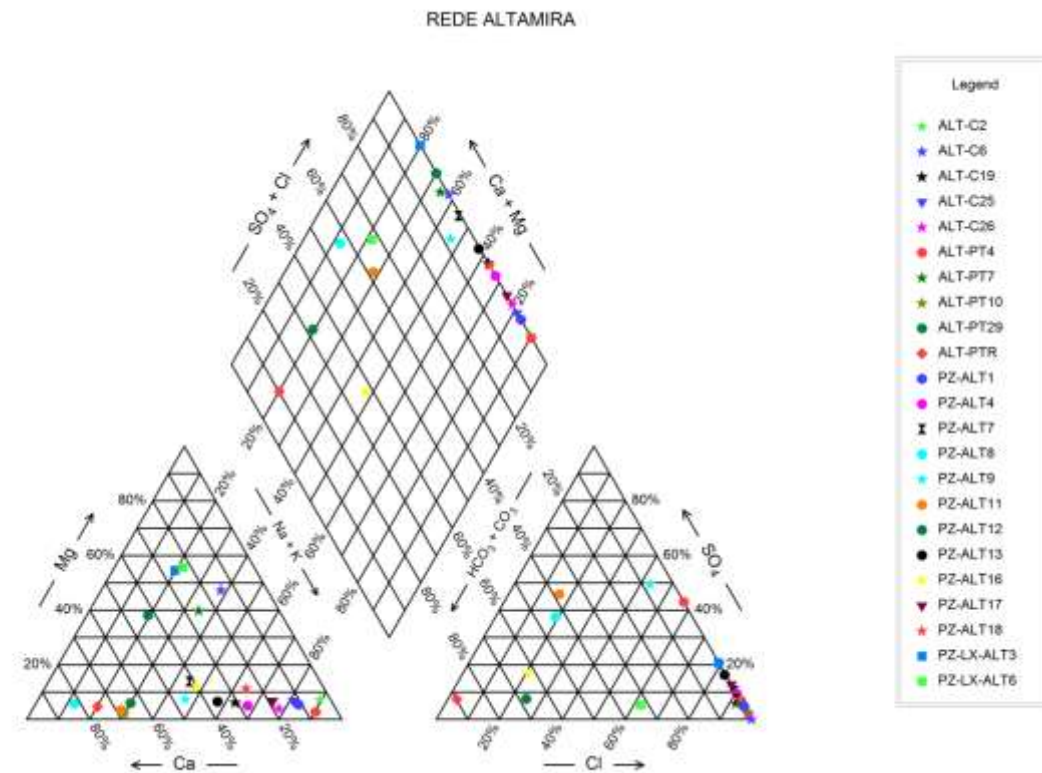


Figura 11.3.2 - 21 - Diagrama de Piper - rede Altamira Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

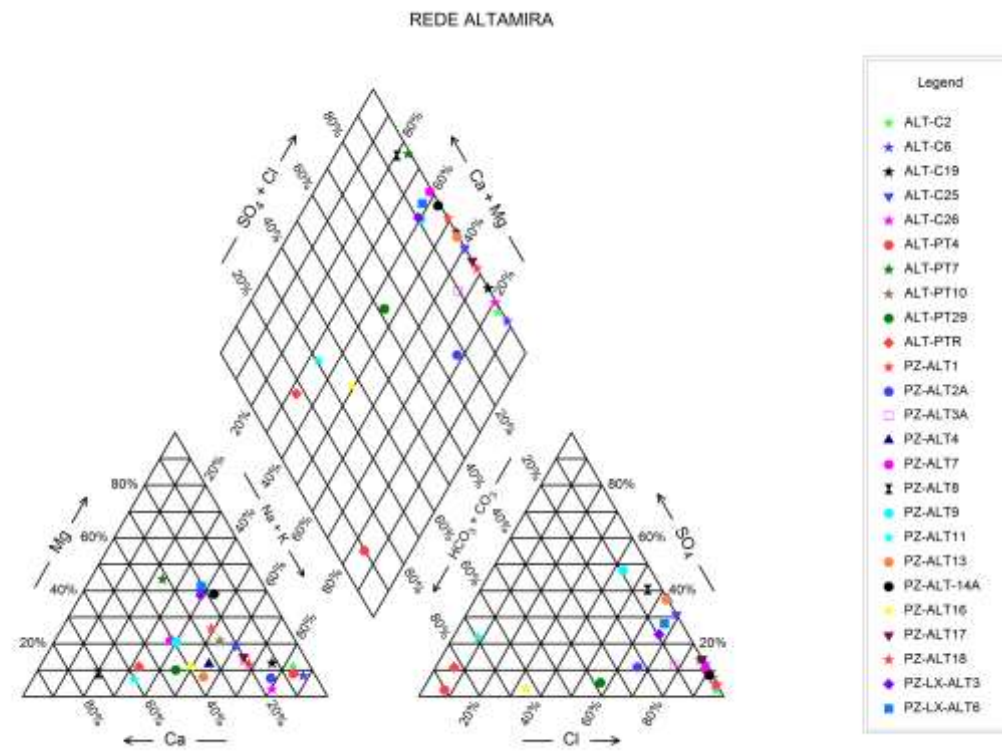


Figura 11.3.2 - 22 - Diagrama de *Piper* - rede Altamira Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

B) VOLTA GRANDE DO XINGU (VGX)

As **Figuras 11.3.2 - 23 a 11.3.2 - 28** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços e cisternas monitorados para os períodos considerados como enchente para a região da Volta Grande do Xingu (VGX) de 2014 a 2019 (Coletas 7, 11, 15, 19, 23 e 27). Parte das amostras manteve a mesma classificação para os períodos de enchente, antes, durante e após o enchimento dos reservatórios, indicando se tratar de águas em contato com saprolito ou rocha fresca, que mantém a composição química. Em casos onde a água passa de bicarbonatada cálcica a bicarbonatada sódica, ou sulfatada sódica para cloretada sódica (uma possível procedência do cloreto pode estar relacionada à água da chuva, pois o Cl^- é uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica), o sódio pode ser oriundo de feldspatos alcalinos comumente presente nas rochas que compõem o substrato geológico da região.

- SP-C1: água mista - bicarbonatada magnesiânica - bicarbonatada magnesiânica - bicarbonatada magnesiânica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- SP-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica;
- SP-PT1: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista - não coletada;
- BM-PT1: bicarbonatada cálcica - não coletada - bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada;
- BM-PT3: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada;
- BMP-C1: sulfatada sódica - cloretada sódica - não coletada - água mista - água mista - água mista;
- BMP-C2: sulfatada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - água mista - cloretada sódica - água mista;
- BMP-C3: não fazia parte da rede - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - água mista - cloretada sódica - água mista;
- BMP-PT1: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista - água mista.
- PZ-RI7: não coletada - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - água mista;

- PZ-R18: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica.

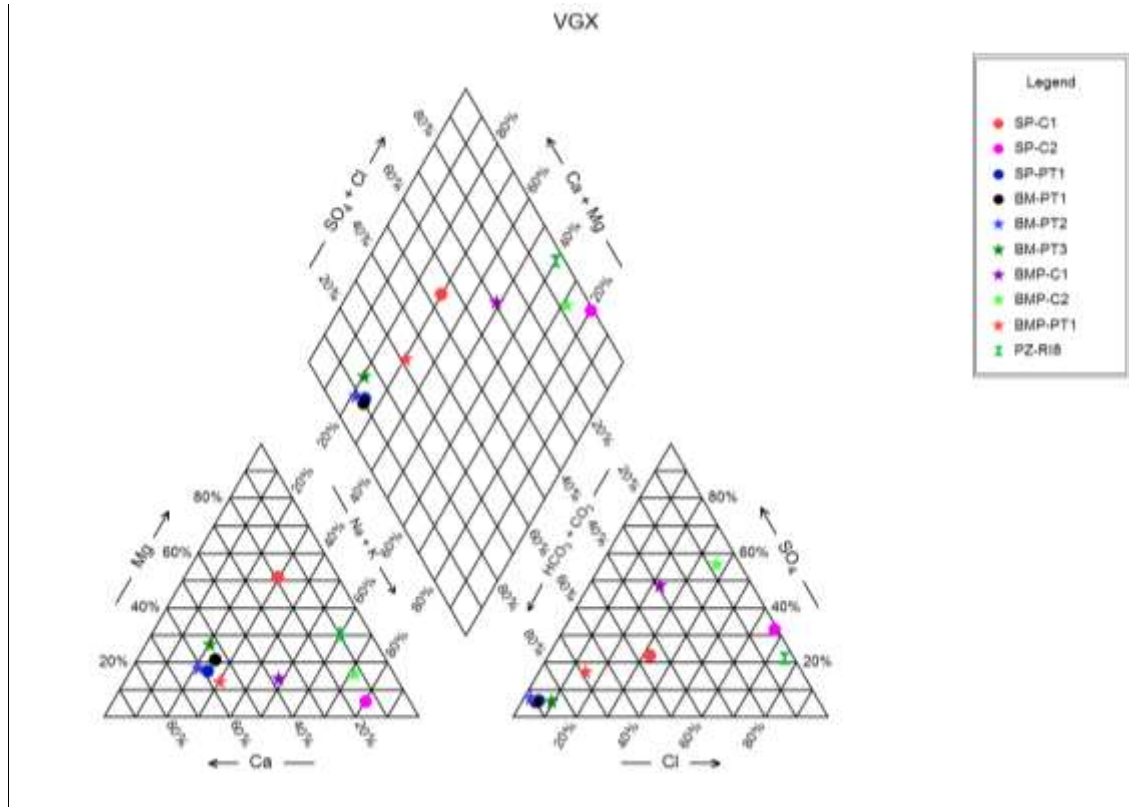


Figura 11.3.2 - 23 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

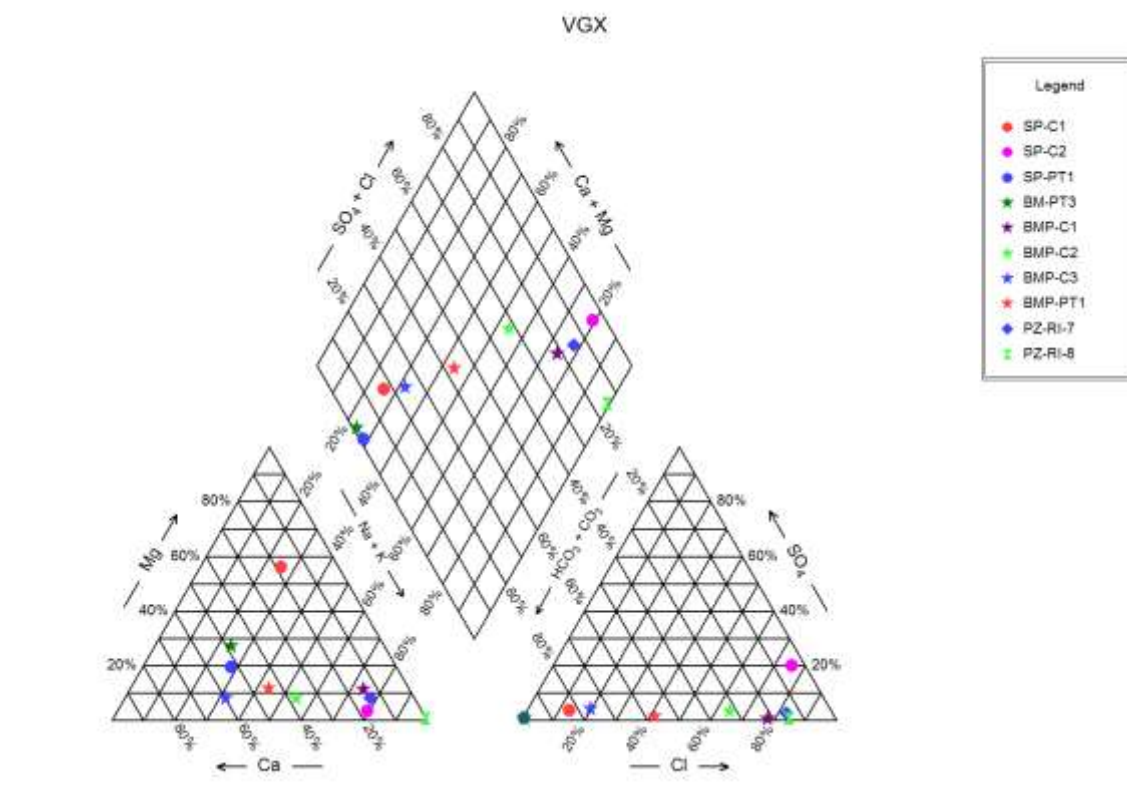


Figura 11.3.2 - 24 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

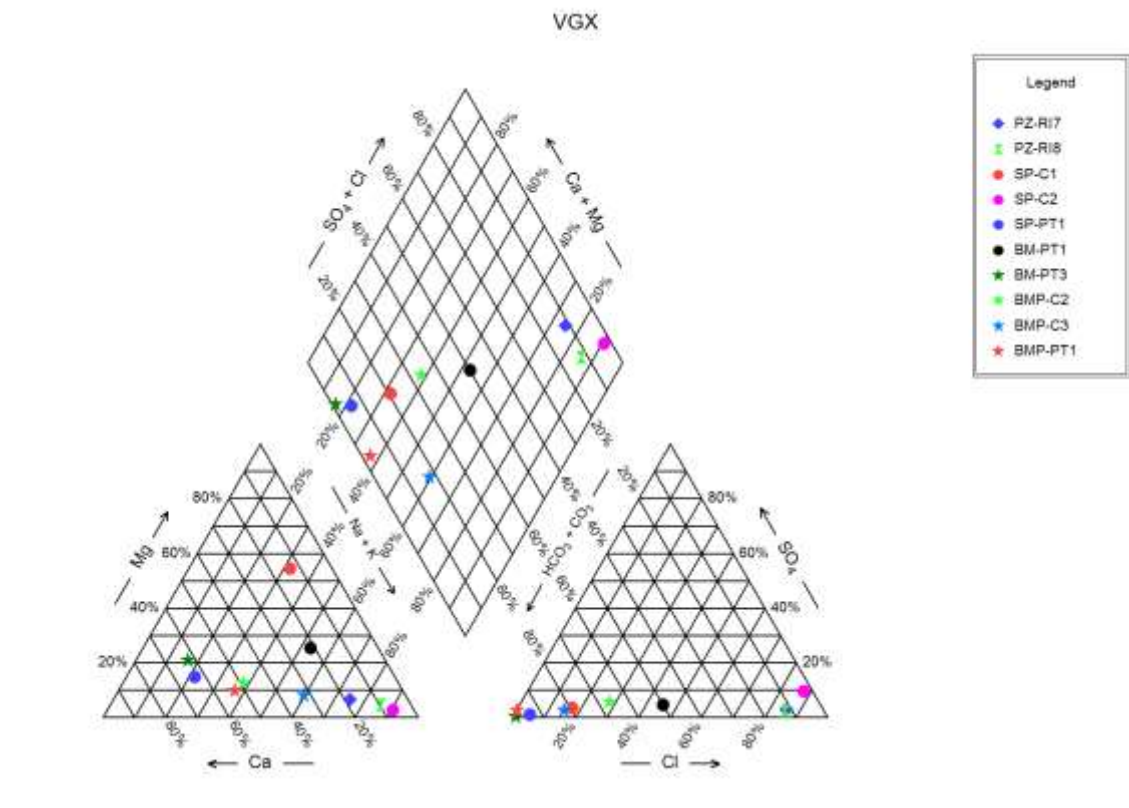


Figura 11.3.2 - 25 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

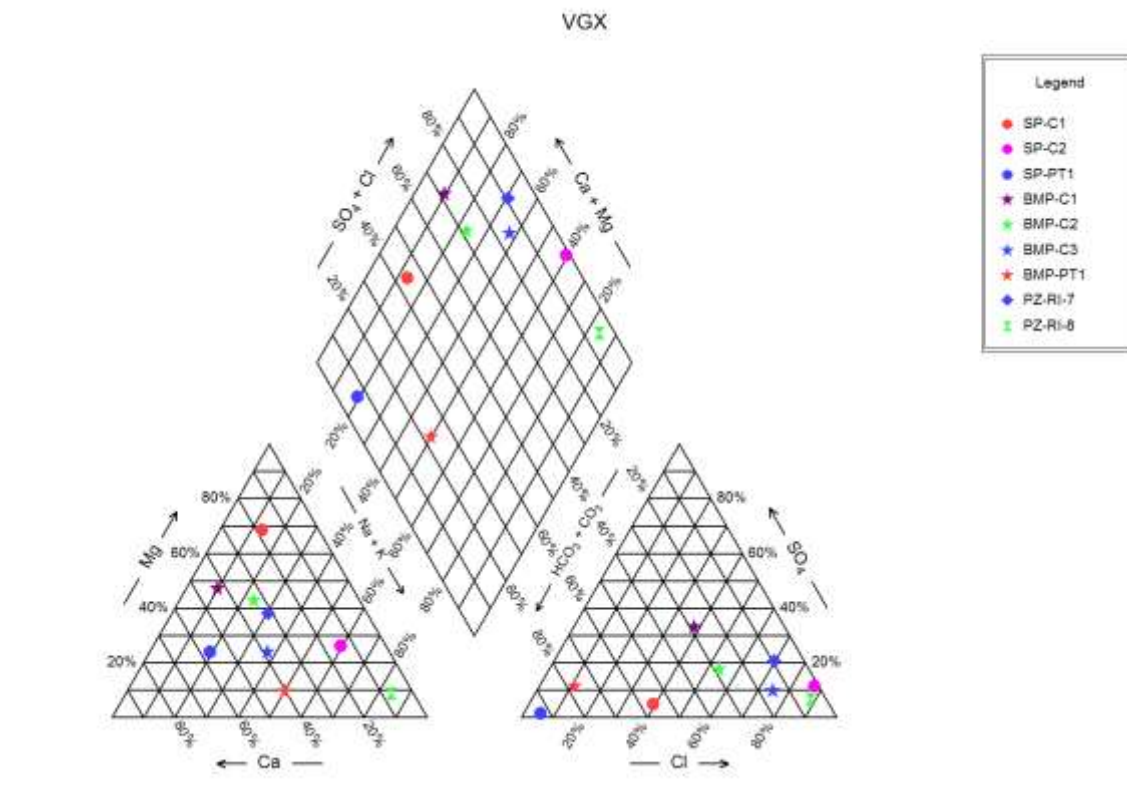


Figura 11.3.2 - 26 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

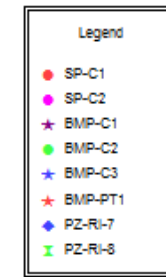
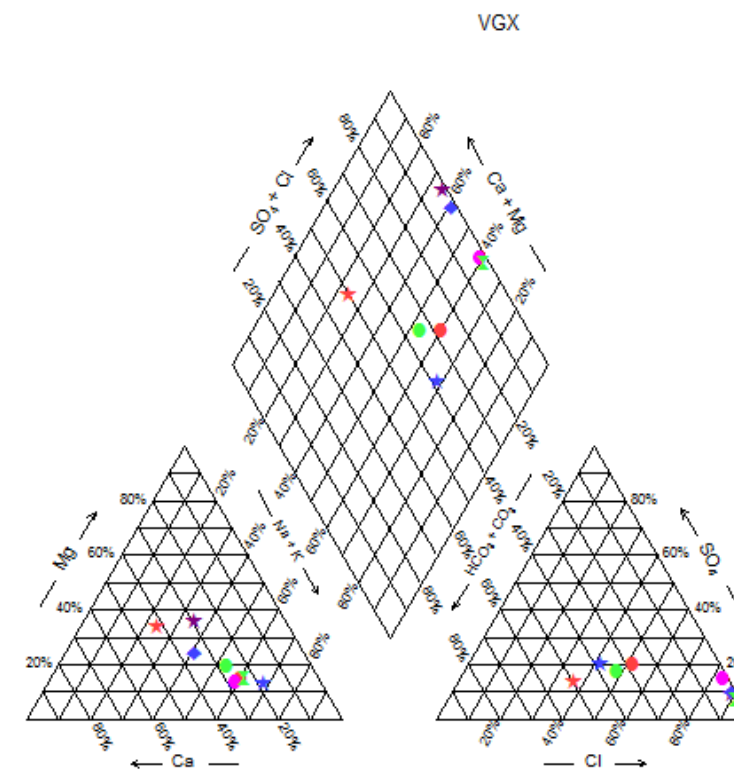
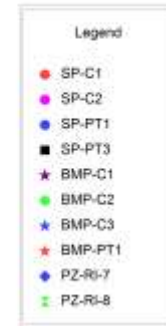
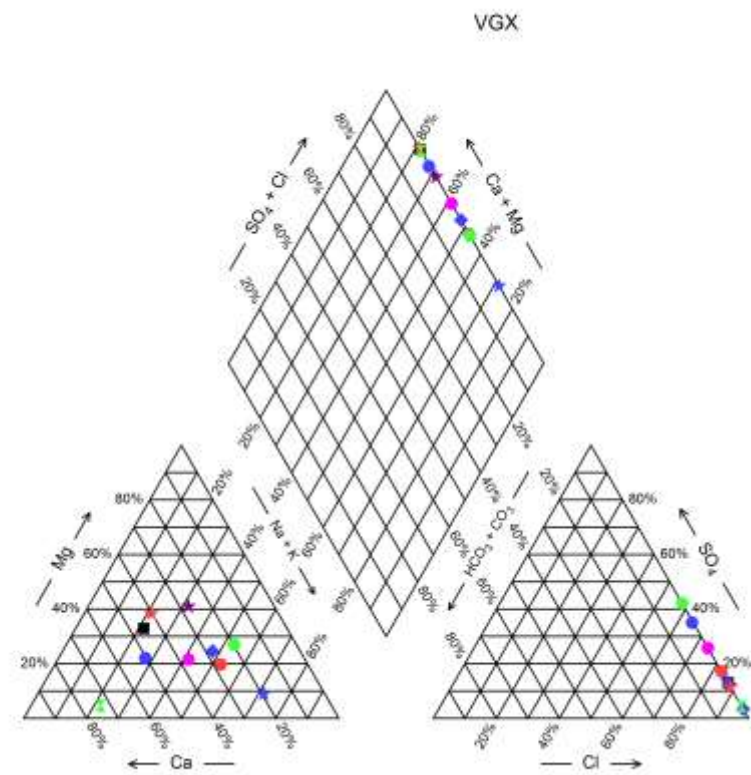


Figura 11.3.2 - 27 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018). Figura 11.3.2 - 28 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 28 (Janeiro/2019).

As **Figuras 11.3.2 - 29 a 11.3.2 - 34** apresentam os diagramas para os períodos considerados como cheia para a região de 2014 a 2019 (Coleta 8, 12, 16, 20, 24 e 28).

- SP-C1: bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada magnésiana - cloretada magnésiana - cloretada magnésiana - cloretada sódica;
- SP-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- SP-PT1: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica;
- SP-PT2: não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não fazia parte da rede - não coletada – água mista;
- BM-PT1: sulfatada cálcica - não coletada - bicarbonatada sódica - não coletada - não coletada - não coletada;
- BM-PT3: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada;
- BMP-C1: bicarbonatada cálcica - cloretada cálcica - água mista - água mista - água mista - água mista;
- BMP-C2: sulfatada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- BMP-C3: sulfatada cálcica - cloretada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- BMP-PT1: sulfatada cálcica - cloretada sódica - não coletada - água mista - água mista - água mista.
- PZ-RI7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - bicarbonatada sódica - água mista;
- PZ-RI8: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica.

Nos períodos de cheia, parte das amostras mantém sua classificação química, indicando que a composição química das águas freáticas monitoradas, antes, durante e após o enchimento dos reservatórios é igualmente influenciada pela diluição e pelo controle geogênico. Os poços que apresentam as maiores variações são interpretados como controlados por processos antropogênicos (variações provenientes de contaminação local do aquífero).

Nas localidades de Belo Monte e Belo Monte do Pontal, a Norte Energia implantou os sistemas de esgotamento sanitário (em cumprimento à condicionante 2.10 da Licença de Instalação - LI no 795/2011) e tais sistemas foram repassados aos respectivos poderes públicos municipais. Conforme reportado ao IBAMA no 9o RC, no âmbito do Projeto de Recomposição da infraestrutura de Saneamento (PBA 4.3.2), mesmo a Norte Energia tendo prestado apoio às prefeituras para que as localidades se cadastrassem no Programa da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (voltado ao saneamento básico) para garantir as ligações domiciliares, as comunidades não foram beneficiadas pelo Programa.

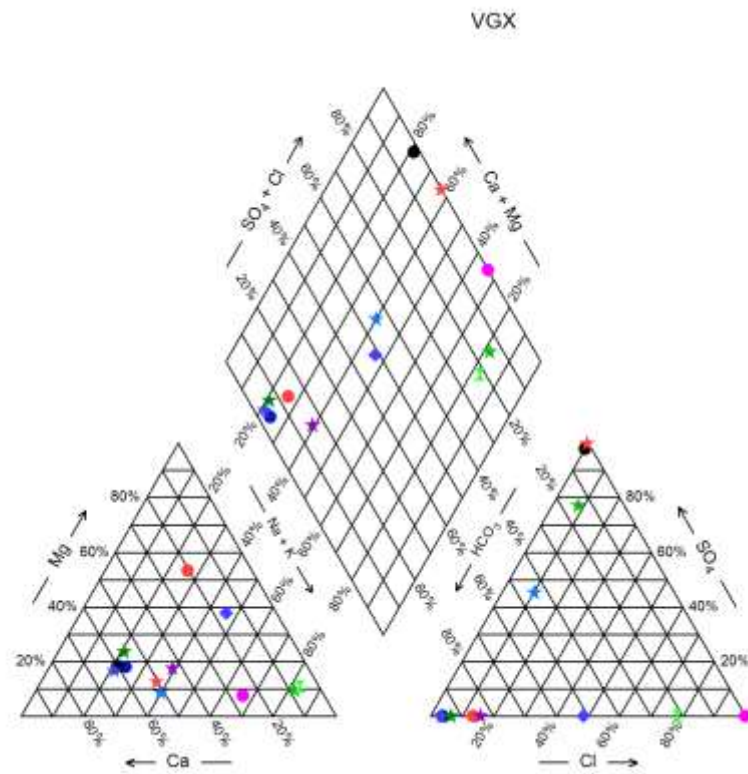


Figura 11.3.2 - 29 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

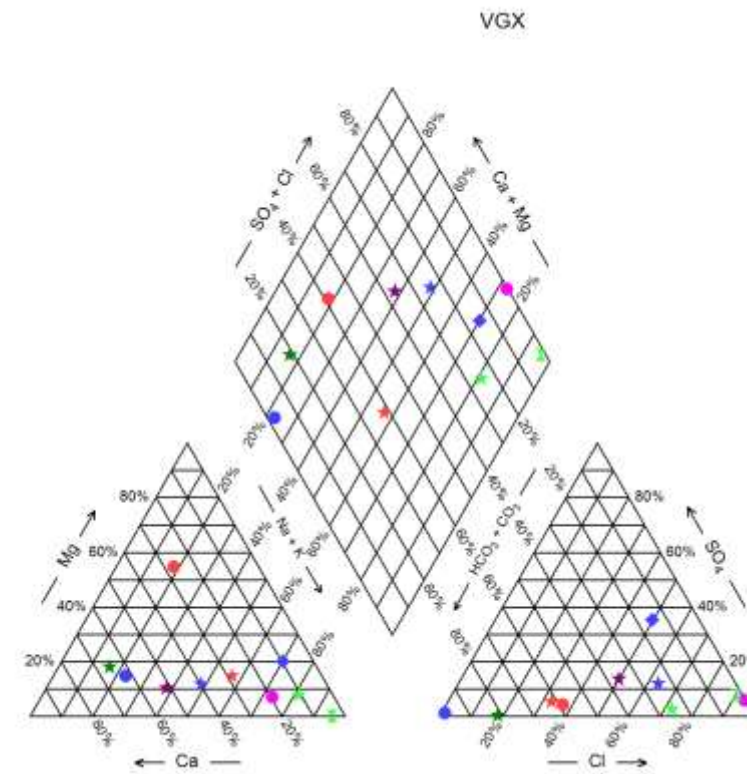
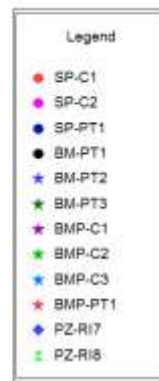


Figura 11.3.2 - 30 - Diagramas de *Piper* d- VGX, Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

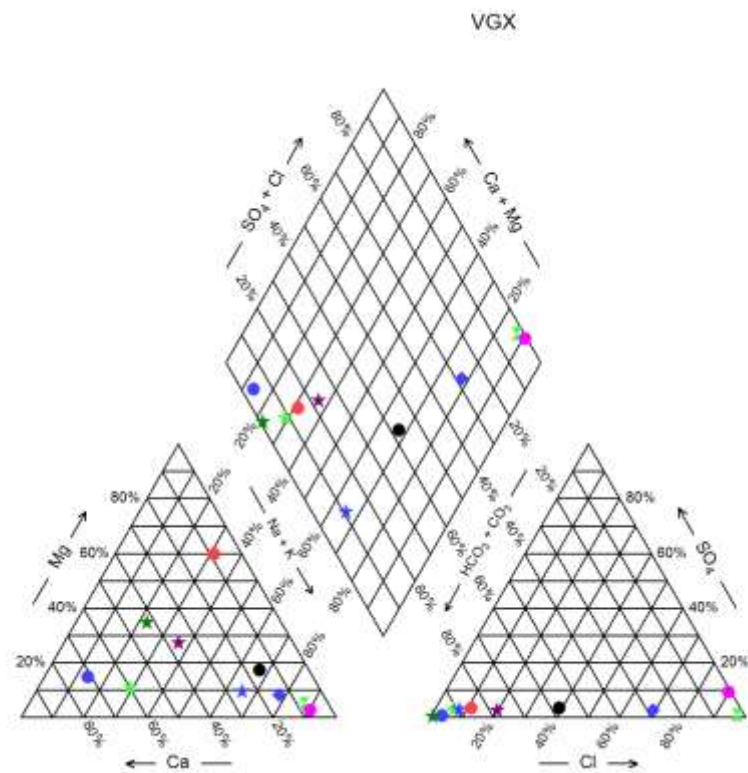
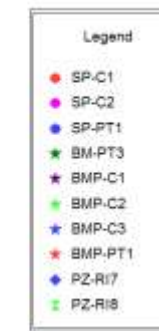


Figura 11.3.2 - 31 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

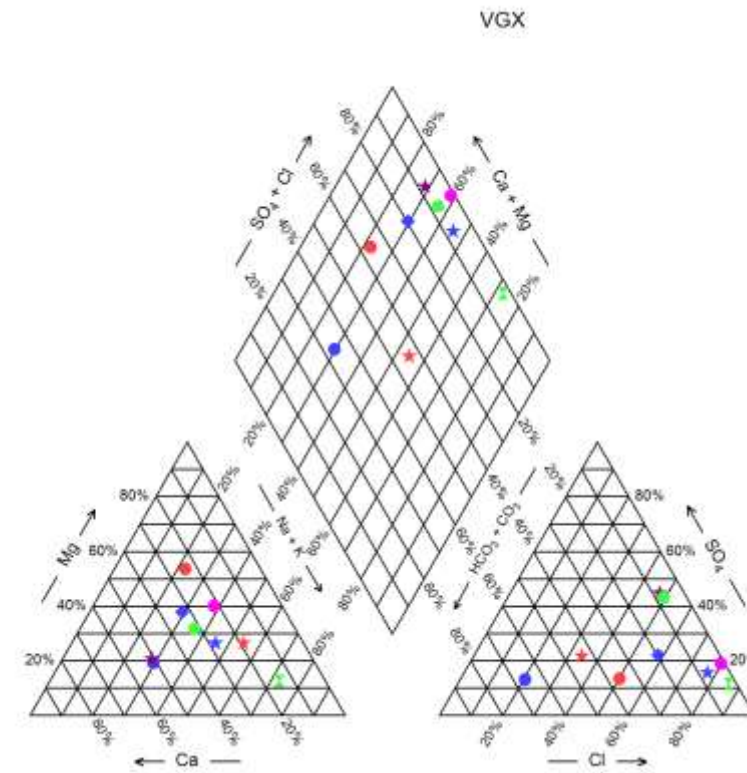
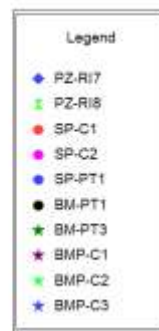
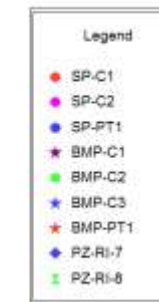


Figura 11.3.2 - 32 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).



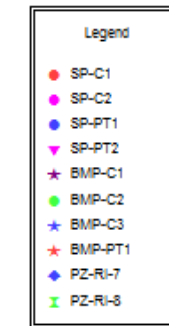
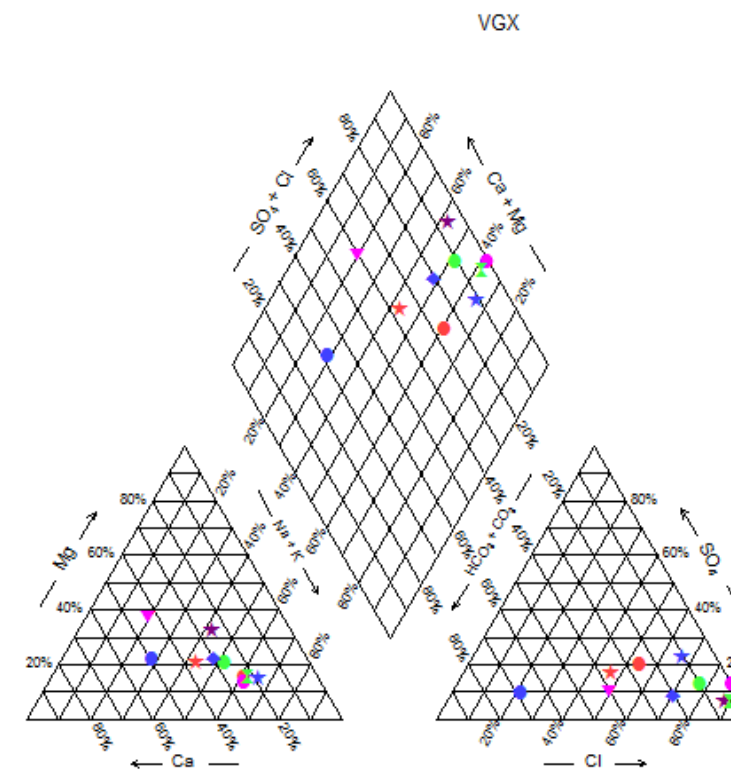
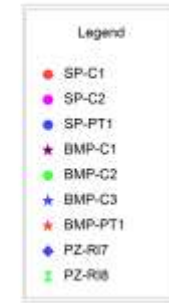
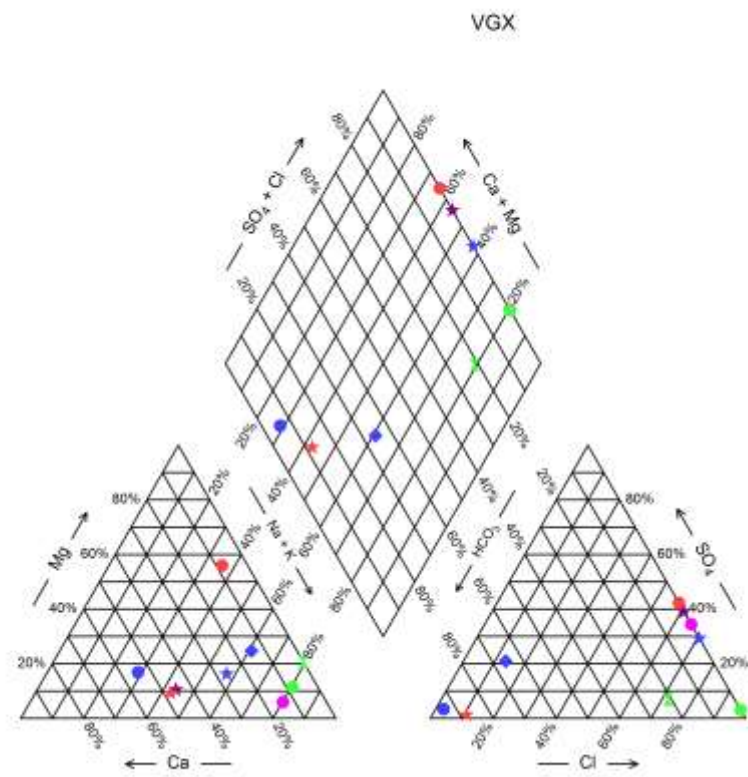


Figura 11.3.2 - 33 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

Figura 11.3.2 - 34 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

As **Figuras 11.3.2 - 35 a 11.3.2 - 39** apresentam os diagramas para os períodos considerados como vazante para a região em 2014 a 2018 (Coletas 9, 13, 17, 21 e 25), antes, durante e após o enchimento dos reservatórios.

- SP-C1: bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada magnésiana – bicarbonatada sódica;
- SP-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista;
- SP-PT1: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista - bicarbonatada cálcica – bicarbonatada sódica;
- BM-PT2: bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada;
- BM-PT3: não coletada - bicarbonatada cálcica - água mista - não coletada - não coletada;
- BMP-C1: cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - água mista - cloretada sódica - água mista;
- BMP-C2: cloretada cálcica - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- BMP-C3: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista - cloretada sódica;
- BMP-PT1: bicarbonatada cálcica - não coletada - água mista - água mista - água mista;
- PZ-RI7: bicarbonatada magnésiana - cloretada sódica - água mista - cloretada sódica - água mista;
- PZ-RI8: cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica;

As **Figuras 11.3.2 - 40 a 11.3.2 - 44** apresentam os diagramas para os períodos considerados como seca para a região em 2014 a 2018 (10, 14, 18, 22 e 26), antes, durante e após o enchimento dos reservatórios.

- SP-C1: bicarbonatada magnésiana - água mista - bicarbonatada magnésiana - água mista – bicarbonatada sódica;

- SP-C2: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - água mista;
- SP-PT1: bicarbonatada cálcica - água mista - bicarbonatada cálcica - bicarbonatada cálcica - água mista;
- BM-PT2: bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- BM-PT3: bicarbonatada cálcica - água mista - água mista - não coletada - não coletada;
- BMP-C1: bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada magnésiana - água mista - água mista;
- BMP-C2: sulfatada sódica - água mista - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- BMP-C3: cloretada sódica - água mista - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- BMP-PT1: água mista - bicarbonatada cálcica - água mista - água mista - água mista.
- PZ-RI7: bicarbonatada magnésiana - bicarbonatada cálcica - água mista - água mista - água mista;
- PZ-RI8: cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica.

Em alguns casos, não há nenhuma alteração, ou apenas mudança de uma classe para água mista, evidenciando a estabilidade química das águas freáticas. A existência da classe de águas mistas em vários momentos indica que não há um cátion e ânion predominantes; portanto, qualquer pequena variação sazonal pode mudar a classe das águas.

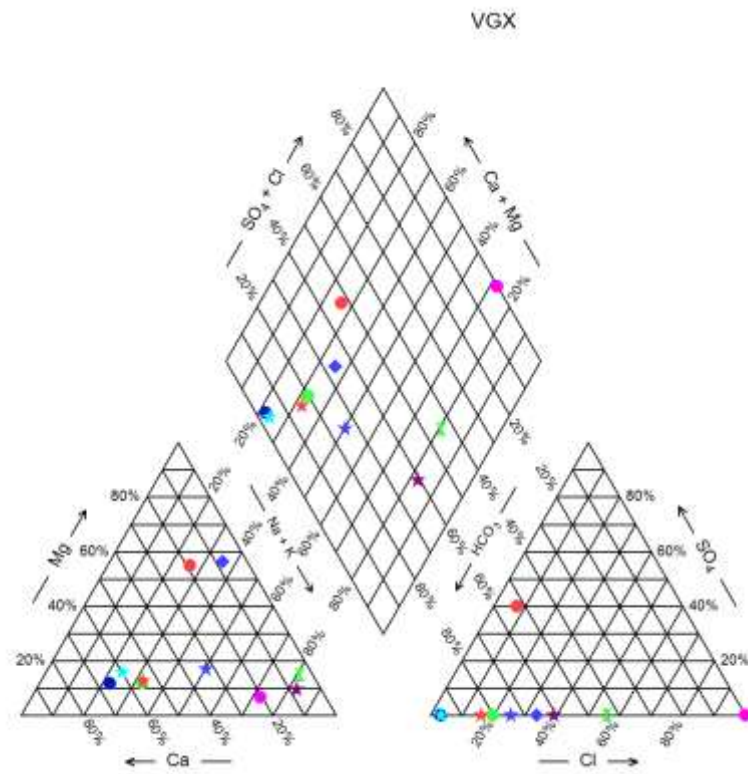


Figura 11.3.2 - 35 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

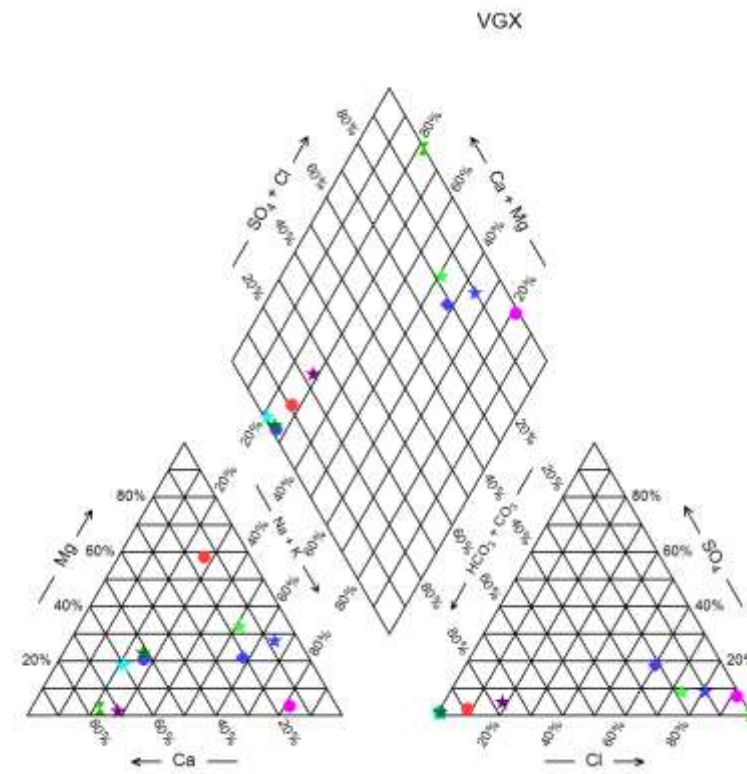
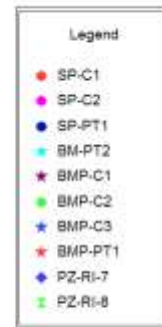


Figura 11.3.2 - 36 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

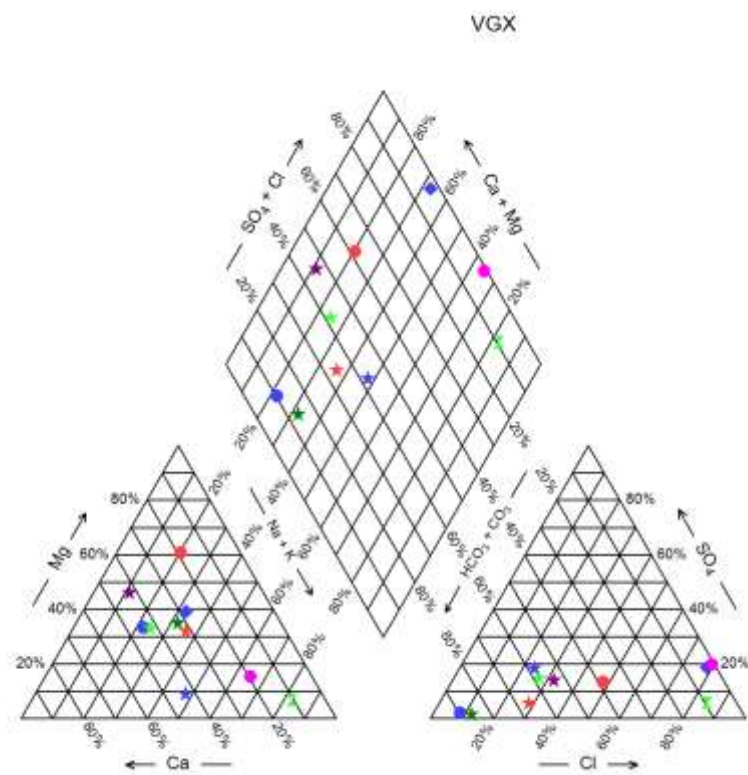
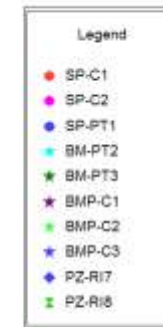


Figura 11.3.2 - 37 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

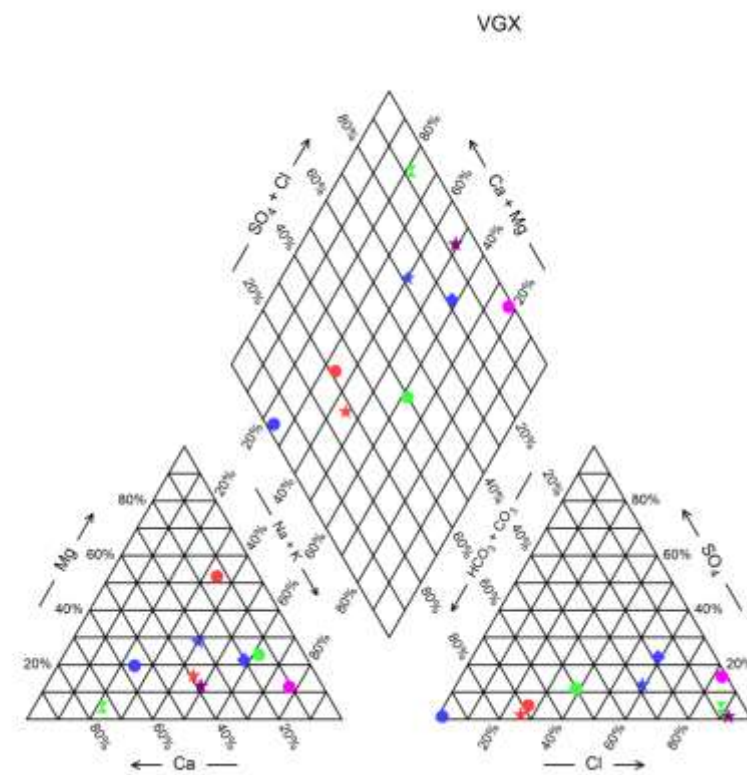
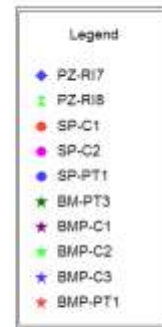
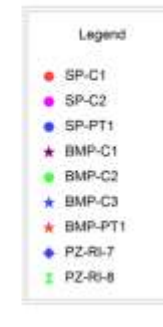


Figura 11.3.2 - 38 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).



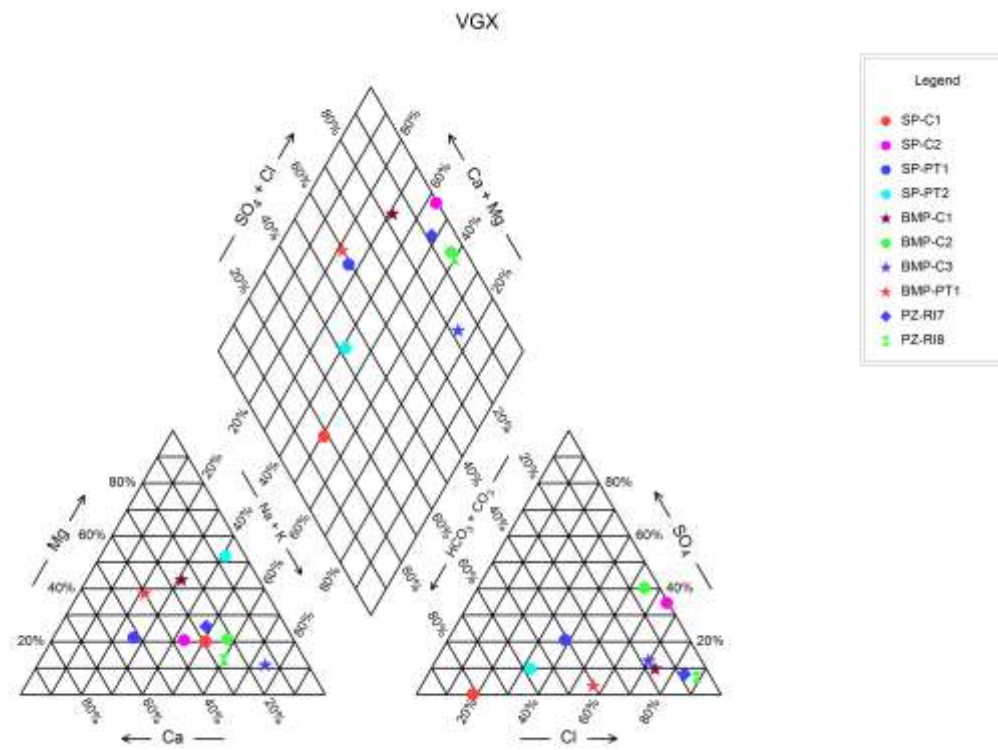


Figura 11.3.2 - 39 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).

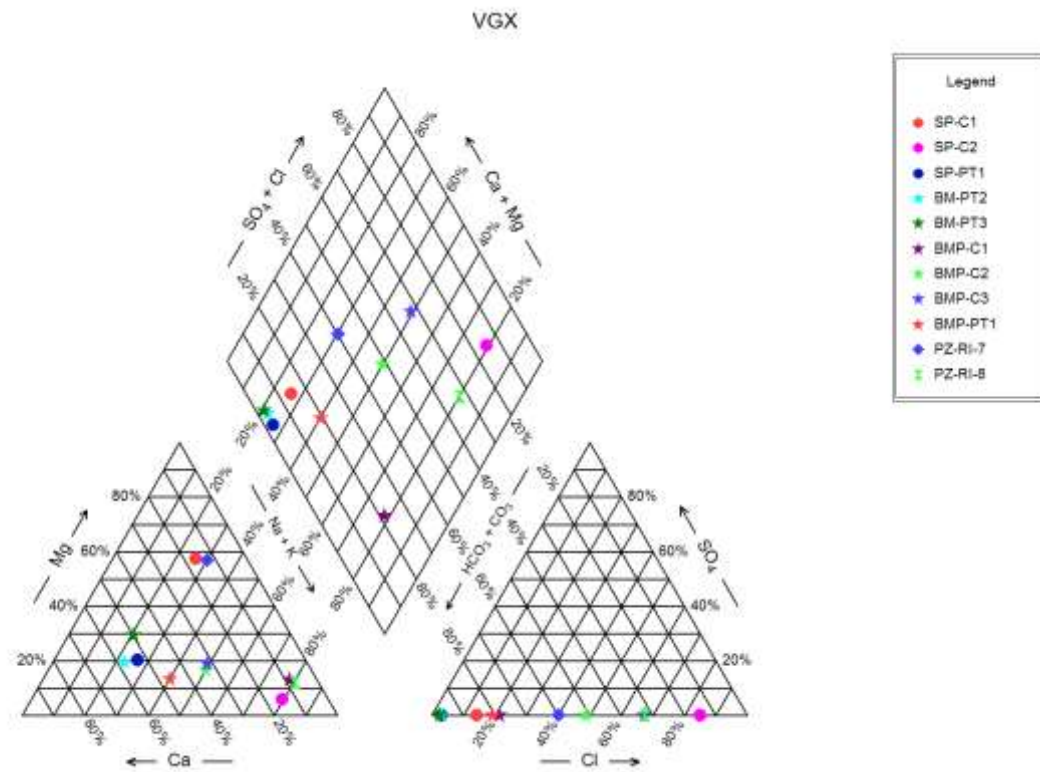


Figura 11.3.2 - 40 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

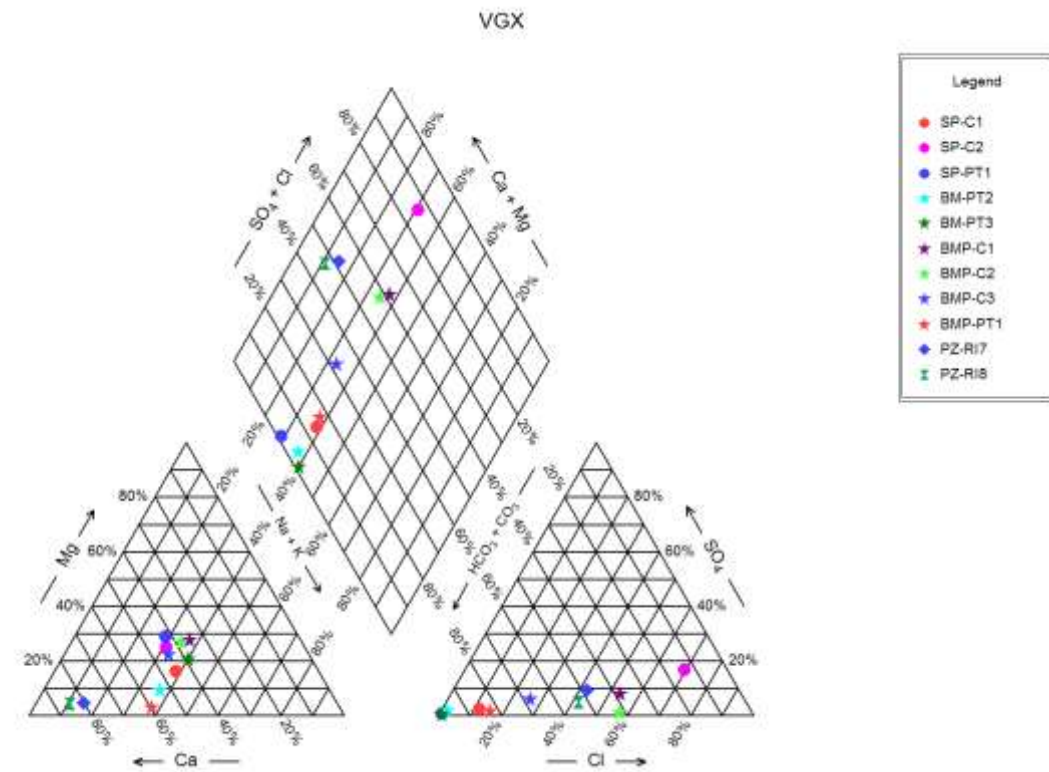


Figura 11.3.2 - 41 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

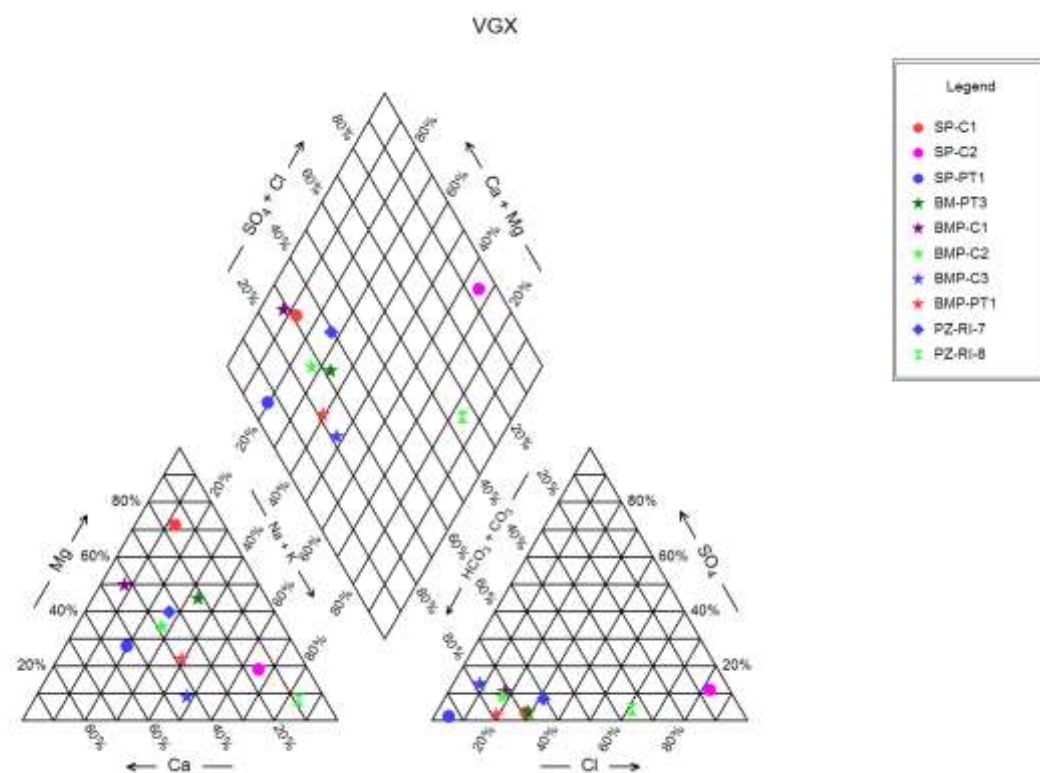


Figura 11.3.2 - 42 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

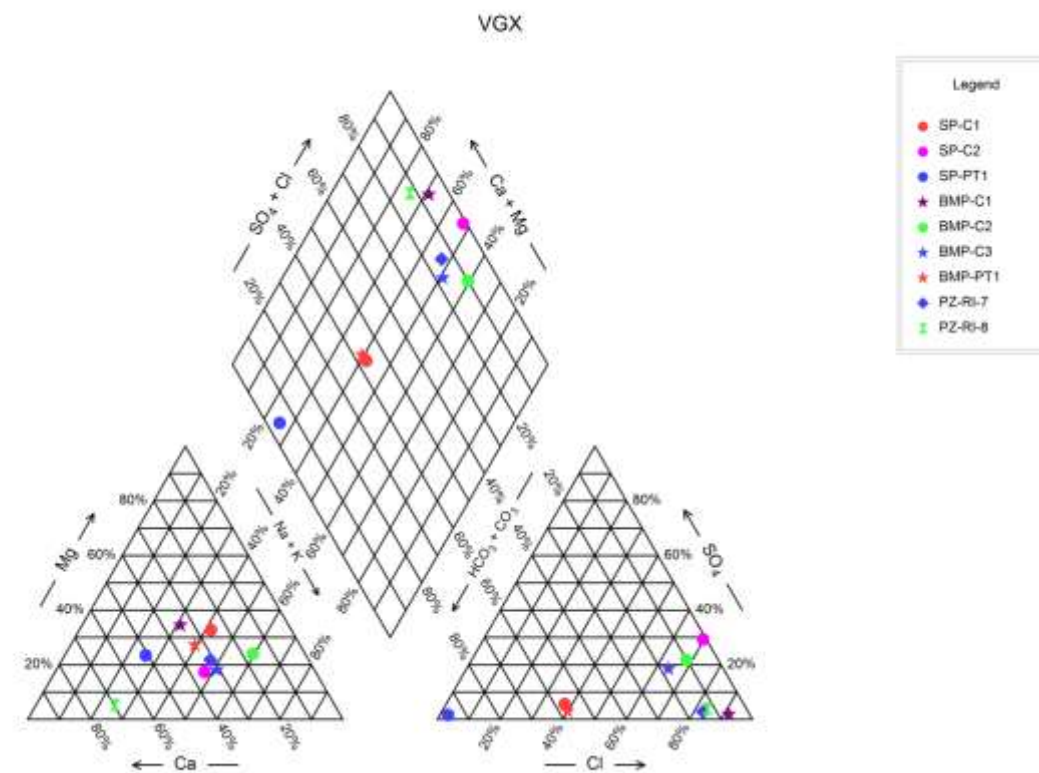


Figura 11.3.2 - 43 - Diagramas de *Piper* - VGX, Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

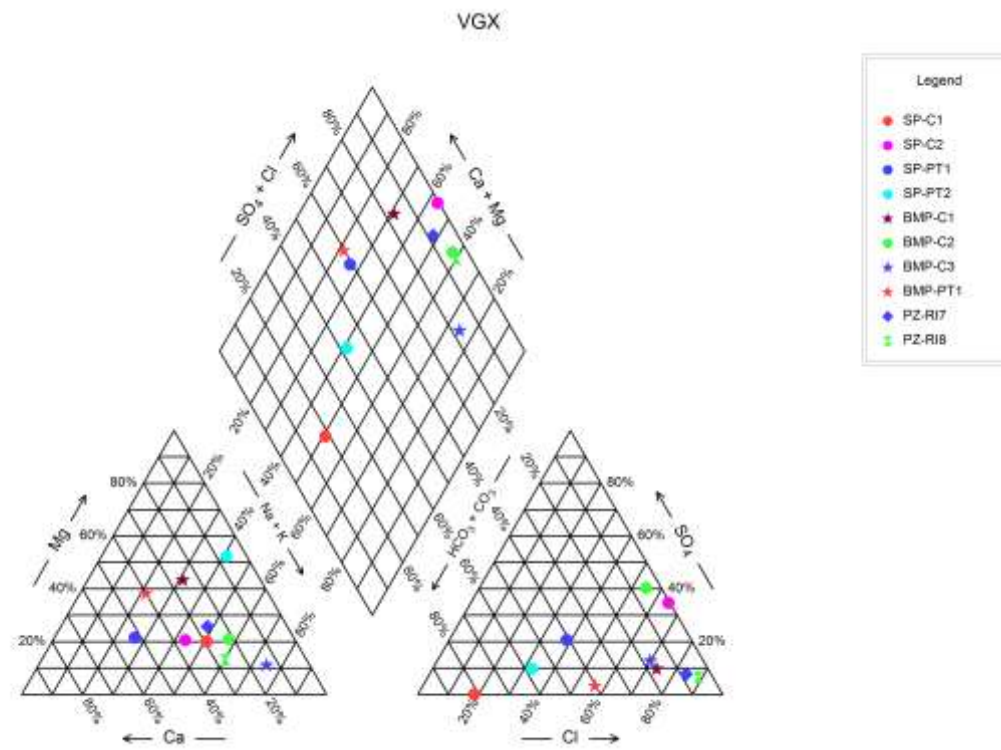


Figura 11.3.2 - 44 - Diagramas de Piper - VGX, Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

C) ENTORNO DO RESERVATÓRIO XINGU (RX)

As **Figuras 11.3.2 - 45 a 11.3.2 - 50** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços instalados na região do Reservatório Xingu para os períodos considerados como enchente em 2014 a 2019 (Coletas 7, 11, 15, 19, 23 e 27), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RX2: sulfatada sódica - sulfatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica - água mista - água mista;
- PZ-RX3: não coletada - cloretada sódica - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX4: sulfatada sódica - sulfatada sódica - não coletada - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX5: sulfatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada cálcica;
- PZ-RX6: sulfatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - não coletada - não coletada;
- PZ-RX7: sulfatada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista - não coletada - não coletada;
- PZ-RX9: sulfatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - água mista - água mista;
- PZ-RX10: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada magnésiana - cloretada sódica - cloretada sódica.

As **Figuras 11.3.2 - 46 a 11.3.2 - 50** apresentam os diagramas para os períodos considerados como cheia para a região em 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 (Coleta 8, 12, 16, 20 e 24), cuja classificação é a seguinte:

- PZ-RX2: sulfatada sódica - bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - água mista - cloretada sódica;
- PZ-RX3: não coletada - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada magnésiana - cloretada sódica;
- PZ-RX4: cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica - água mista - bicarbonatada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX5: cloretada cálcica - cloretada magnésiana - cloretada sódica - água mista - água mista - cloretada cálcica;

- PZ-RX6: bicarbonatada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RX7: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RX9: sulfatada sódica - sulfatada sódica - sulfatada sódica - água mista - água mista - água mista;
- PZ-RX10: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - sulfatada magnésiana - bicarbonatada sódica – água mista.

Para os pontos monitorados no entorno do Reservatório Xingu, não está claro qual o controle que faz com que ocorra a mudança de classificação das águas, se por diluição ou se por carreamento de substâncias com as águas de recarga do aquífero, pois tanto nos períodos de enchente, quanto nos períodos de cheia, antes, durante e após o enchimento dos reservatórios, a diversificação ampla da classificação deve ser em função da maior variedade de ambientes geológicos e materiais pedogenéticos interceptados pelos poços.

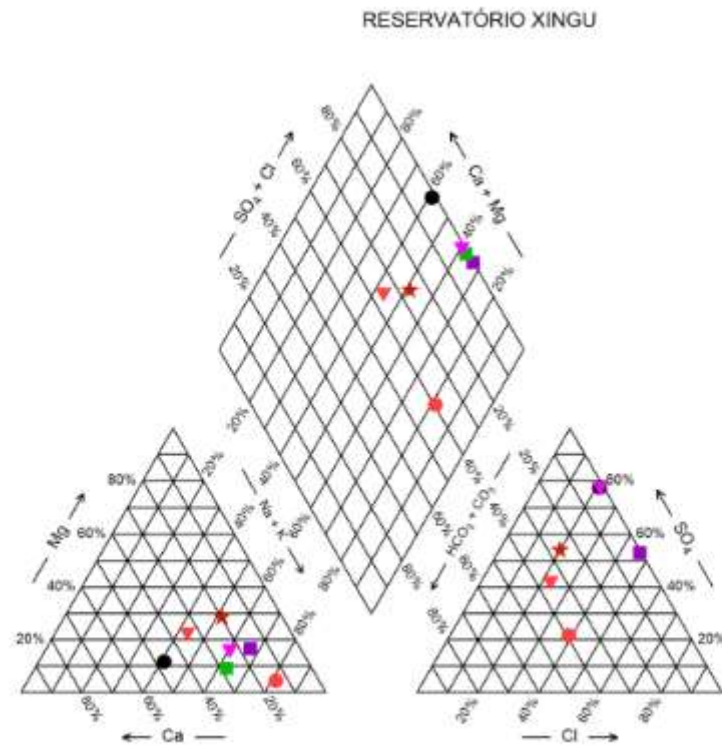


Figura 11.3.2 - 45 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

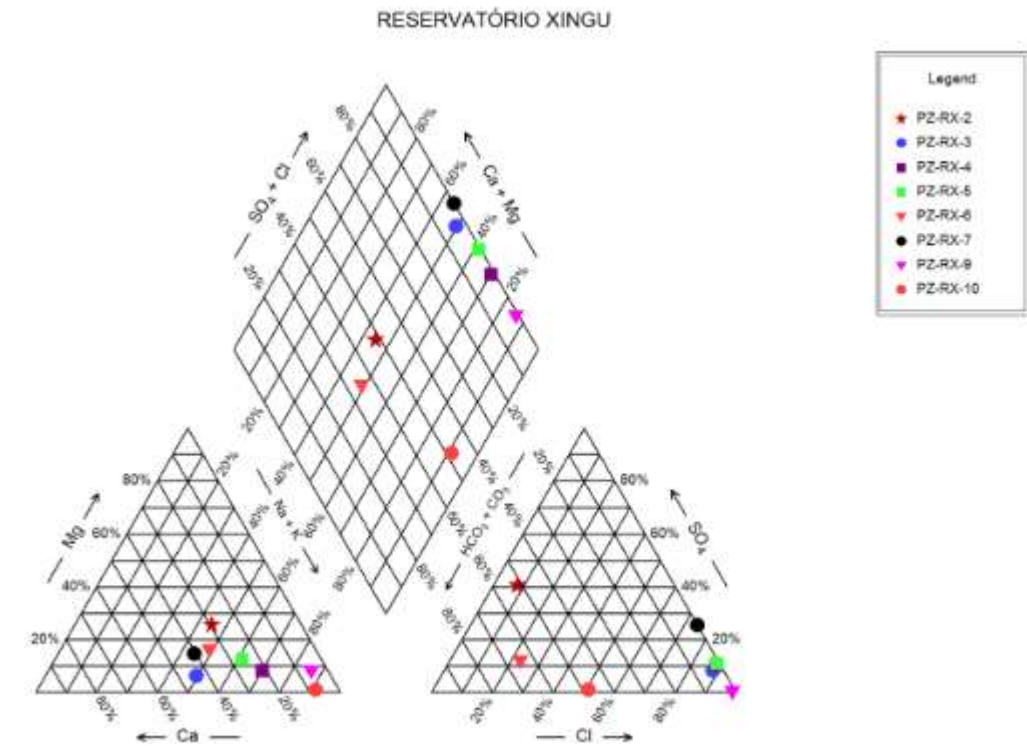


Figura 11.3.2 - 46 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

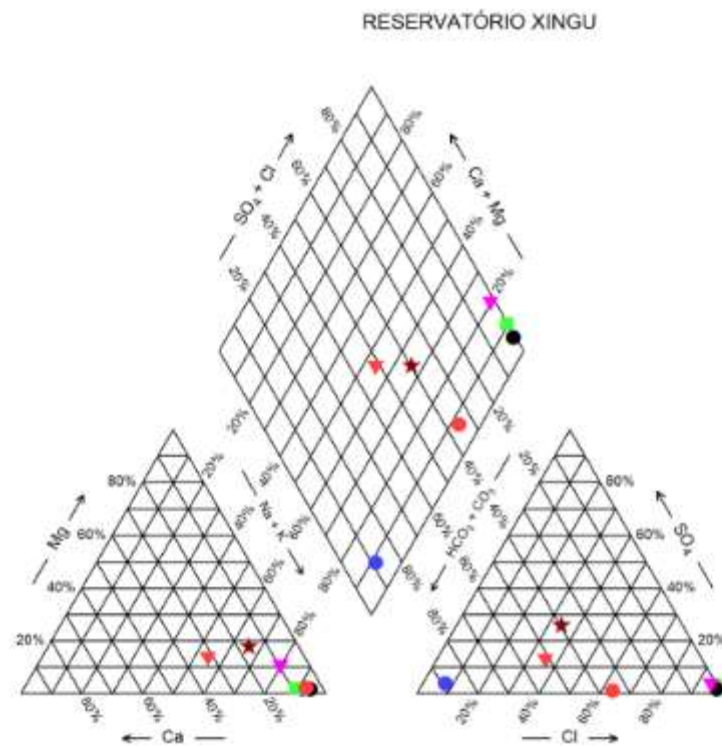


Figura 11.3.2 - 47 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

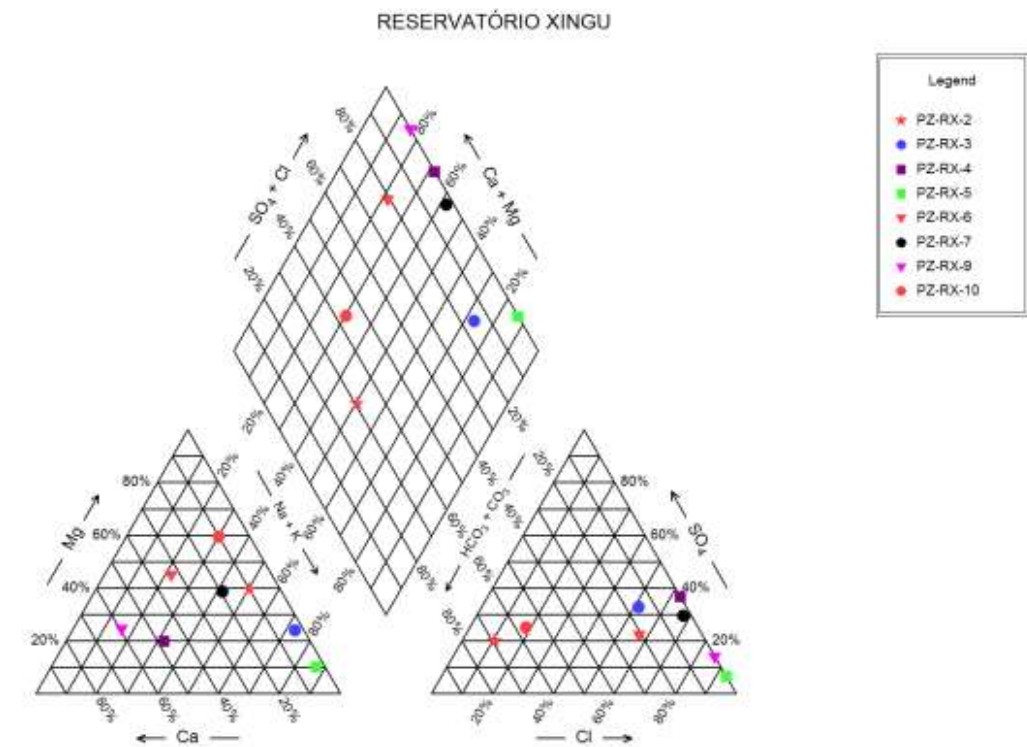


Figura 11.3.2 - 48 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

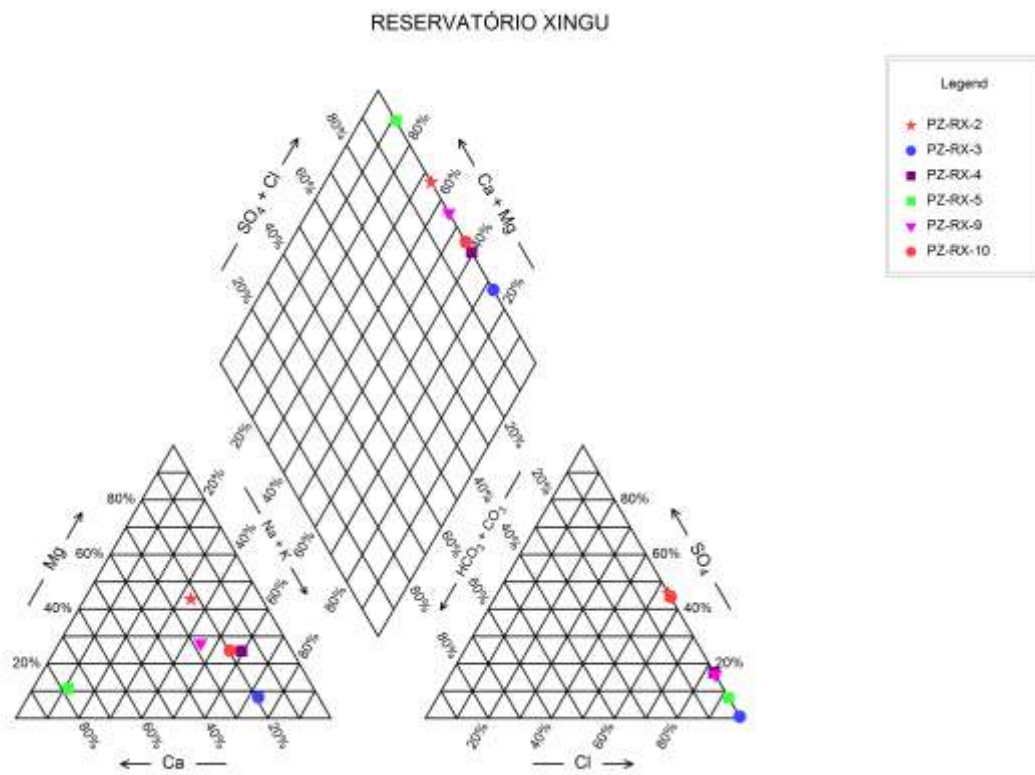


Figura 11.3.2 - 49 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

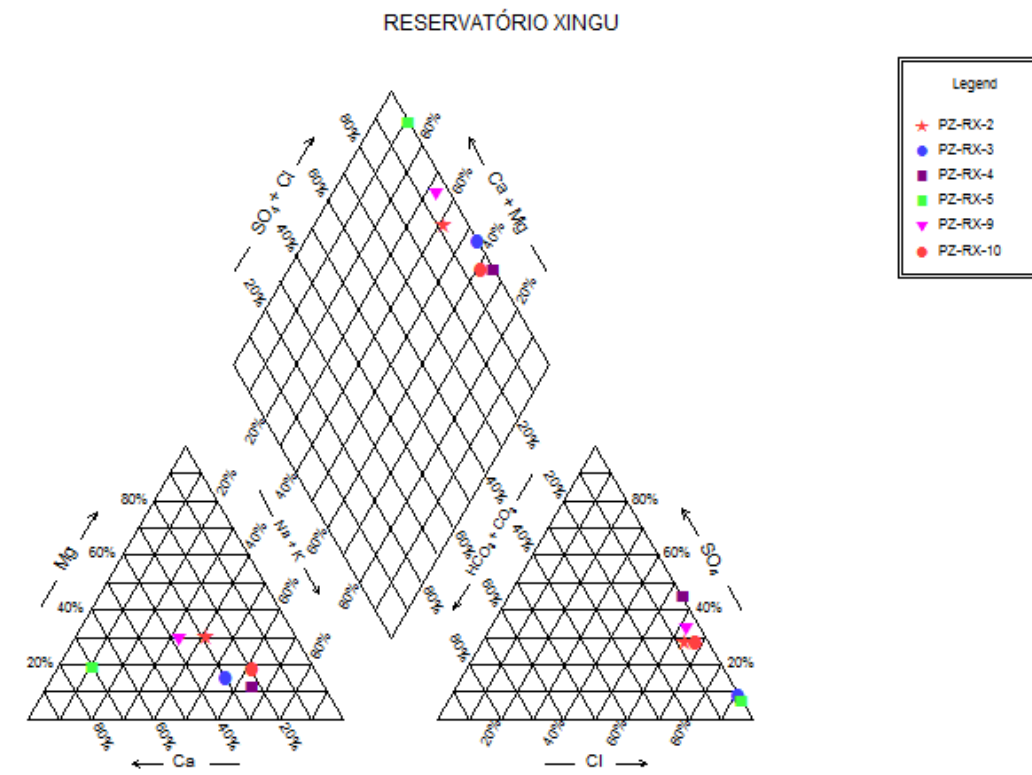


Figura 11.3.2 - 50 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 28 (Janeiro/2019).

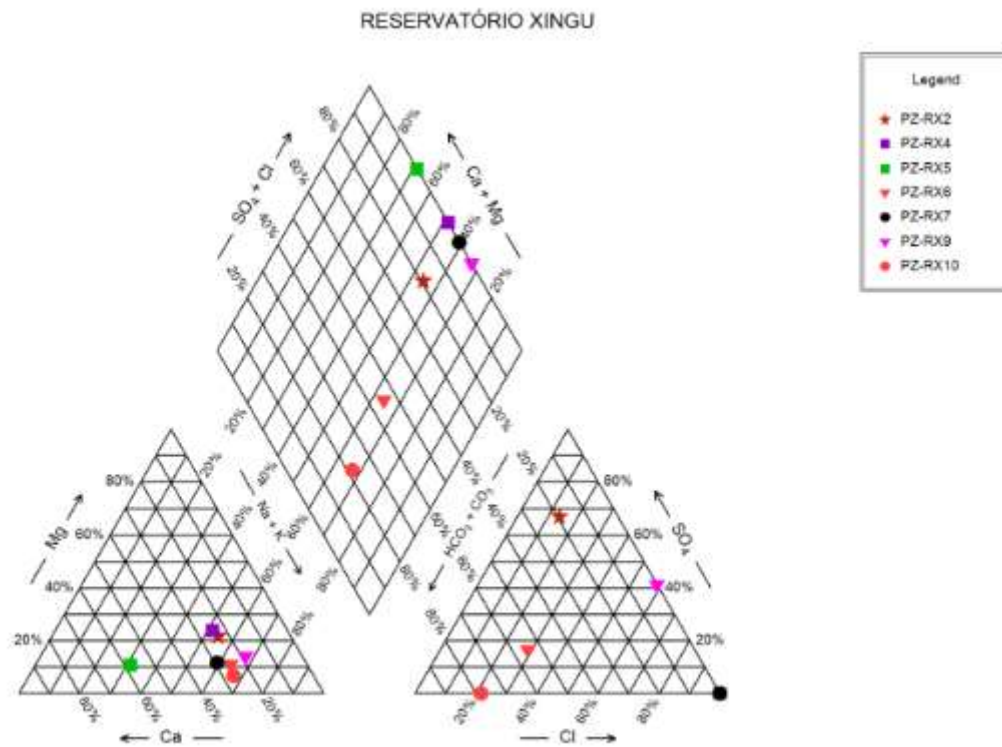


Figura 11.3.2 - 51 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

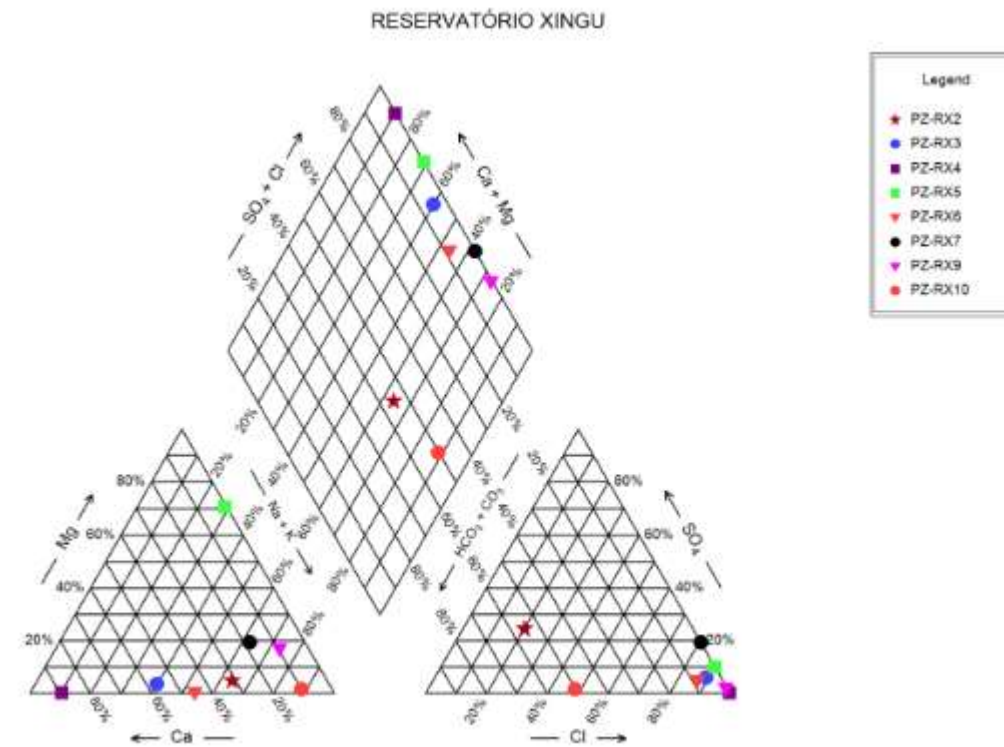


Figura 11.3.2 - 52 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

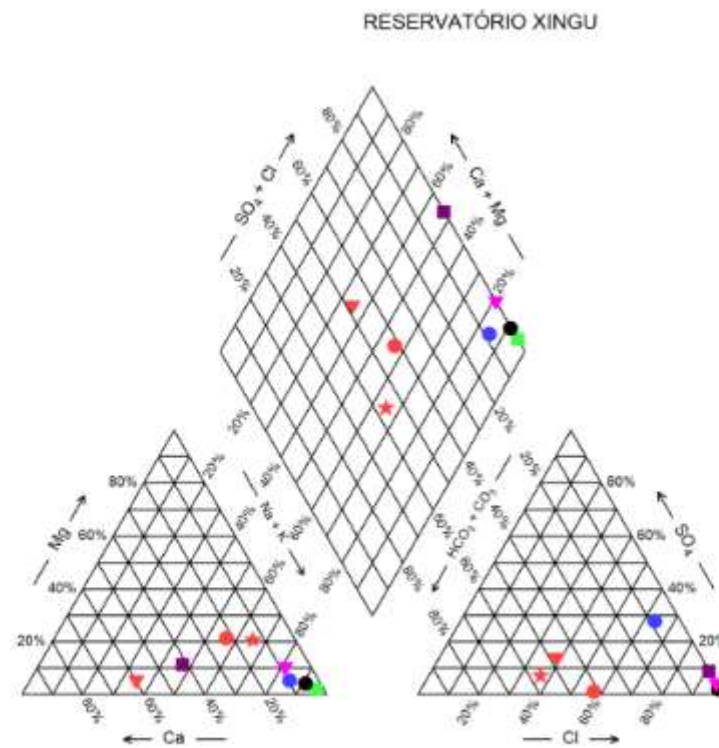


Figura 11.3.2 - 53 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

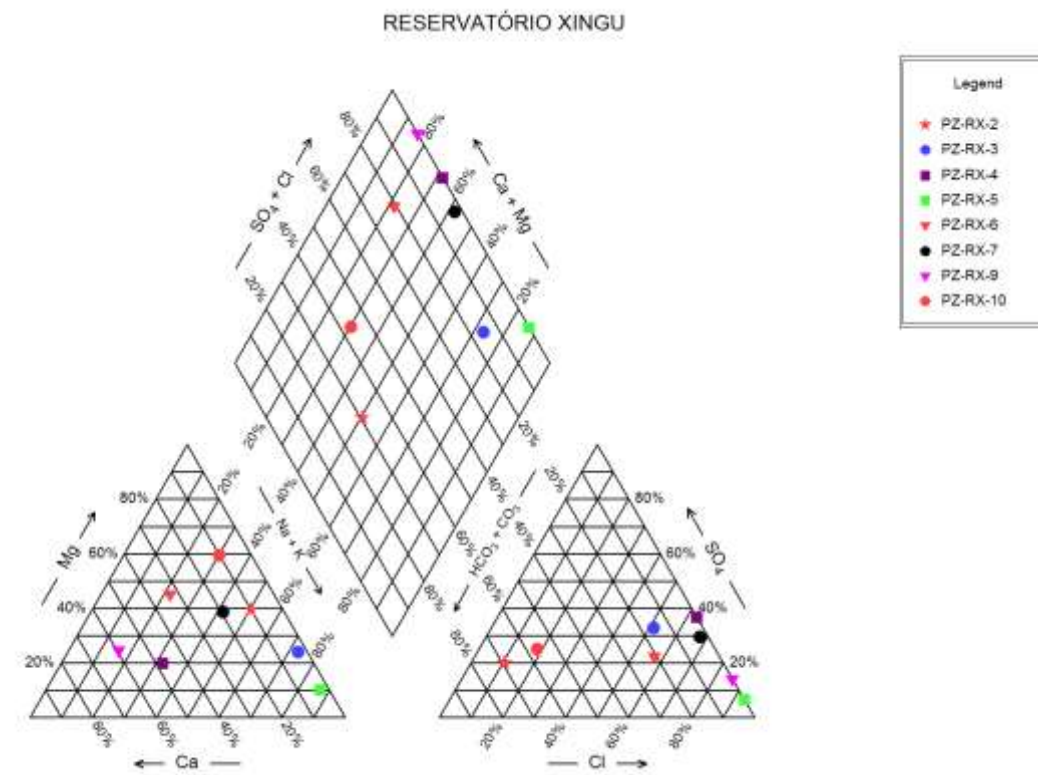


Figura 11.3.2 - 54 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

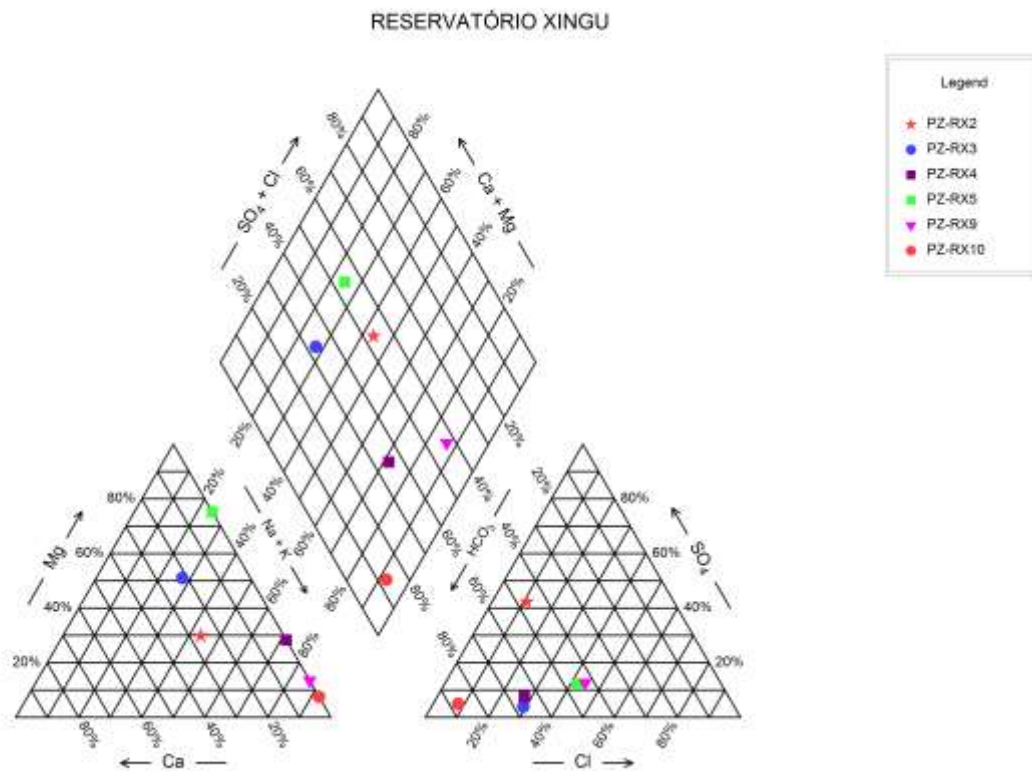


Figura 11.3.2 - 55 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

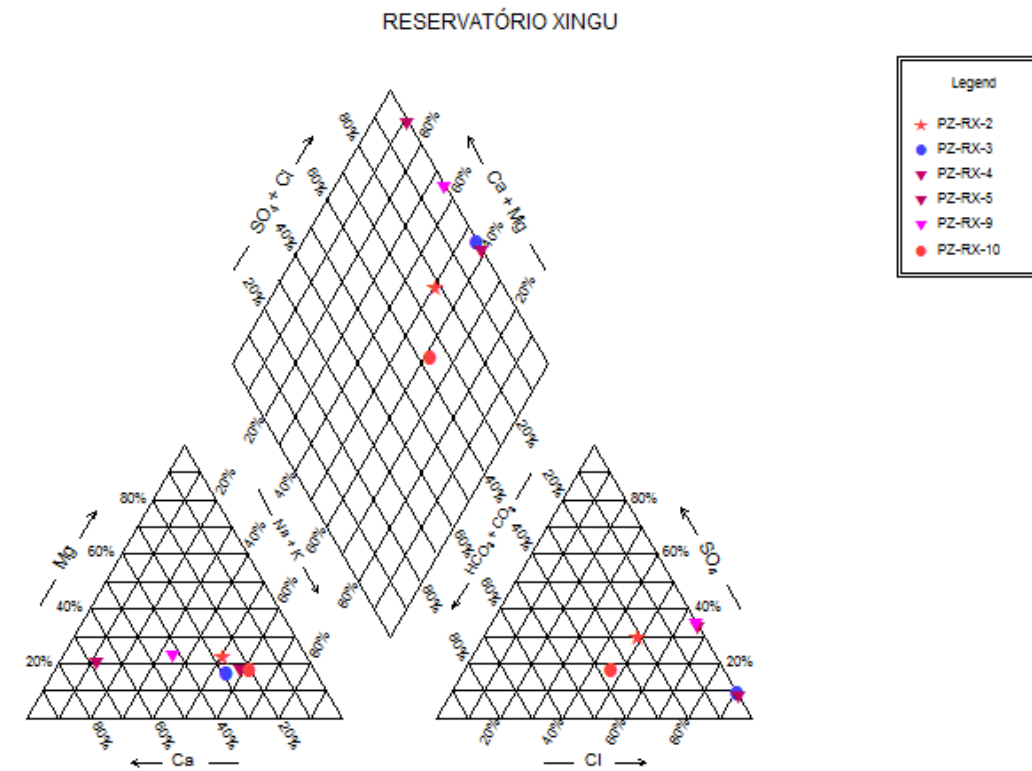


Figura 11.3.2 - 56 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

As **Figuras 11.3.2 - 57 a 11.3.2 - 61** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu para os períodos considerados como vazante para a região em 2014 a 2018 (Coletas 9, 13, 17, 21 e 25), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RX2: água mista - água mista - bicarbonatada magnesiana - água mista - água mista;
- PZ-RX3: bicarbonatada cálcica - cloretada sódica - sulfatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX4: cloretada sódica - cloretada sódica - sulfatada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX5: bicarbonatada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada cálcica;
- PZ-RX6: água mista - água mista - água mista – não coletada – não coletada;
- PZ-RX7: cloretada cálcica - cloretada cálcica - cloretada magnesiana – não coletada – não coletada;
- PZ-RX9: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada cálcica - água mista;
- PZ-RX10: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - bicarbonatada sódica - cloretada sódica.

As **Figuras 11.3.2 - 62 a 11.3.2 - 66** apresentam os diagramas para os períodos considerados como seca para a região em 2014 a 2018 (Coleta 10,14, 18, 22 e 26), cuja classificação é a seguinte:

- PZ-RX2: água mista - água mista - bicarbonatada magnesiana - água mista - água mista;
- PZ-RX3: água mista - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX4: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RX5: cloretada cálcica - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada cálcica - cloretada cálcica;
- PZ-RX6: água mista - água mista - água mista – não coletada – não coletada;

- PZ-RX7: cloretada sódica - cloretada sódica - água mista – não coletada – não coletada;
- PZ-RX9: sulfatada sódica - água mista - cloretada cálcica - cloretada sódica - água mista;
- PZ-RX10: bicarbonatada sódica - bicarbonatada sódica - água mista - sulfatada sódica - água mista.

Em alguns casos, a água passa de cloretada cálcica para cloretada sódica (ou vice-versa), sugerindo provável contaminação, pois o sódio é atribuído a contaminações antrópicas, o que pode ocorrer em alguns poços pouco profundos, com água residindo por pouco tempo no aquífero. Em casos nos quais a água passa de bicarbonatada para cloretada, o cloreto pode ser oriundo das águas de chuvas anômalas, ou de contaminação por efluentes domésticos (no caso de utilização de fossa), ou mesmo devido a dejetos de animais, por se tratar de áreas rurais com atividades agropecuárias.

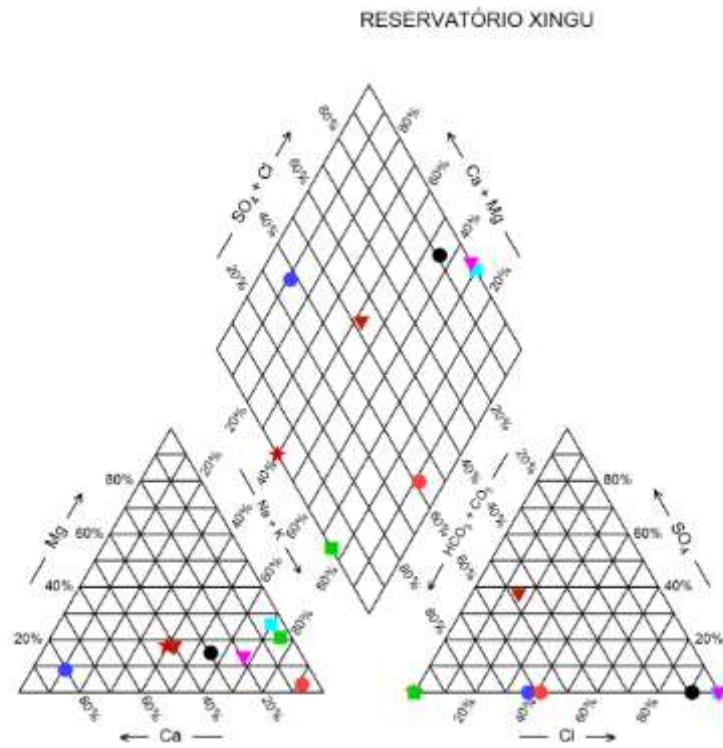


Figura 11.3.2 - 57 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

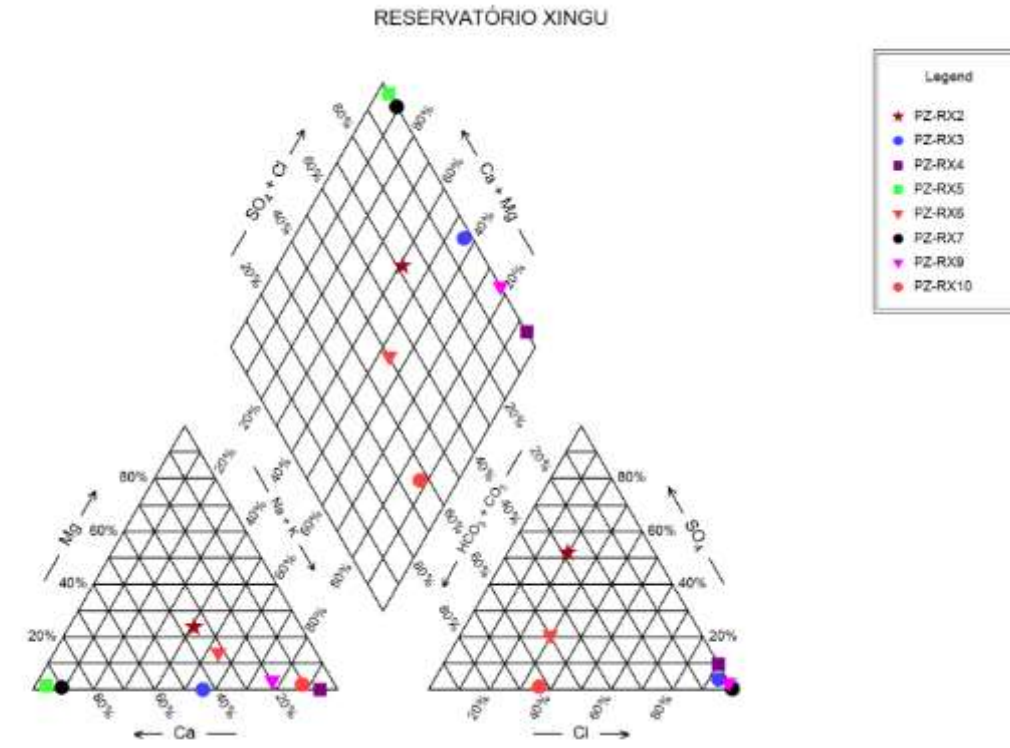


Figura 11.3.2 - 58 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

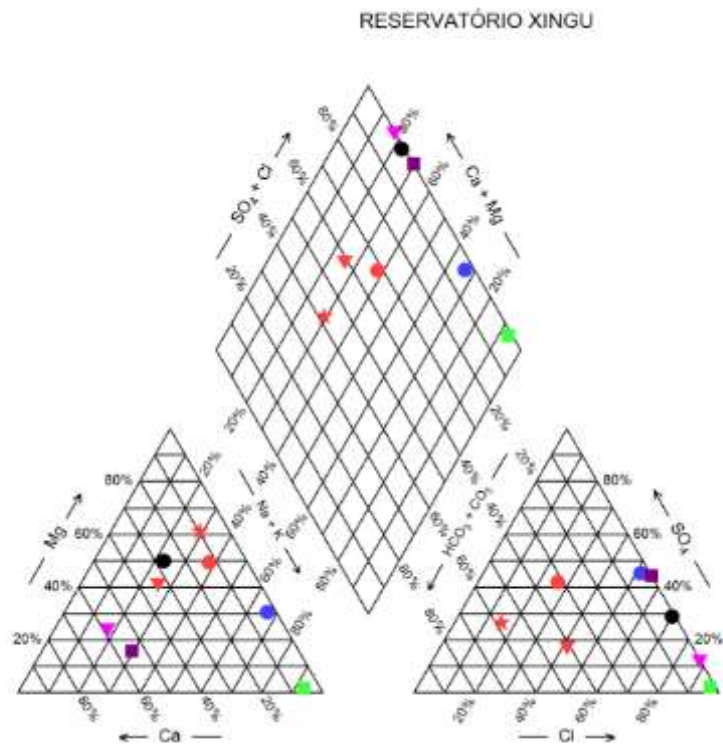


Figura 11.3.2 - 59 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

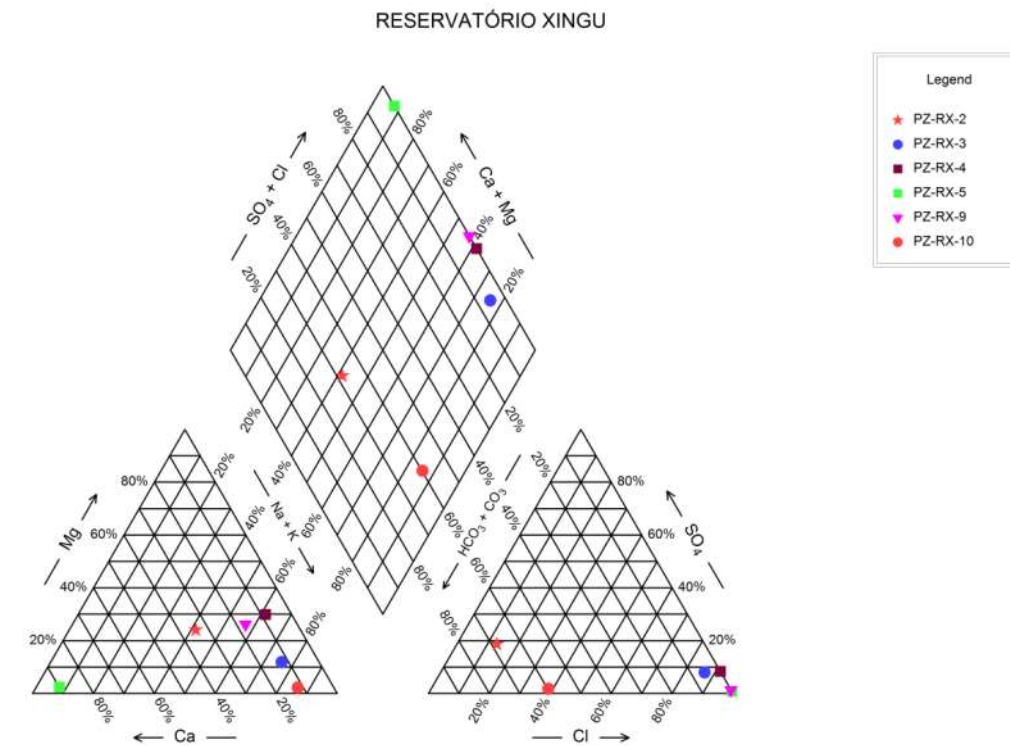


Figura 11.3.2 - 60 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

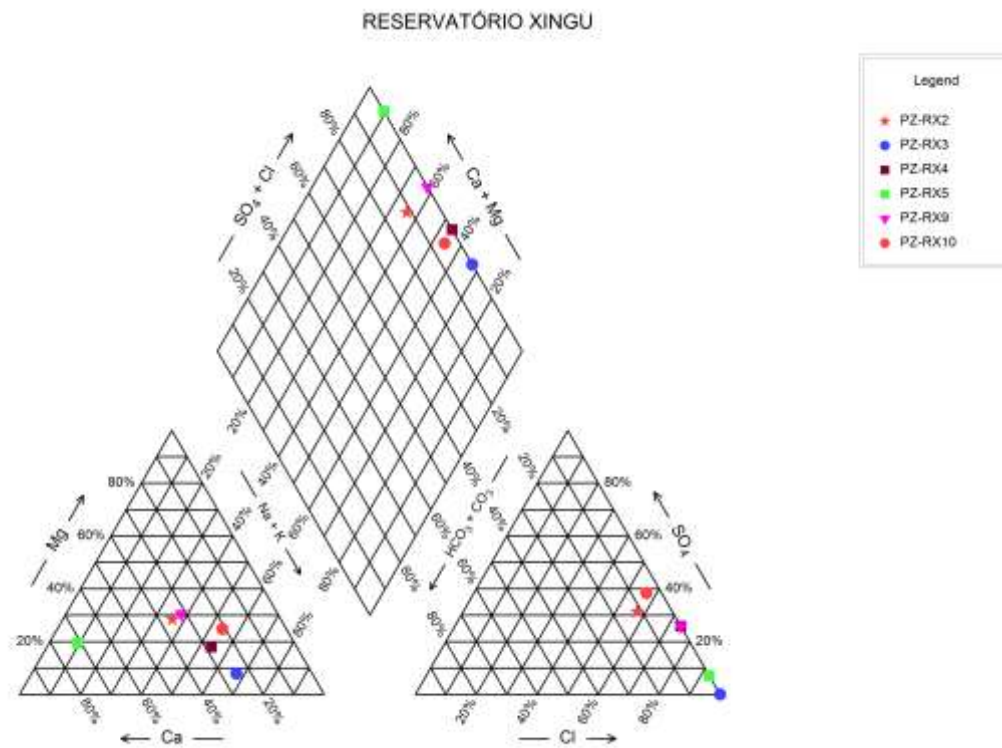


Figura 11.3.2 - 61 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).

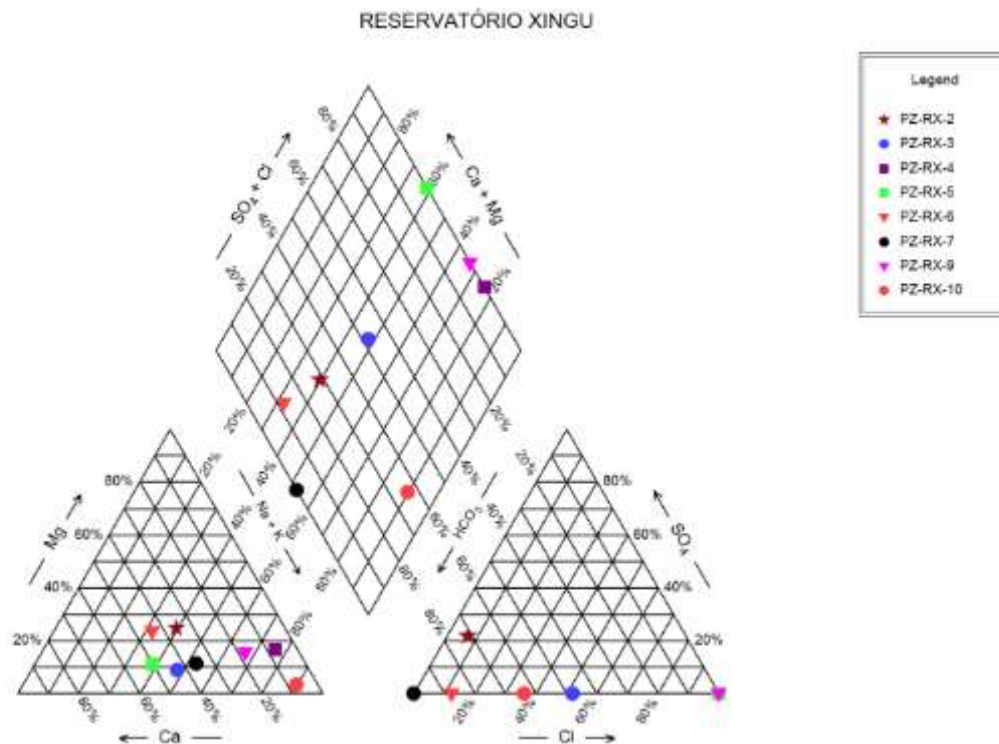


Figura 11.3.2 - 62 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

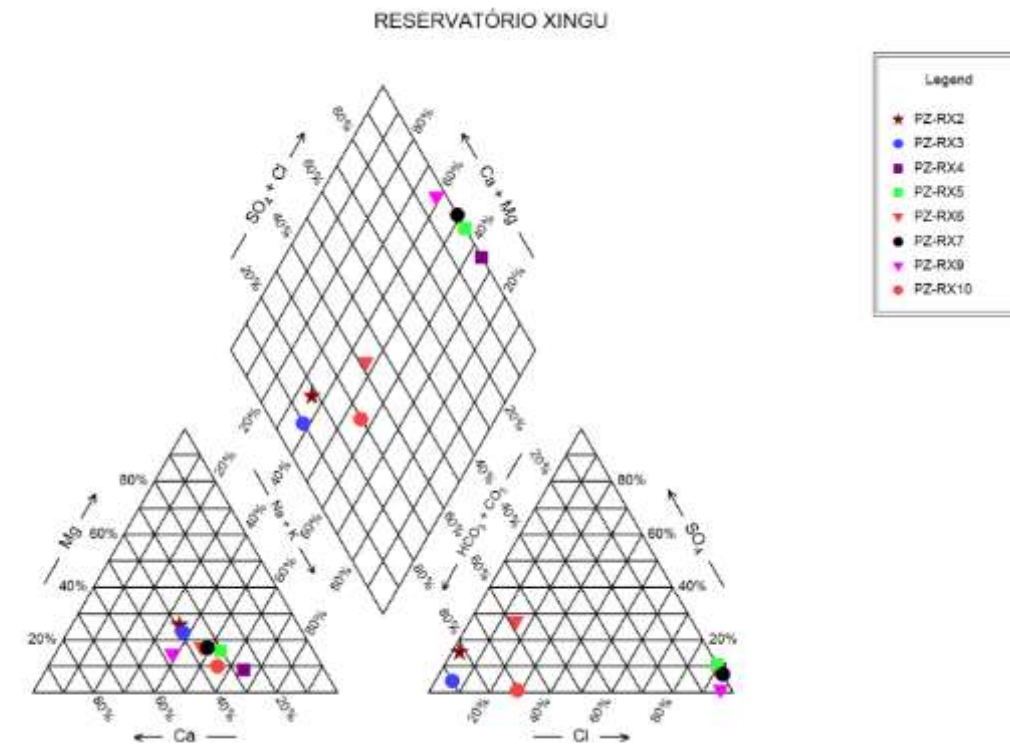


Figura 11.3.2 - 63 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

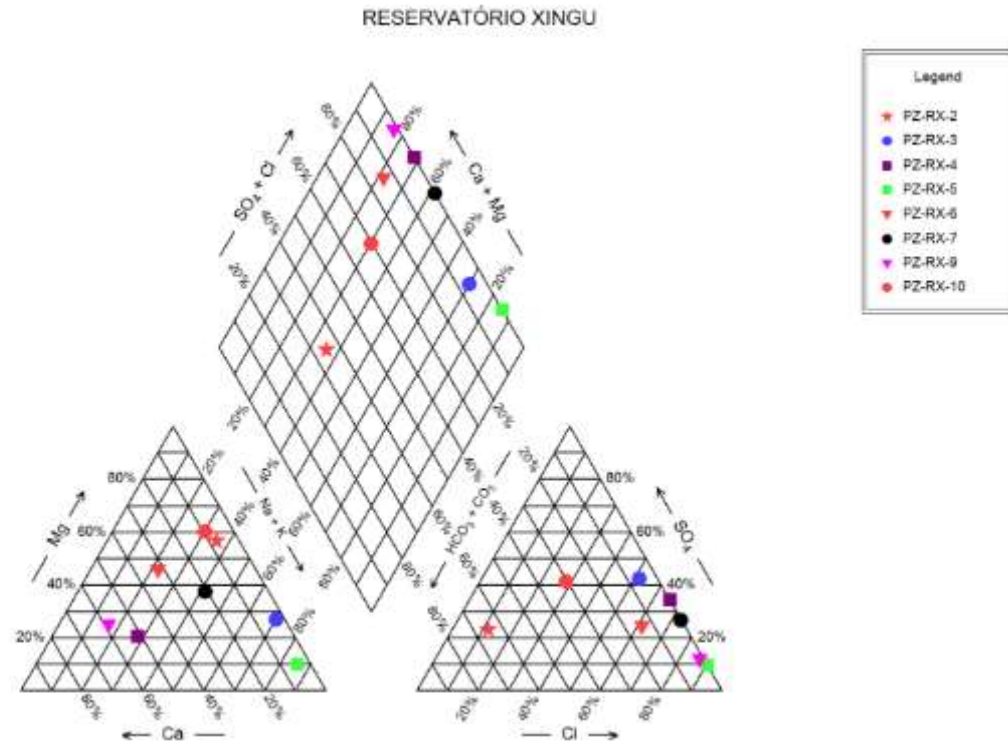


Figura 11.3.2 - 64 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

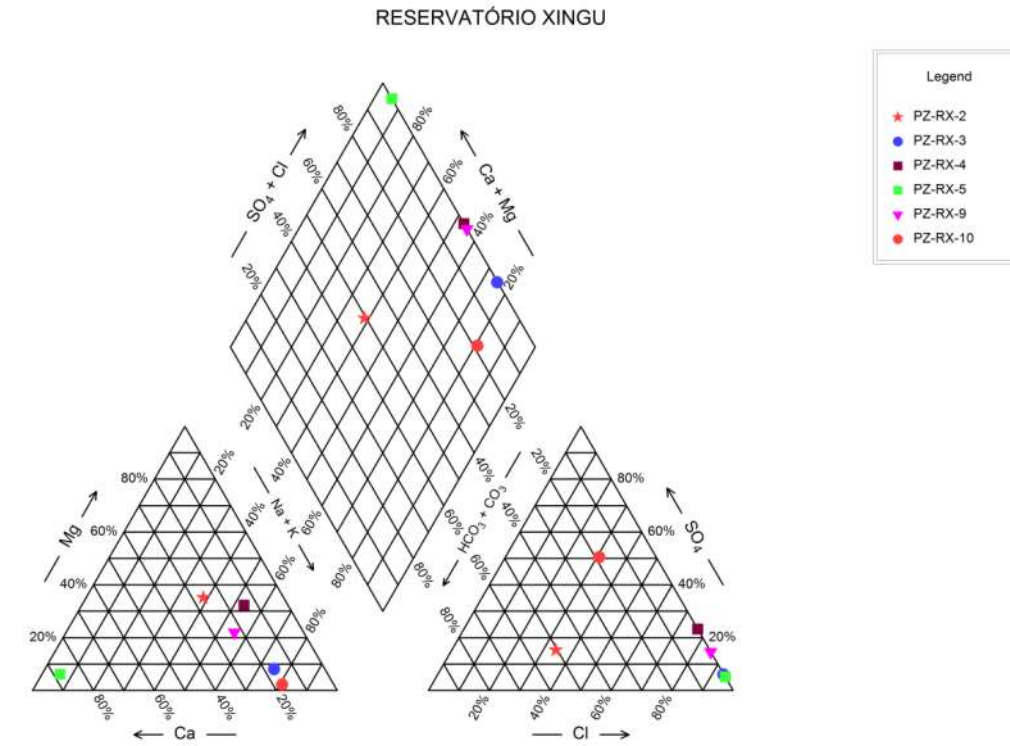


Figura 11.3.2 - 65 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

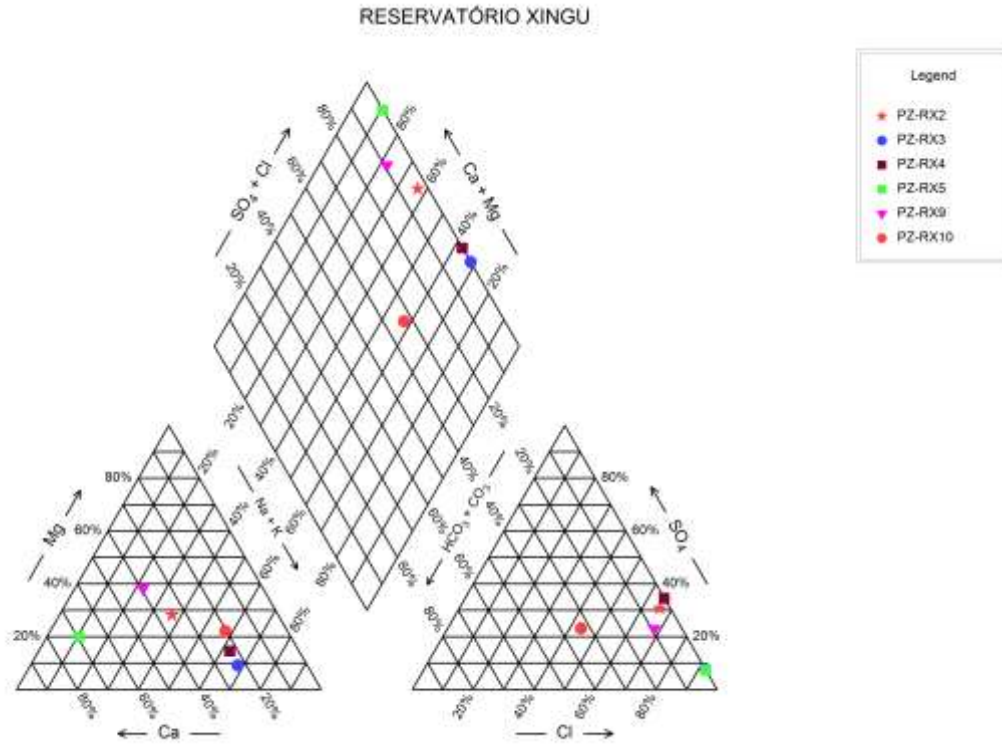


Figura 11.3.2 - 66 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Xingu, Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

D) ENTORNO DO RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO (RI)

As Figuras seguintes referem-se ao entorno do Reservatório Intermediário. As **Figuras 11.3.2 - 67 a 11.3.2 - 72** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços instalados na região, para os períodos considerados como enchente em 2014 a 2019 (Coletas 7, 11, 15, 19, 23 e 27), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RI1: água mista - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - sulfatada sódica – não coletada;
- PZ-RI2: sulfatada magnesiana - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – água mista;
- PZ-RI3: sulfatada sódica - não coletada - não coletada - água mista - cloretada cálcica - cloretada cálcica;
- PZ-RI5: sulfatada sódica - água mista - não coletada - não coletada - não coletada – não coletada.
- PZ-RI6: não coletada - não coletada - não coletada – água mista – cloretada sódica – cloretada sódica.

As **Figuras 11.3.2 - 73 a 11.3.2 - 77** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário para os períodos considerados como cheia para a região em 2014 a 2019 (Coleta 8, 12, 16 e 20), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RI1: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista – bicarbonatada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RI2: cloretada magnesiana - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica – bicarbonatada magnesiana – água mista;
- PZ-RI3: água mista - não coletada - não coletada - água mista – bicarbonatada magnesiana – cloretada cálcica;
- PZ-RI4: bicarbonatada cálcica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RI5: sulfatada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RI6: não coletada - não coletada - cloretada cálcica - água mista – cloretada magnesiana – cloretada sódica.

Os poços monitorados no entorno do Reservatório Intermediário apresentam comportamento contrastante em comparação aos dados dos poços das demais localidades. Em amostras nas quais o ânion predominante passa para cloreto, é provável que este fato represente a entrada de cloreto de águas contaminadas infiltradas (casos onde há alguma fossa negra nas proximidades dos poços monitorados, ou mesmo pela infiltração de excrementos animais nas proximidades dos poços monitorados em residências rurais).

A maior parte das mudanças de composição das águas deve ser atribuída aos aquíferos freáticos, que são mais suscetíveis às variações por águas de rápida infiltração, variações por incrementos de íons a partir dos saprolitos e alterações devidas à diluição, quando as chuvas se intensificam na região. Outra possível procedência do cloreto, junto ao sulfato, pode estar relacionada com a água da chuva, pois é uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica.

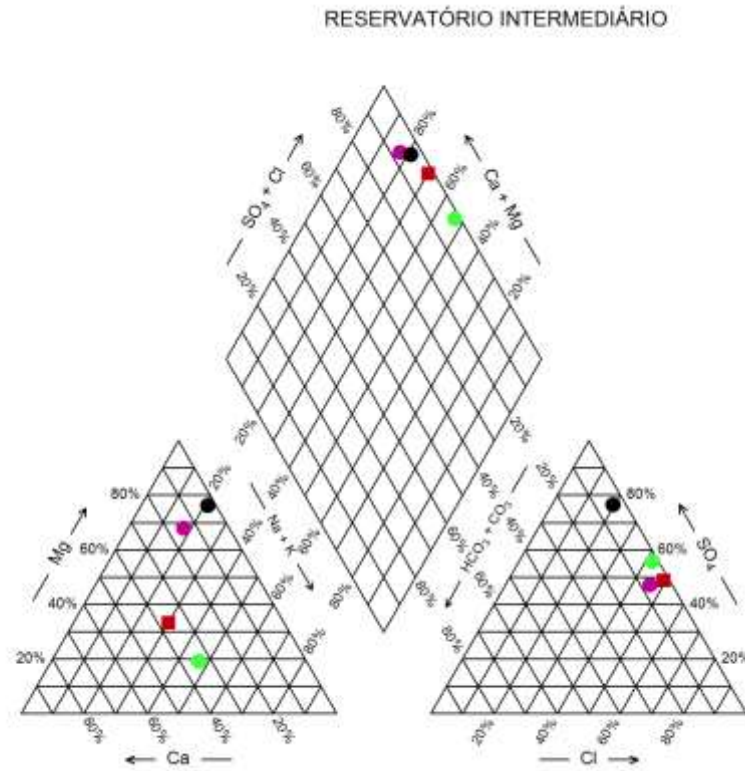


Figura 11.3.2 - 67 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

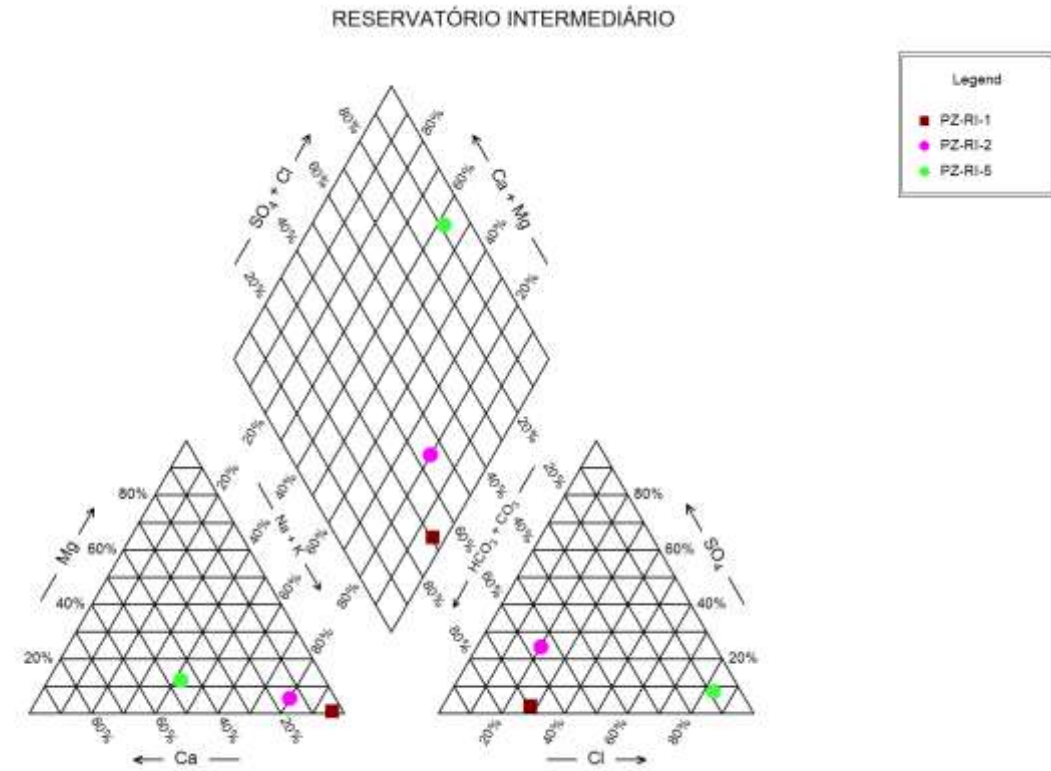


Figura 11.3.2 - 68 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

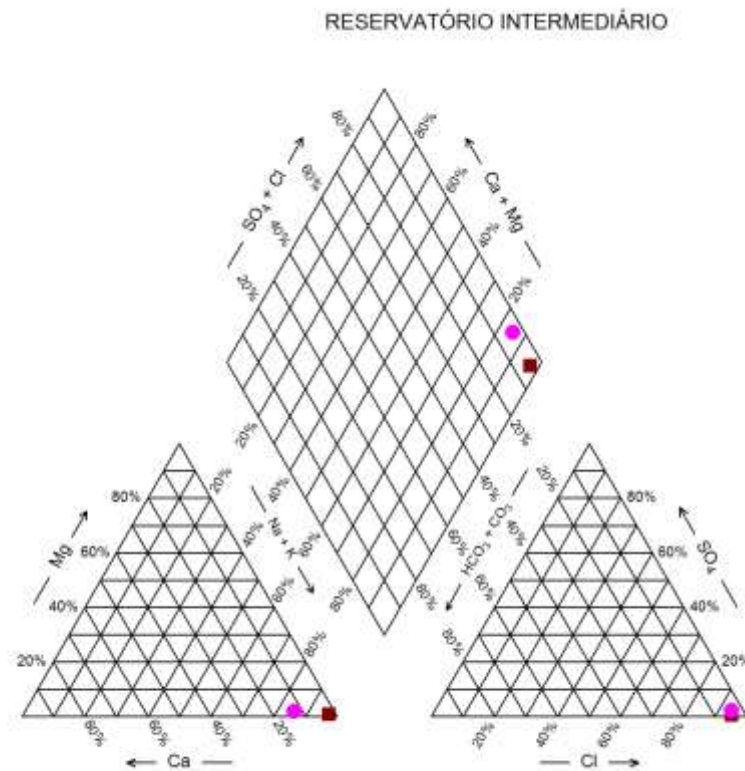


Figura 11.3.2 - 69 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

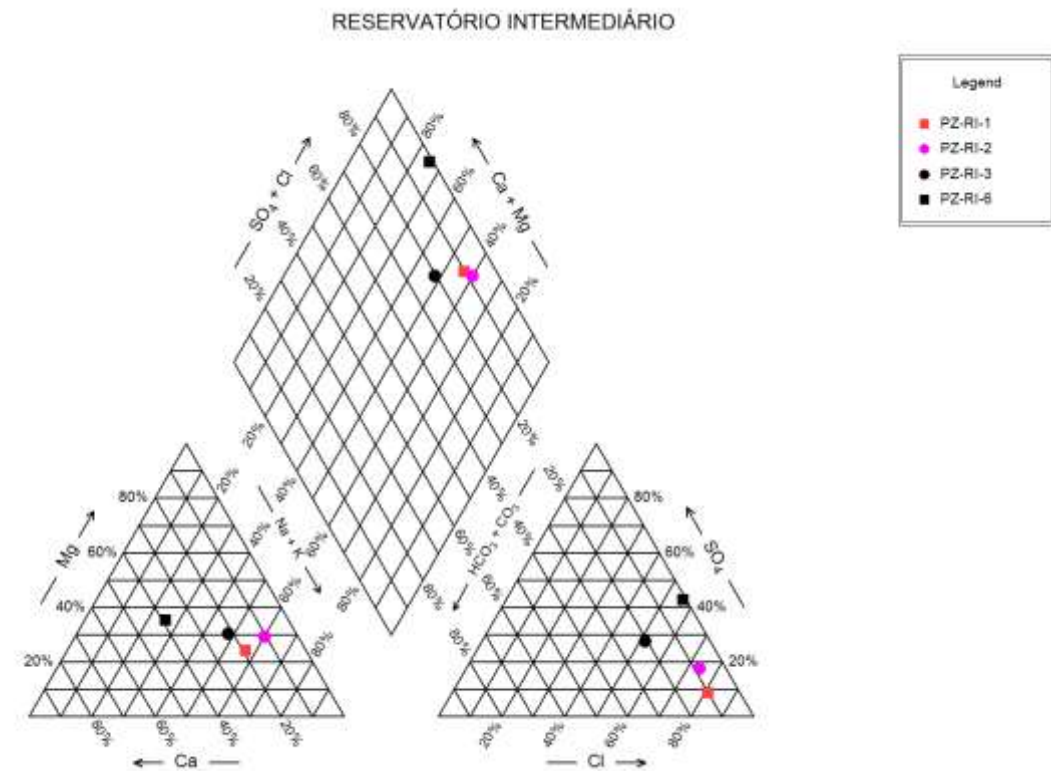


Figura 11.3.2 - 70 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

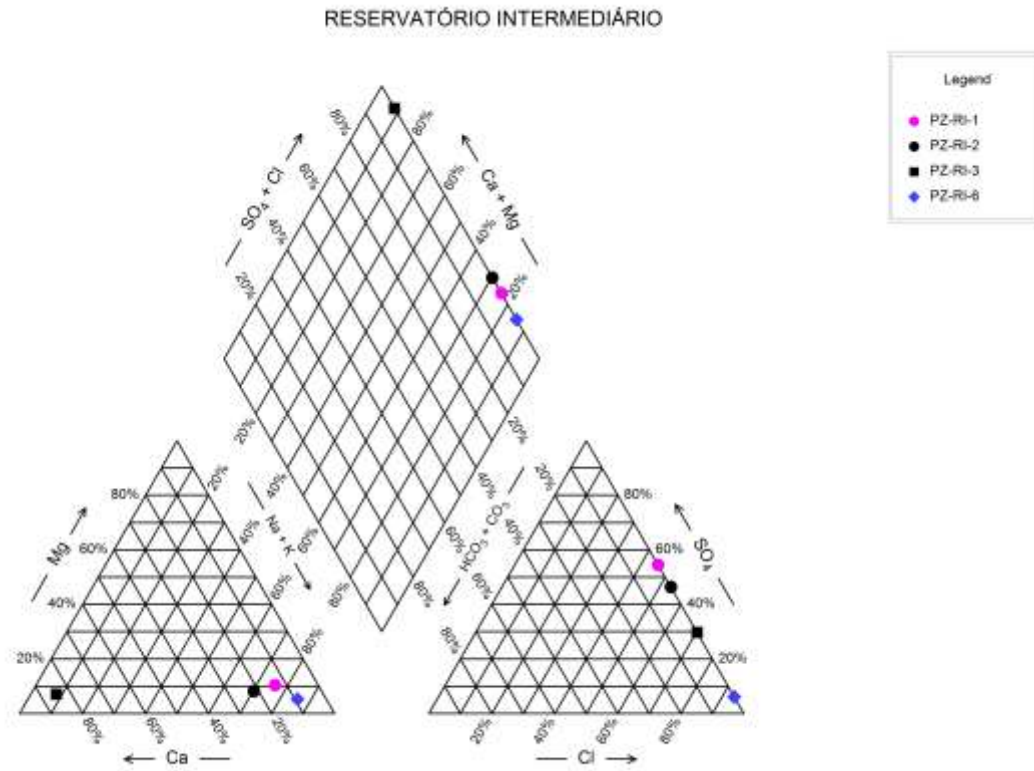


Figura 11.3.2 - 71 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

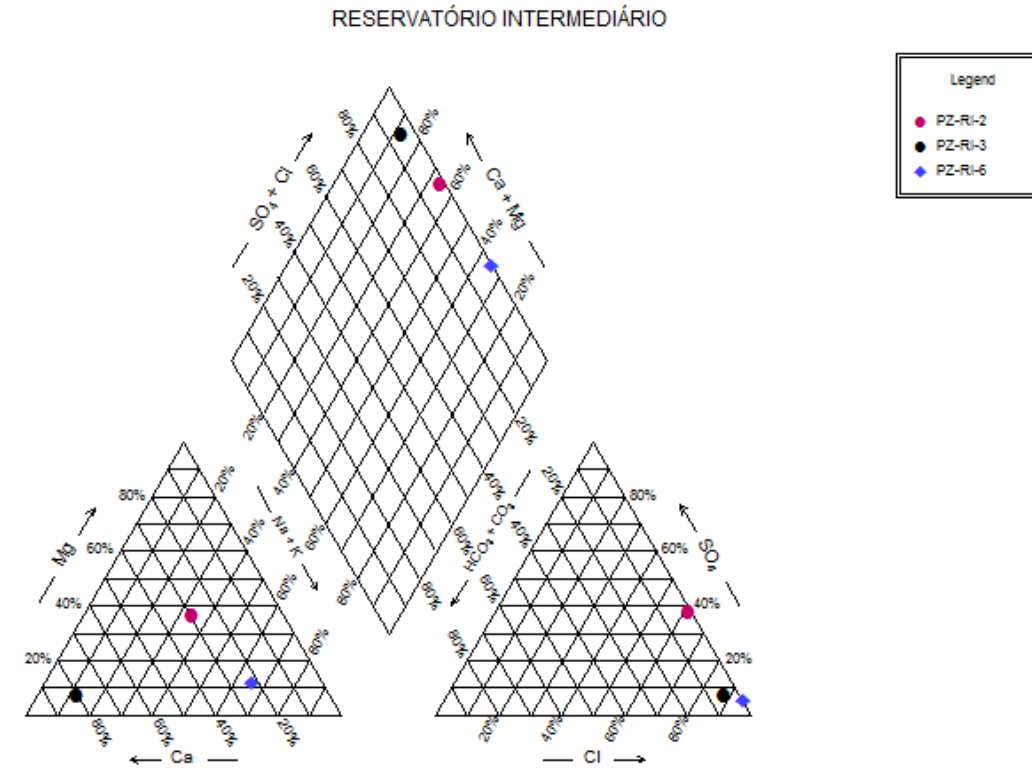


Figura 11.3.2 - 72 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 27 (Janeiro/2019).

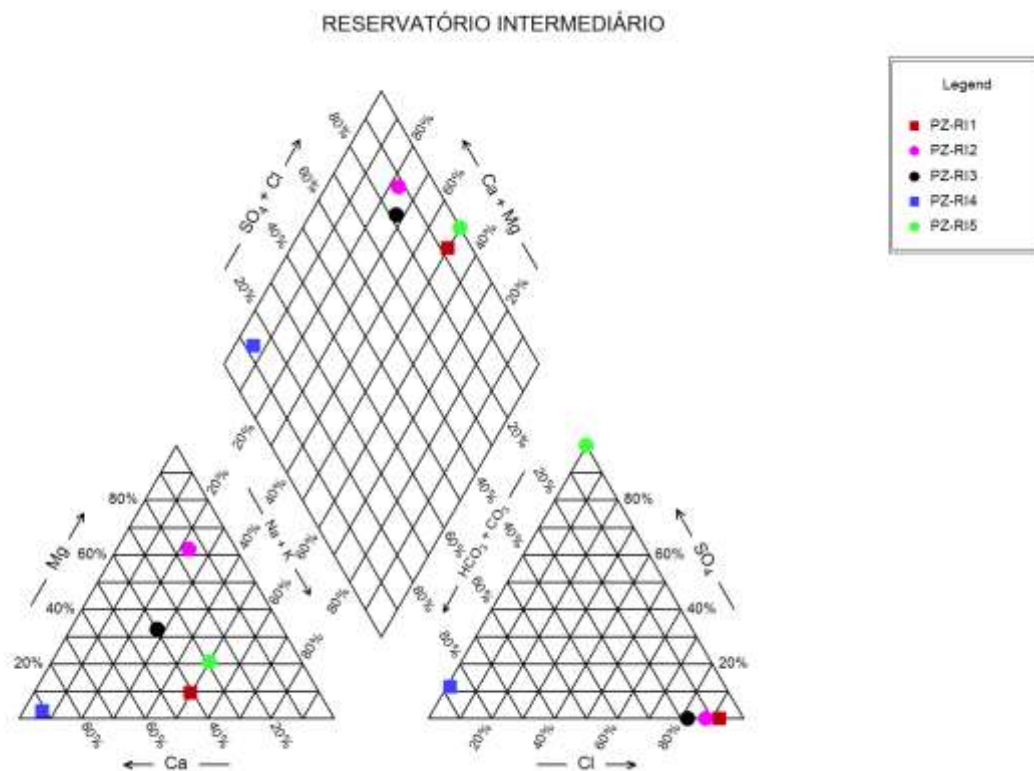


Figura 11.3.2 - 73 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

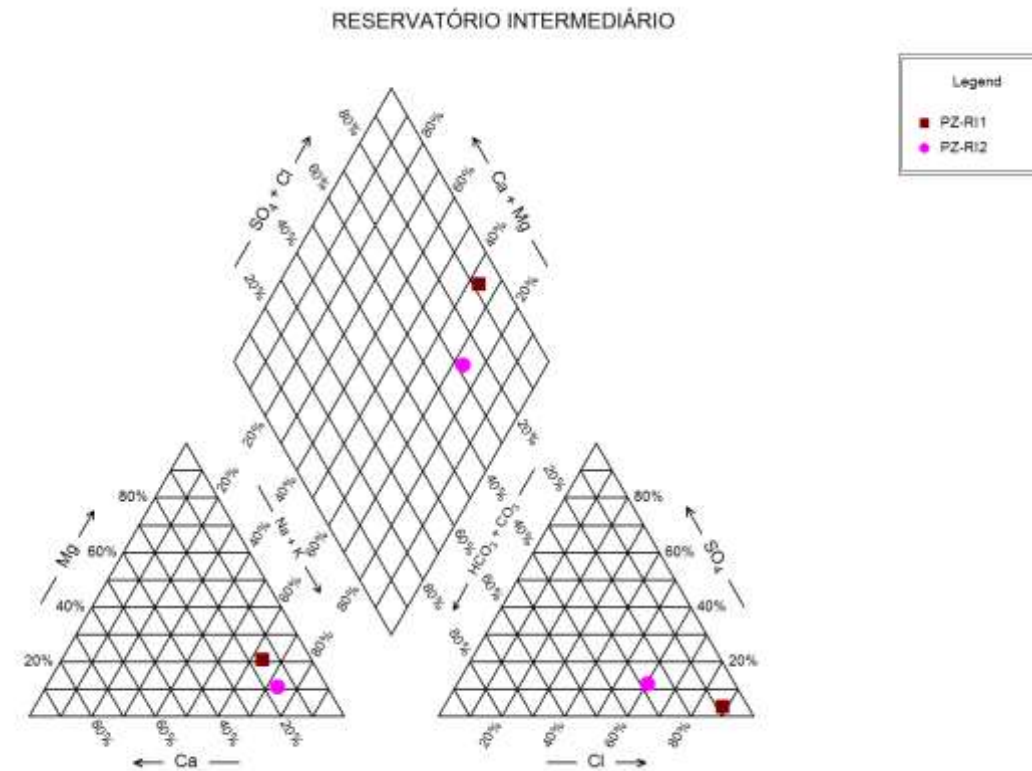


Figura 11.3.2 - 74 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

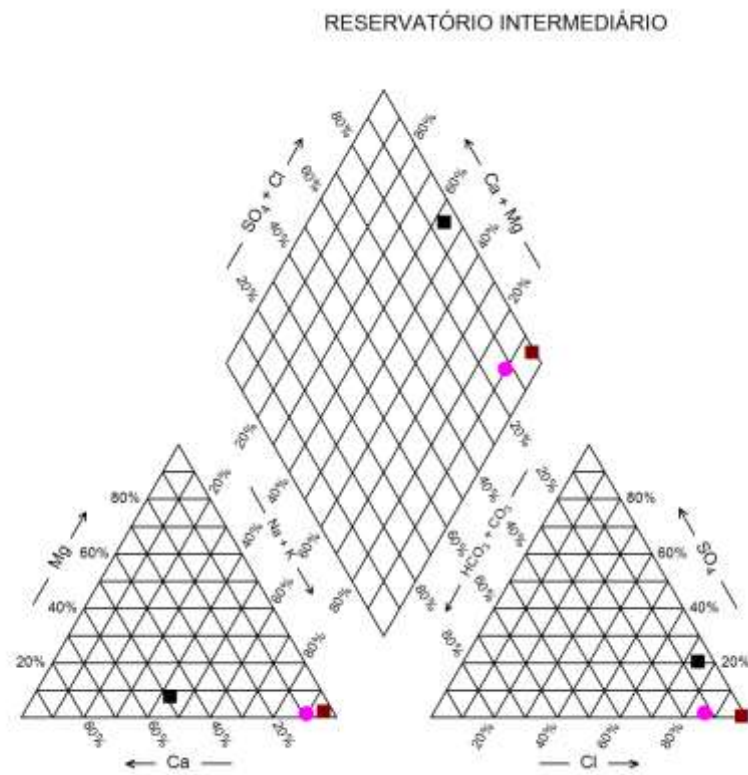


Figura 11.3.2 - 75 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

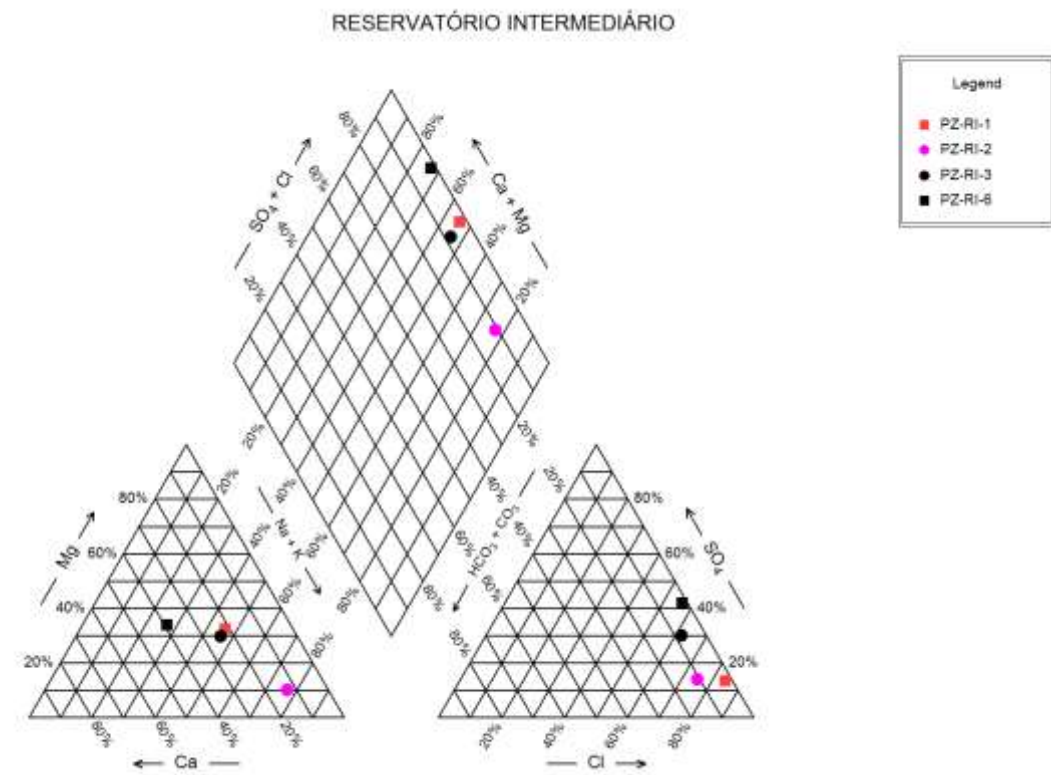


Figura 11.3.2 - 76 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

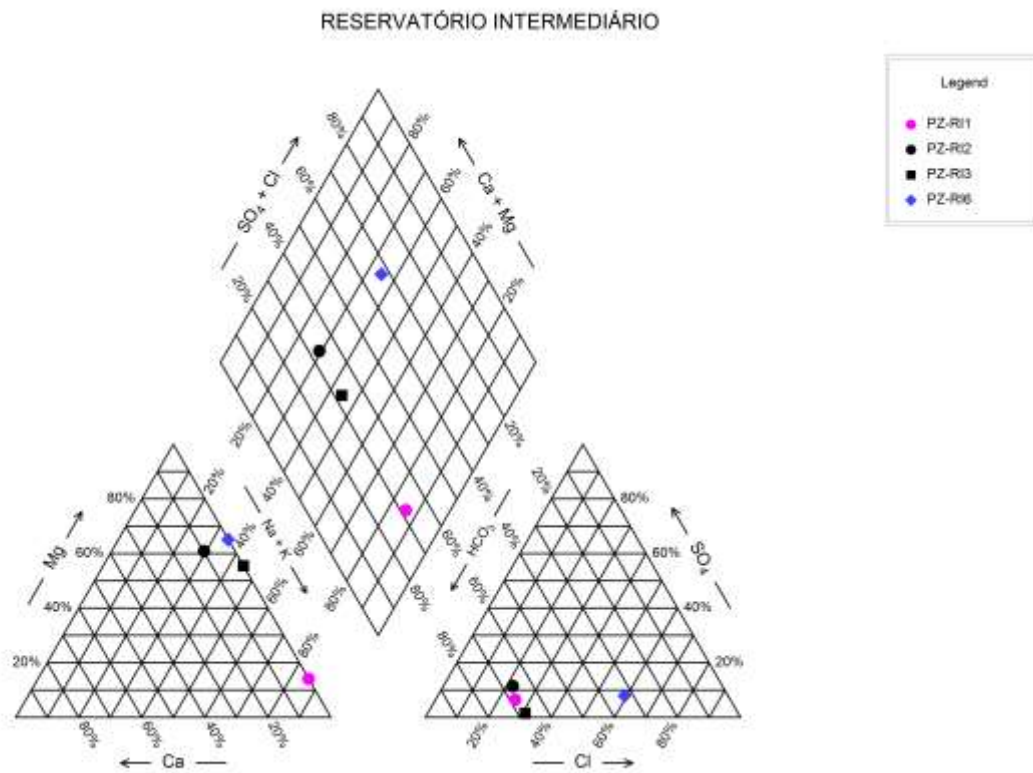


Figura 11.3.2 - 77 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

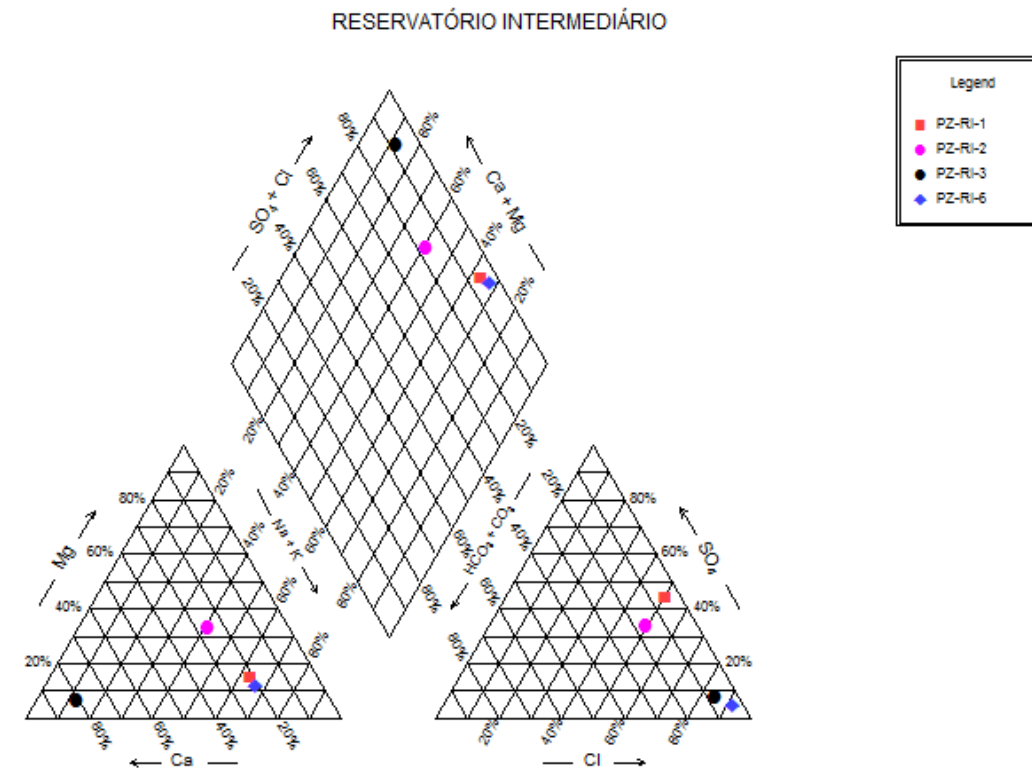


Figura 11.3.2 - 78 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

As **Figuras 11.3.2 - 79 a 11.3.2 - 83** apresentam os diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário para os períodos considerados como vazante para a região em 2014 a 2018 (Coletas 9, 13, 17, 21 e 25), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RI1: cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica;
- PZ-RI2: bicarbonatada magnésiana - cloretada sódica - cloretada sódica - água mista – cloretada magnésiana;
- PZ-RI3: bicarbonatada magnésiana - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada cálcica - não coletada;
- PZ-RI5: cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RI6: não coletada - não coletada - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica.

As **Figuras 11.3.2 - 84 a 11.3.2 - 88** apresentam os diagramas para os períodos considerados como seca para a região em 2014 a 2018 (Coleta 10, 14, 18, 22 e 26), cuja classificação das amostras é a seguinte nos respectivos anos:

- PZ-RI1: água mista - bicarbonatada sódica - cloretada sódica - cloretada sódica - não coletada;
- PZ-RI2: bicarbonatada magnésiana - cloretada sódica - cloretada sódica - bicarbonatada sódica – água mista;
- PZ-RI3: bicarbonatada magnésiana - cloretada cálcica - cloretada sódica - cloretada cálcica – água mista;
- PZ-RI5: cloretada sódica - não coletada - não coletada - não coletada - não coletada;
- PZ-RI6: não coletada - não coletada - água mista - cloretada sódica - cloretada sódica.

Em alguns casos, a água passa de bicarbonatada magnésiana a cloretada sódica, sugerindo provável contaminação; o sódio é frequentemente atribuído a contaminações antrópicas, o que pode ocorrer em alguns poços pouco profundos e água residindo por pouco tempo no aquífero. Uma possível procedência do cloreto pode estar relacionada à água da chuva, por exemplo, por ser uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica para os casos nos quais a água passa de bicarbonatada para cloretada.

O baixo teor de sólidos dissolvidos nas águas da região facilita a mudança da classificação das águas em todos os casos. Como os íons presentes nas águas apresentam baixos valores, qualquer pequena mudança por diluição ou por concentração sazonal pode modificar a classificação. Em casos de águas mais mineralizadas, a mudança da classificação exige entrada de elevadas concentrações de determinados íons.

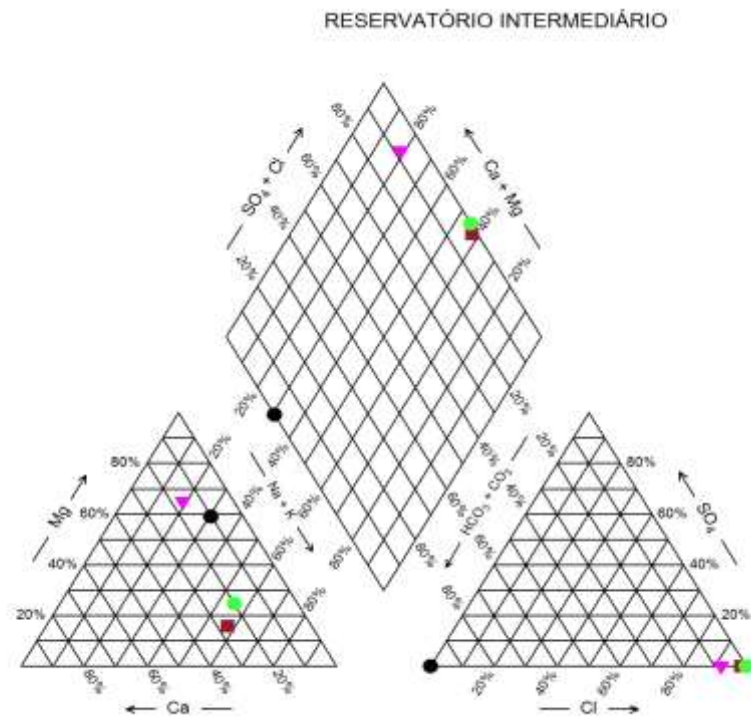


Figura 11.3.2 - 79 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

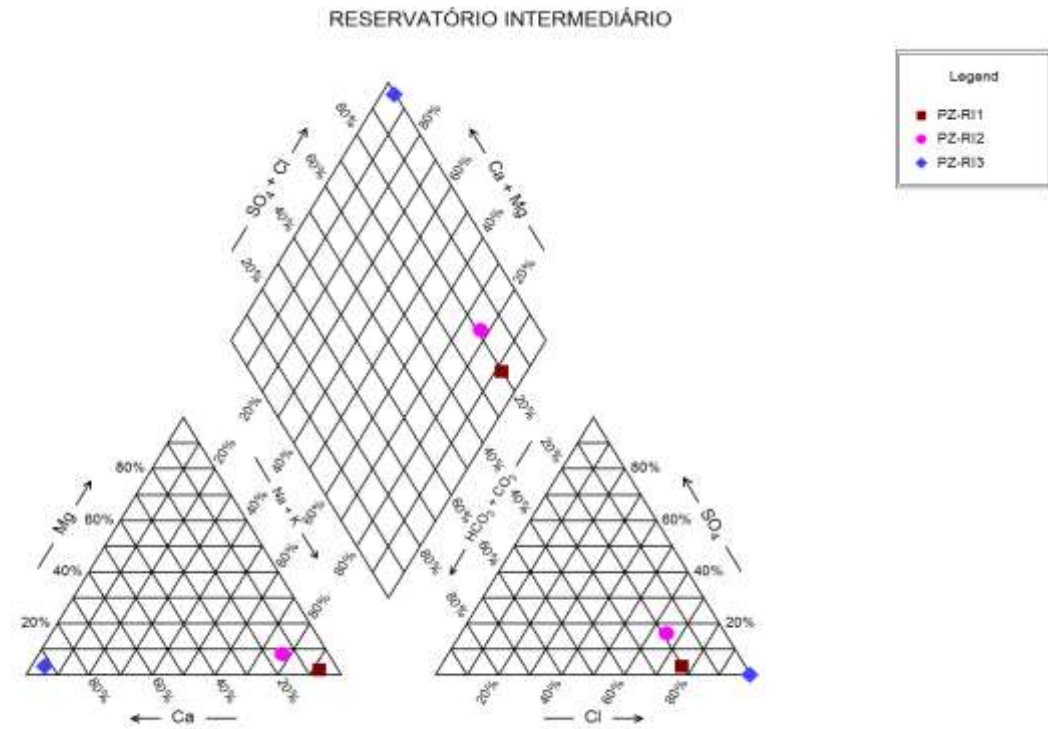


Figura 11.3.2 - 80 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

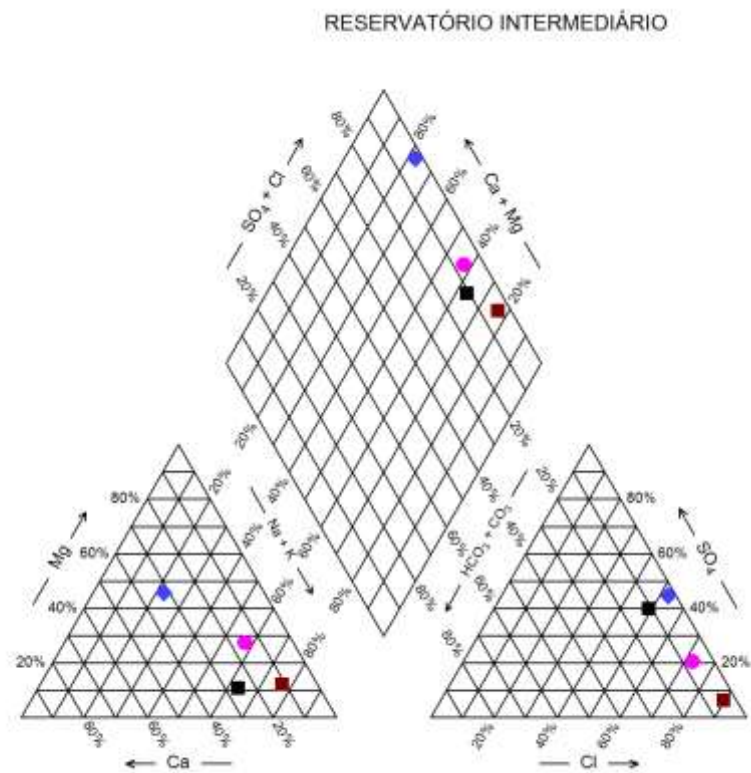


Figura 11.3.2 - 81 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

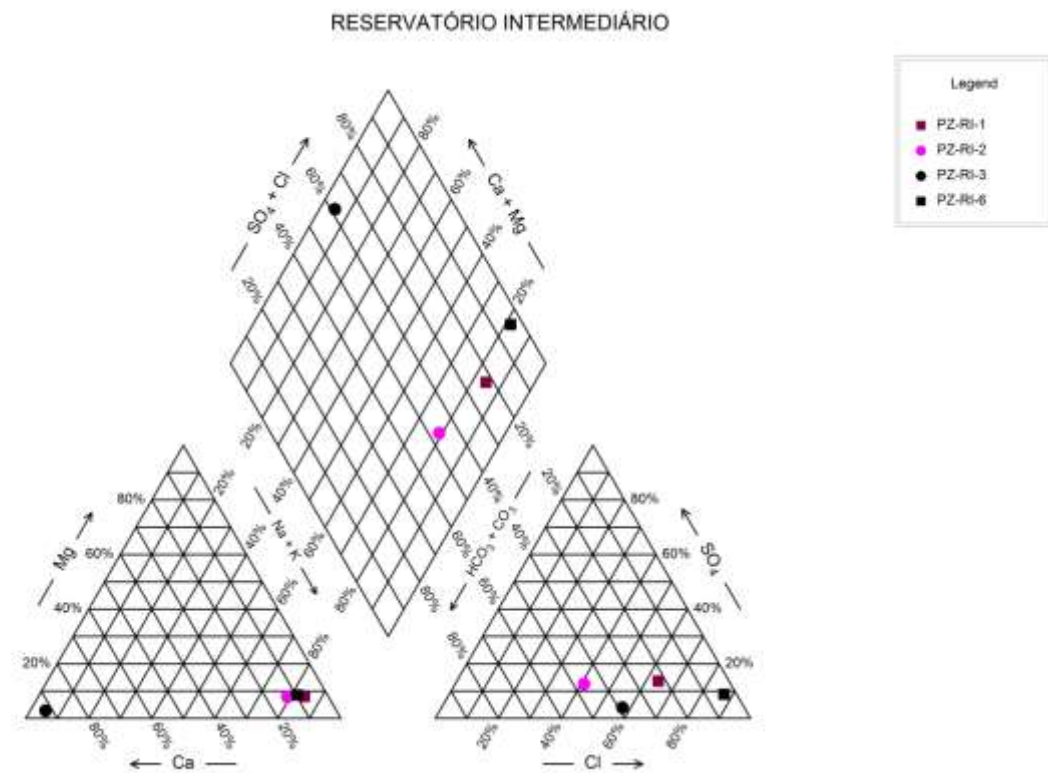


Figura 11.3.2 - 82 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

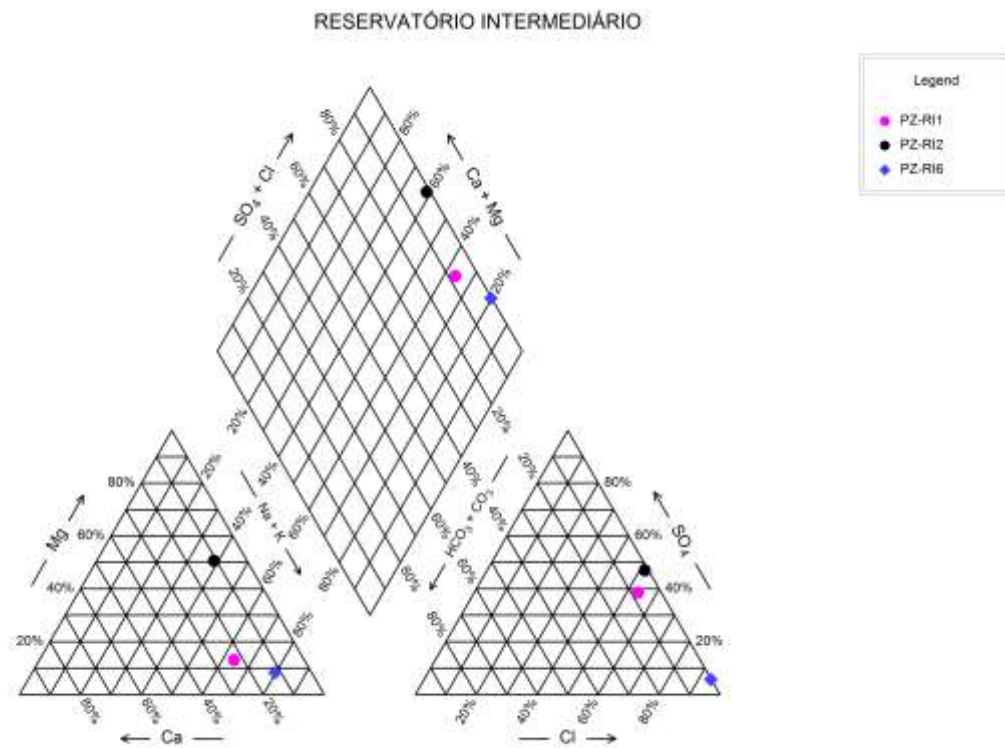


Figura 11.3.2 - 83 - Diagramas de Piper dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).

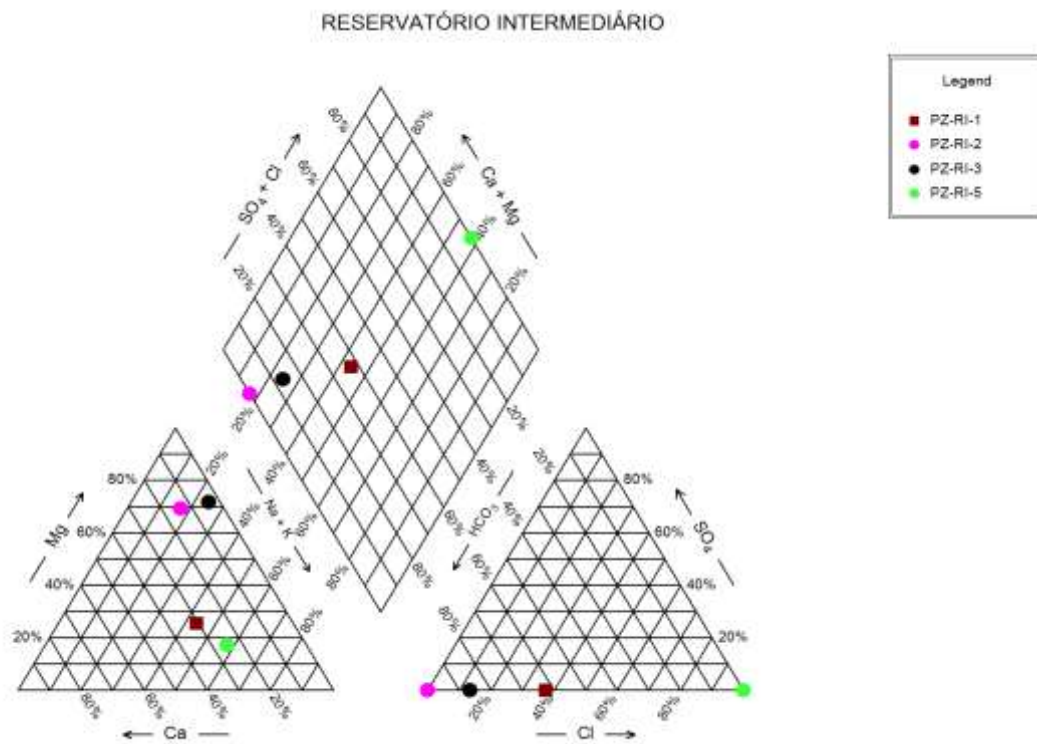


Figura 11.3.2 - 84 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

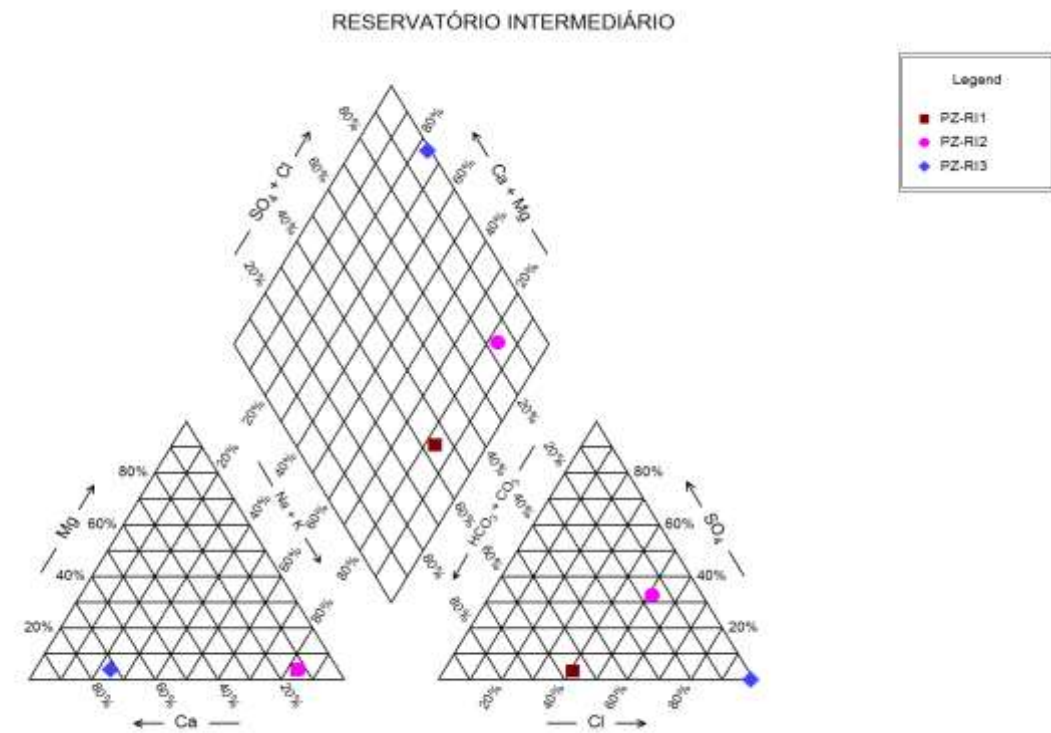


Figura 11.3.2 - 85 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

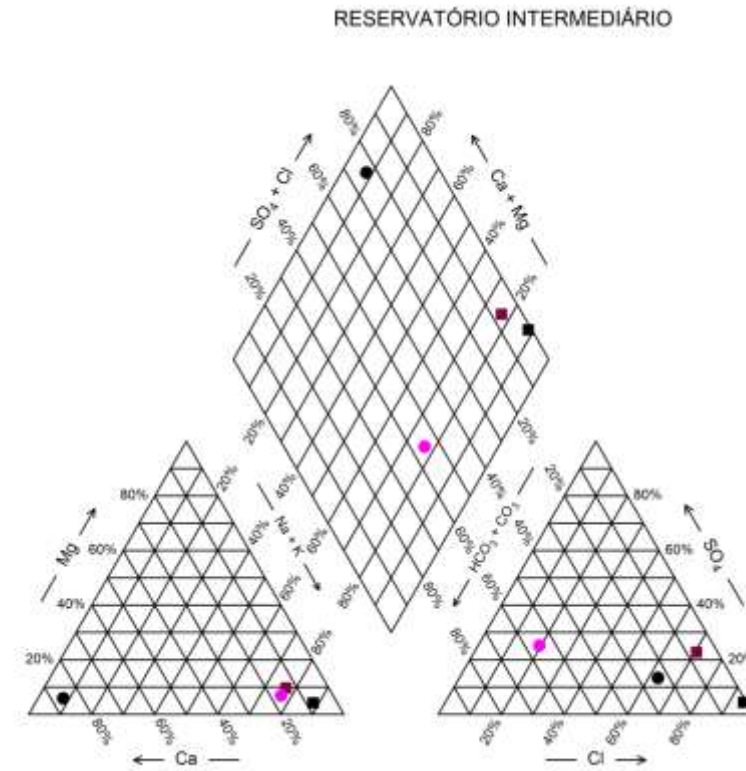
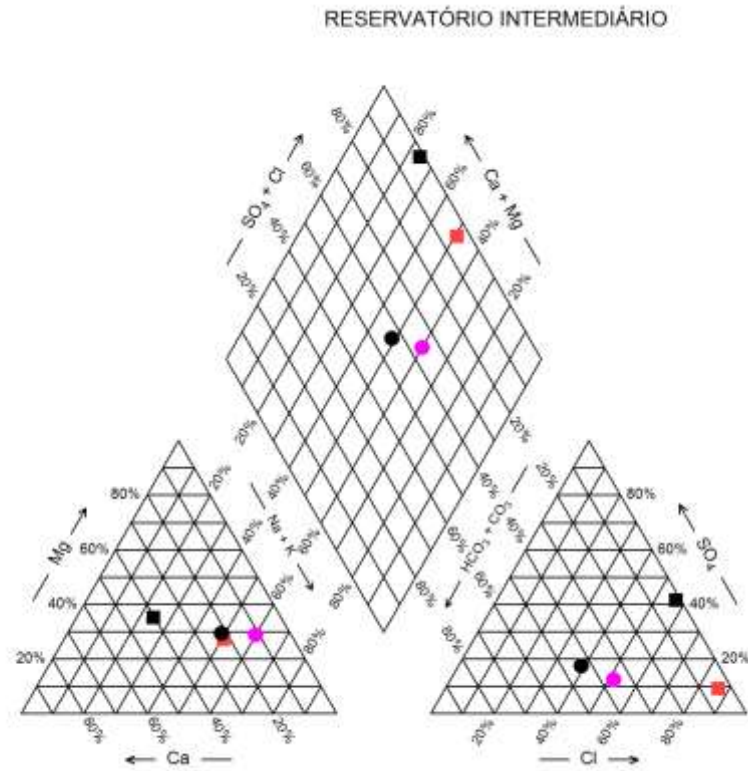


Figura 11.3.2 - 86 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

Figura 11.3.2 - 87 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

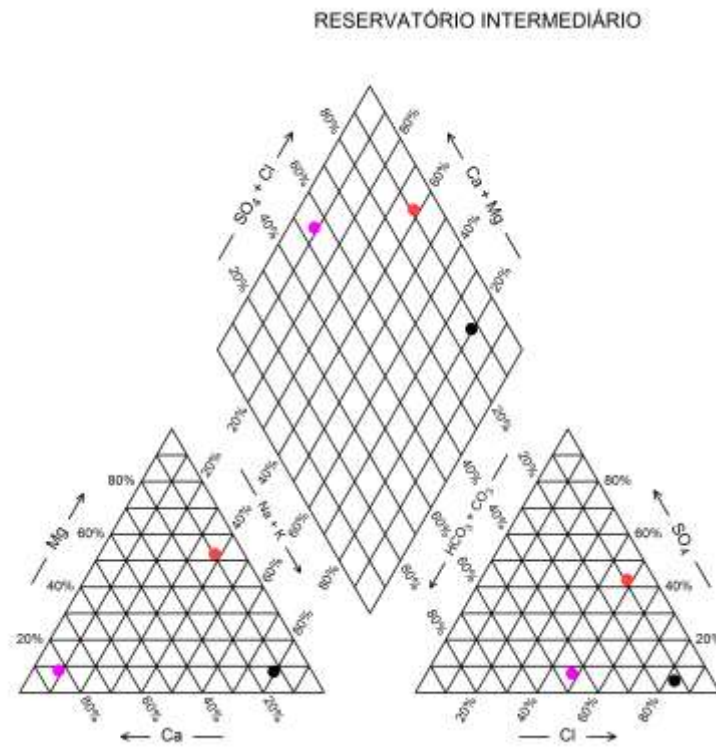


Figura 11.3.2 - 88 - Diagramas de *Piper* dos poços instalados no entorno do Reservatório Intermediário, Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

11.3.2.2.2. VALORES DE NITRATO, NITRITO, AMÔNIA, pH, SÓDIO, POTÁSSIO, CÁLCIO E TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS (TDS)

11.3.2.2.2.1. VALORES DE NITRATO (VMP = 10.000 µg/L), NITRITO (VMP = 1.000 µg/L) E AMÔNIA (VMP = 1,5 mg/L)

Este item apresenta gráficos com os resultados das análises de nitrato, nitrito e amônia para os períodos de enchente, cheia nos anos de 2014 a 2019, vazante e seca nos anos de 2014 a 2018. Em atendimento ao PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC, os gráficos foram separados para melhor visualização.

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Nos períodos antes, durante e após o enchimento do Reservatório Xingu (**Figura 11.3.2 – 89** à **Figura 11.3.2 - 110**), foram observados valores de nitrato > 10.000 µg/L em pelo menos quatro pontos amostrados em todas as coletas realizadas, portanto, as mesmas características identificadas antes do enchimento. Valores de nitrato acima de 10.000 µg/L estão fora do padrão de potabilidade (PRC Nº 5/2017, Anexo XX).

A cidade de Altamira se situa sobre rochas com composições químicas essencialmente representadas por sílica, alumínio, ferro, cálcio e magnésio (basaltos e diques da Formação Penatecaua, além de siltitos e folhelhos da Formação Trombetas). Valores de nitrato acima de 5 mg/L também evidenciam contaminação antrópica, tendo em vista que na geologia local não existe nenhum mineral que possa ser considerado fonte natural de substâncias nitrogenadas.

A presença de nitrogênio amoniacal indica contaminação recente e pode estar relacionada à construção precária dos poços e falta de proteção sanitária, pois é um dos primeiros passos da decomposição da matéria orgânica. A contaminação por esgoto doméstico nas proximidades do ponto de amostragem é evidenciada em pontos que apresentam valores de amônia > 1,5 mg/L.

Ressalta-se que, nos gráficos, quaisquer símbolos que apareçam com uma seta apontada para baixo significam que o valor é abaixo do limite de detecção do equipamento utilizado no laboratório de análises.

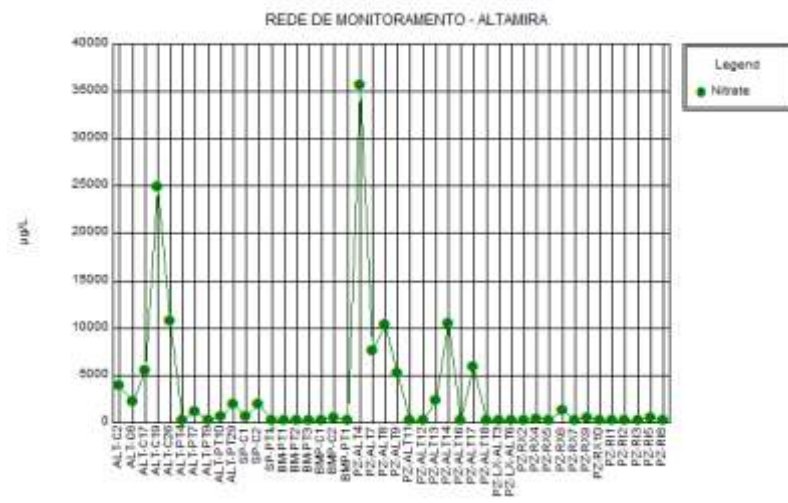


Figura 11.3.2 - 89 - Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

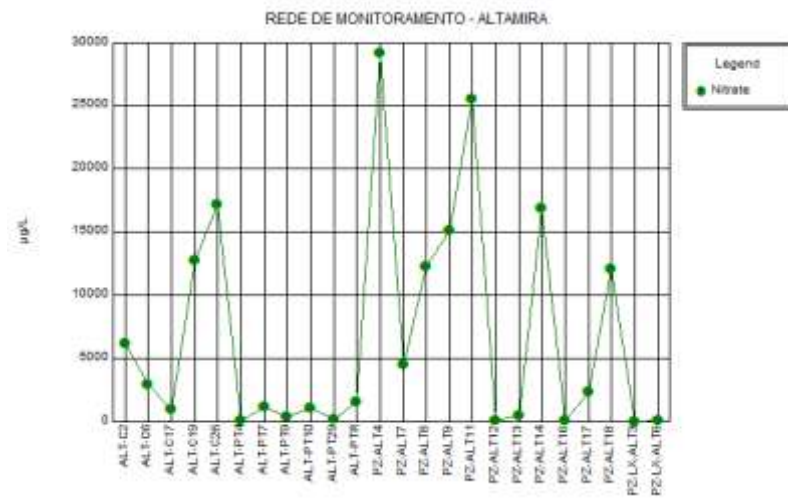


Figura 11.3.2 - 90 - Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

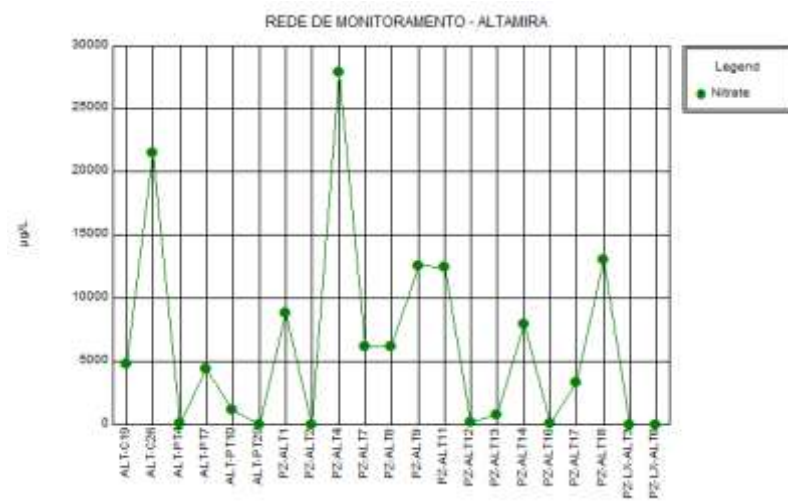


Figura 11.3.2 - 91 - Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

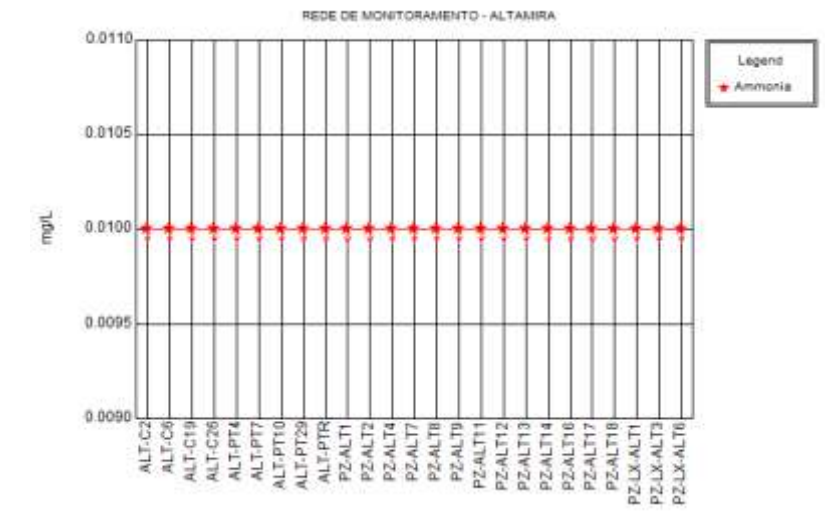
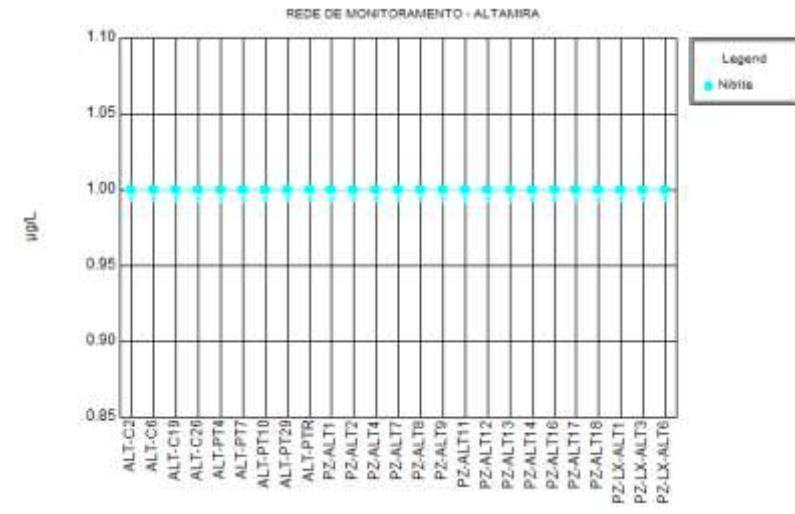
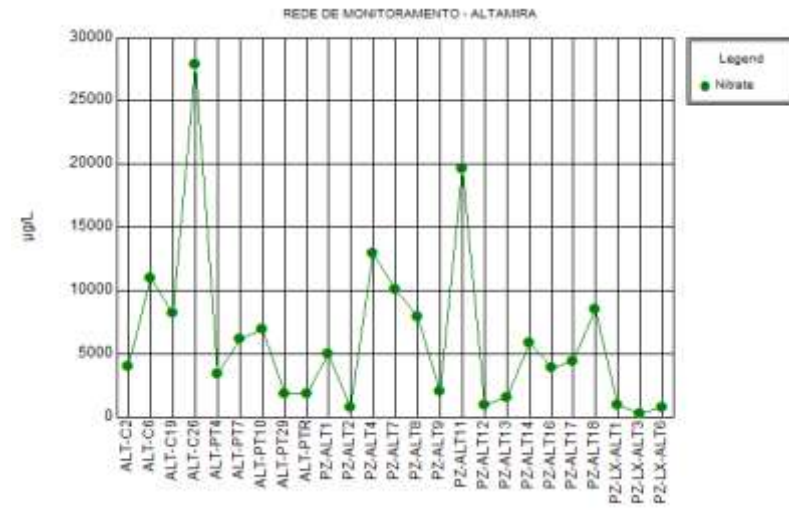


Figura 11.3.2 - 92 - Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

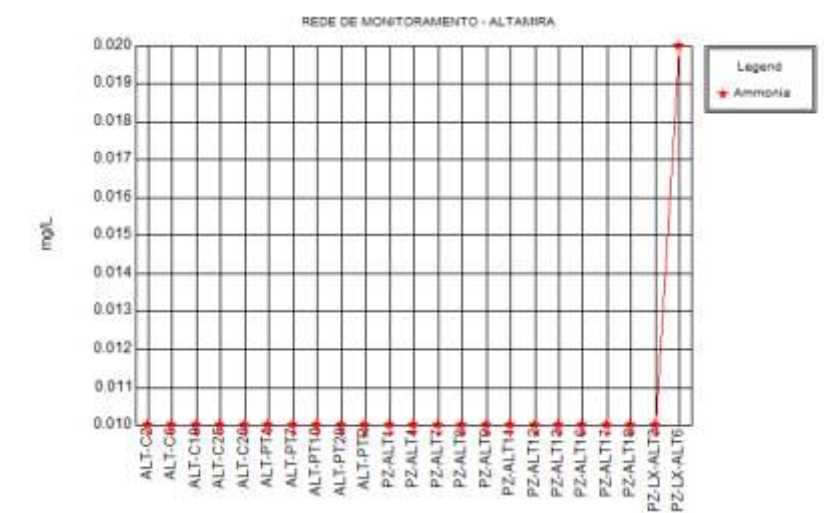
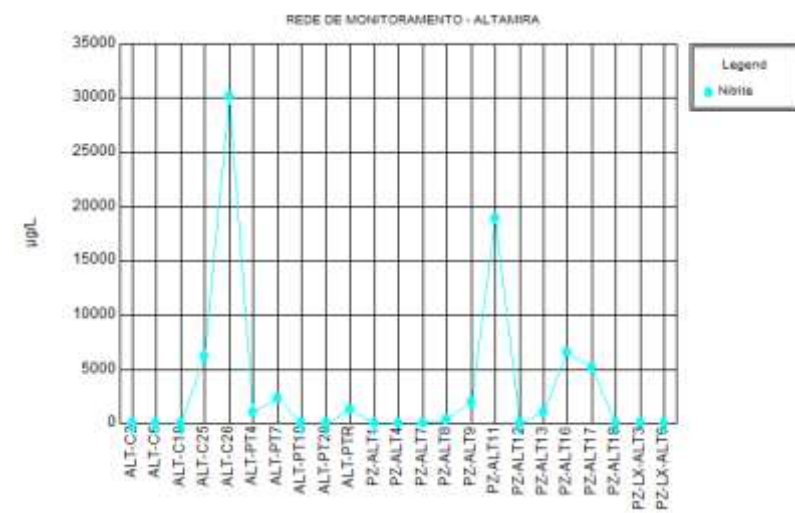
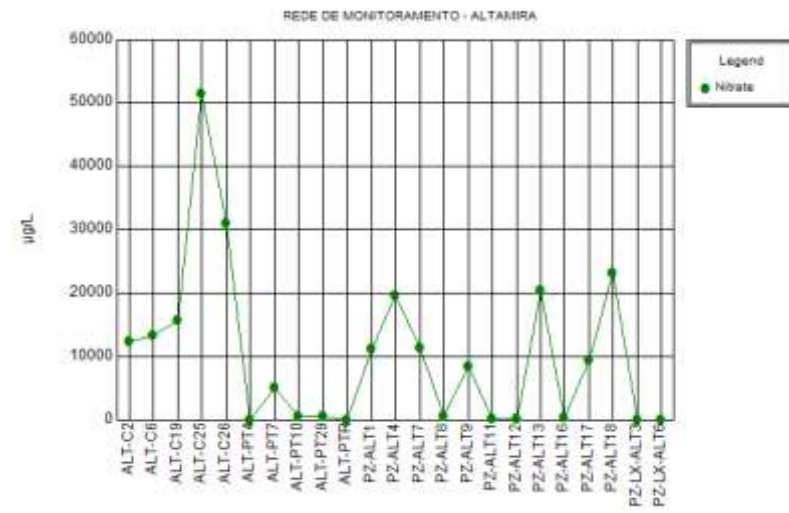


Figura 11.3.2 - 93 - Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

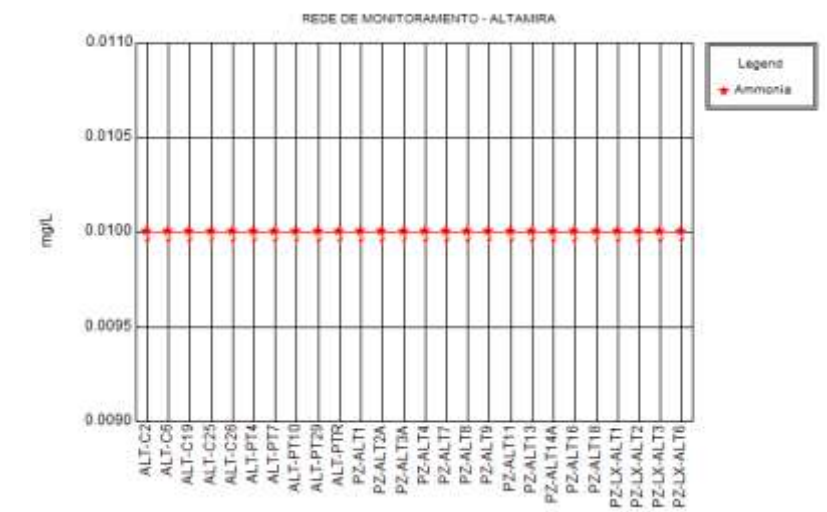
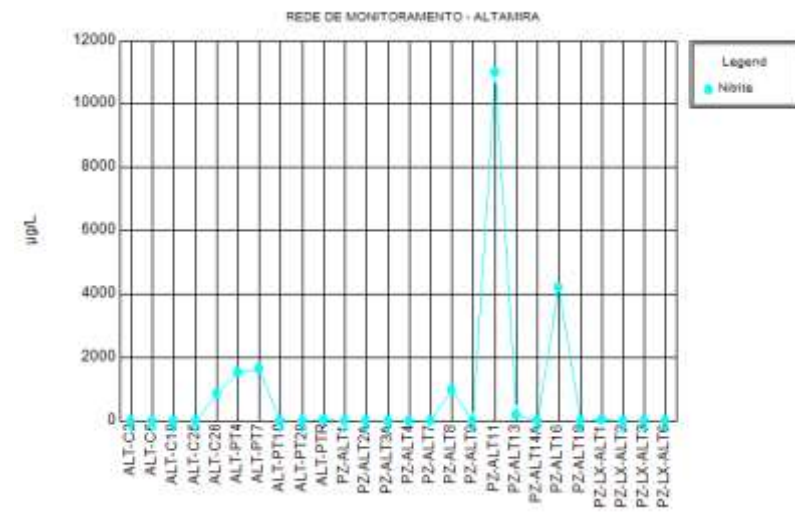
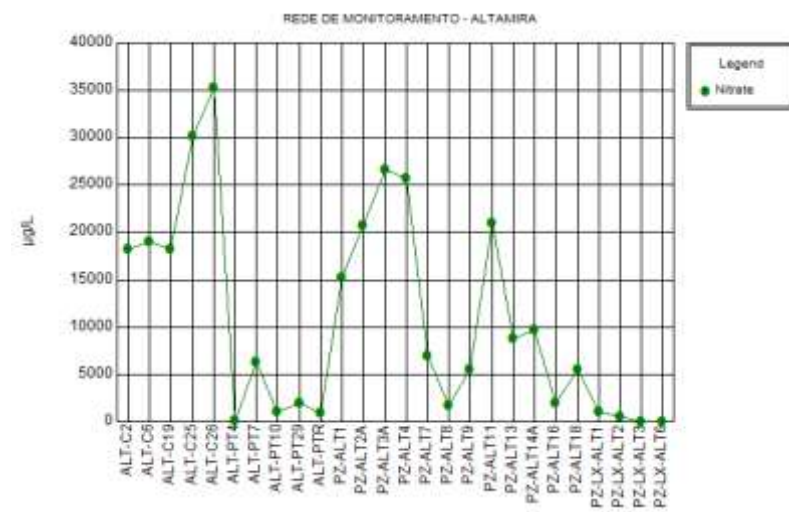


Figura 11.3.2 - 94 - Coleta Trimestral 27 (Janeiro/2019).



Figura 11.3.2 - 95 - Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

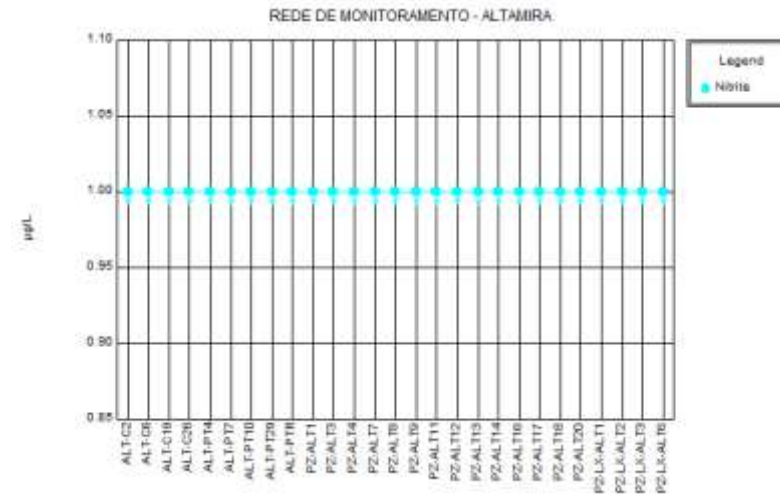


Figura 11.3.2 - 96 - Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

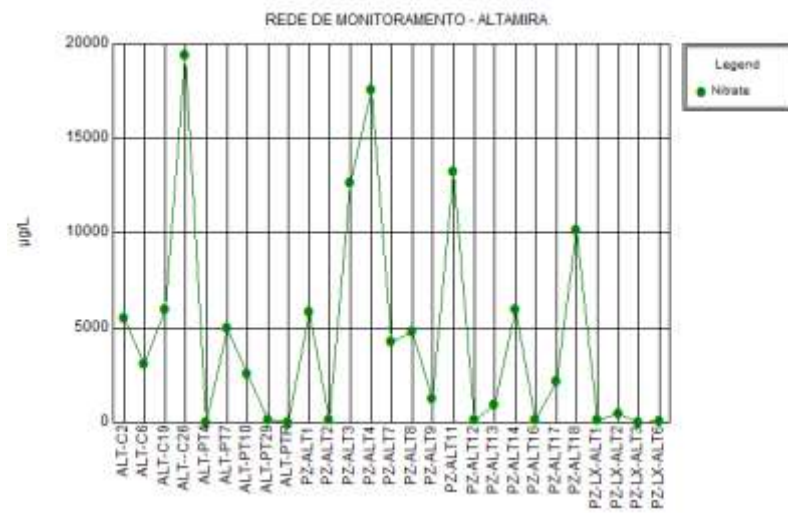


Figura 11.3.2 - 97 - Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

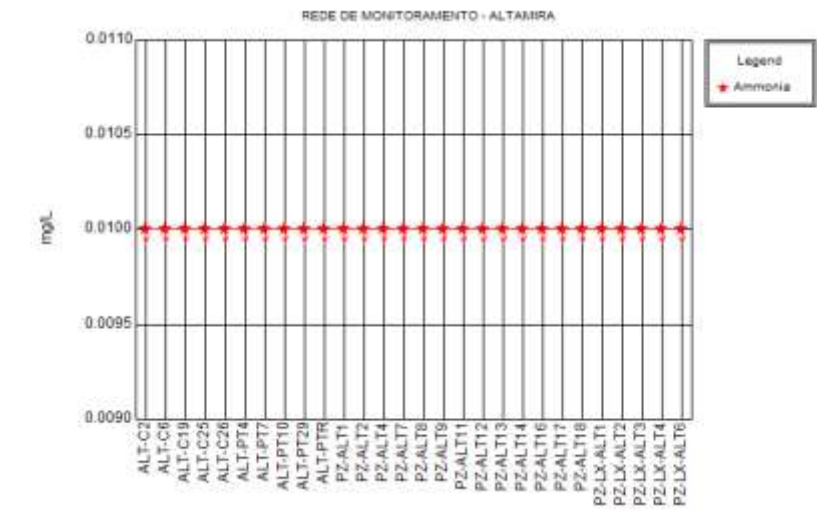
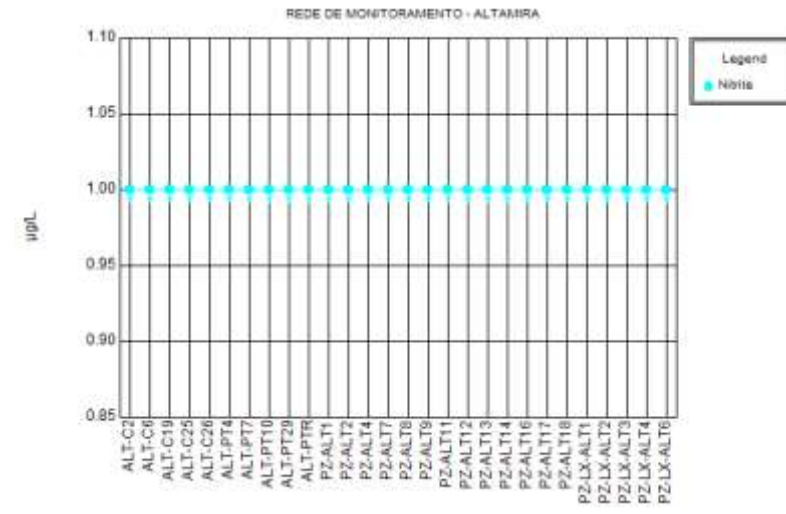
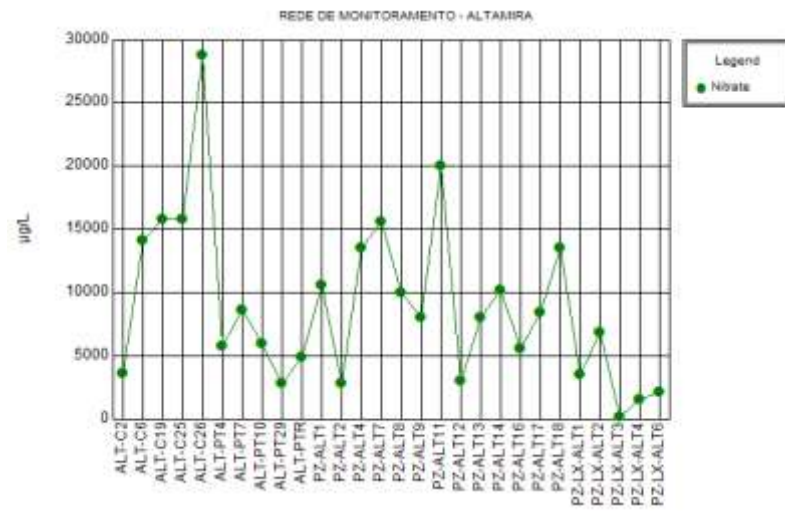


Figura 11.3.2 - 98 - Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

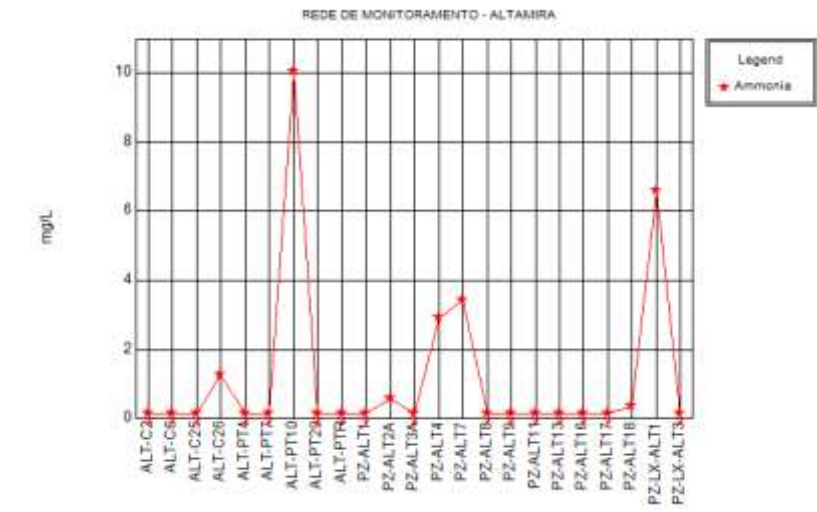
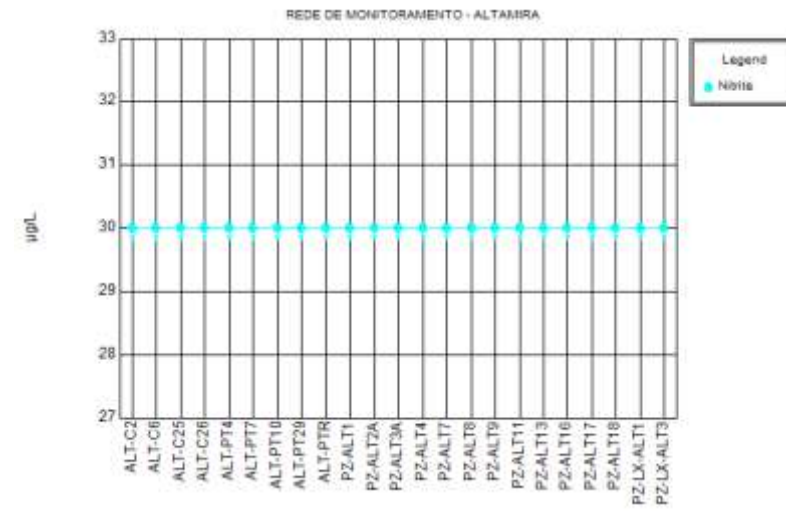
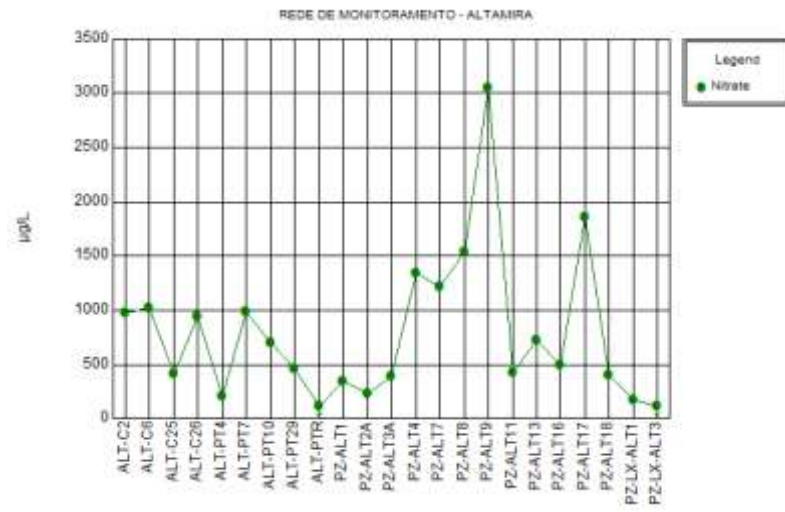


Figura 11.3.2 - 99 - Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

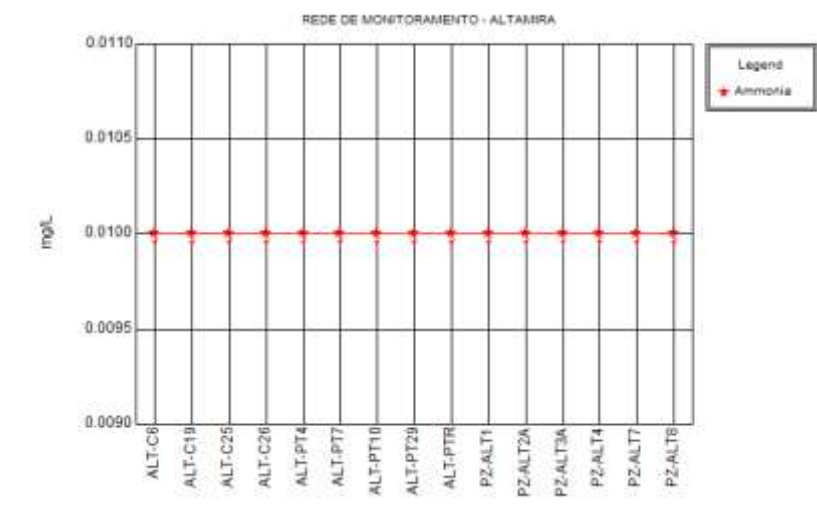
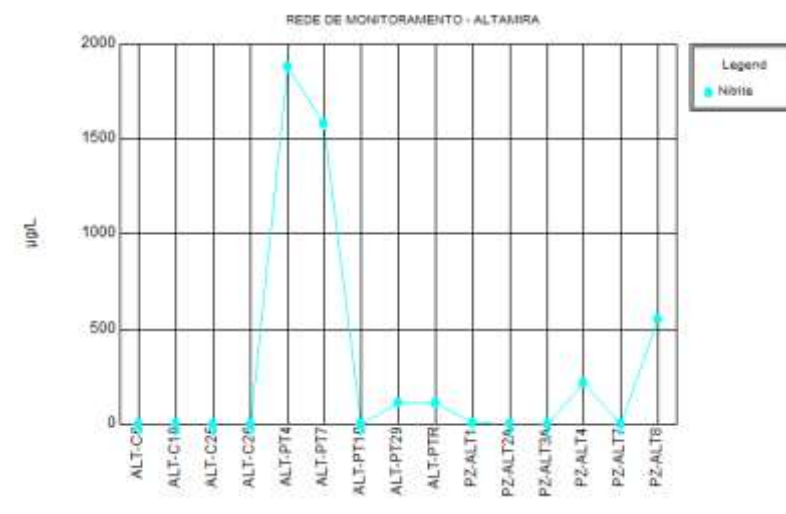
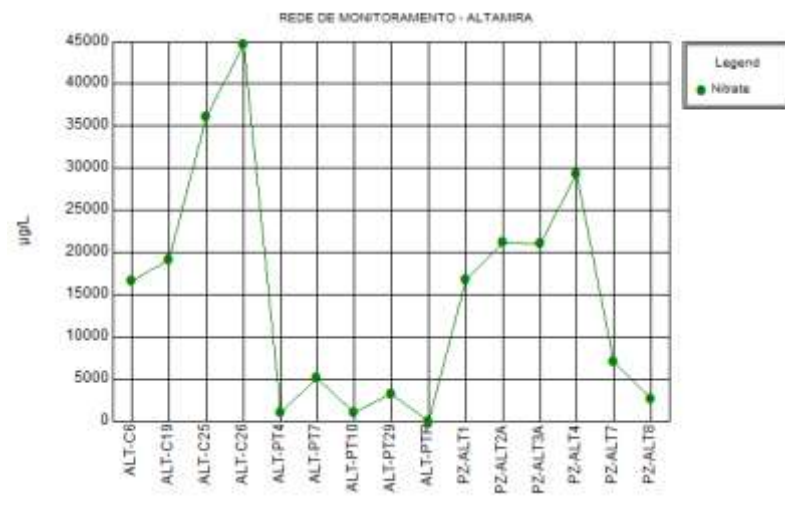


Figura 11.3.2 - 100 - Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).



Figura 11.3.2 - 101 - Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

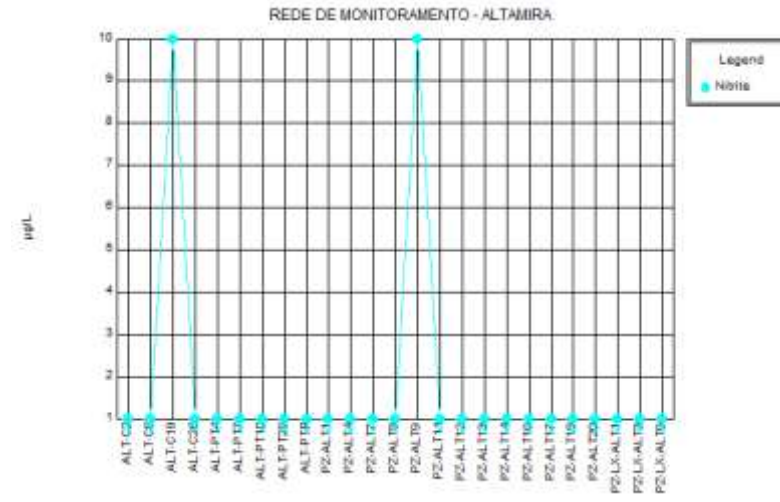
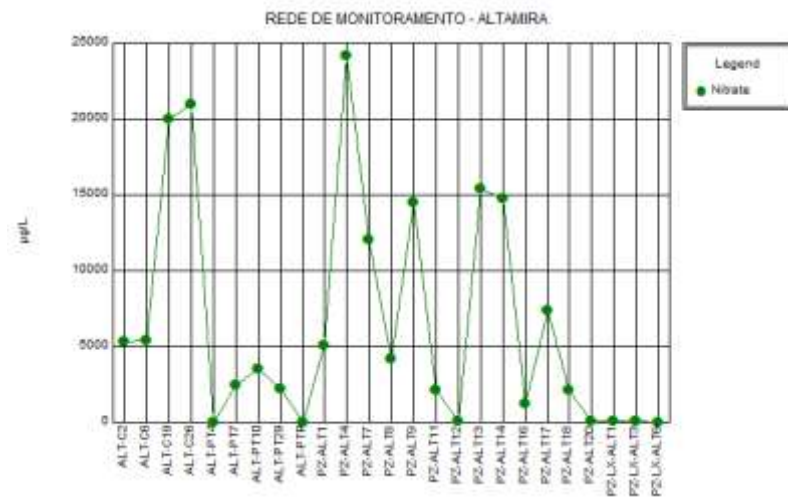


Figura 11.3.2 - 102 - Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).



Figura 11.3.2 - 103 - Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

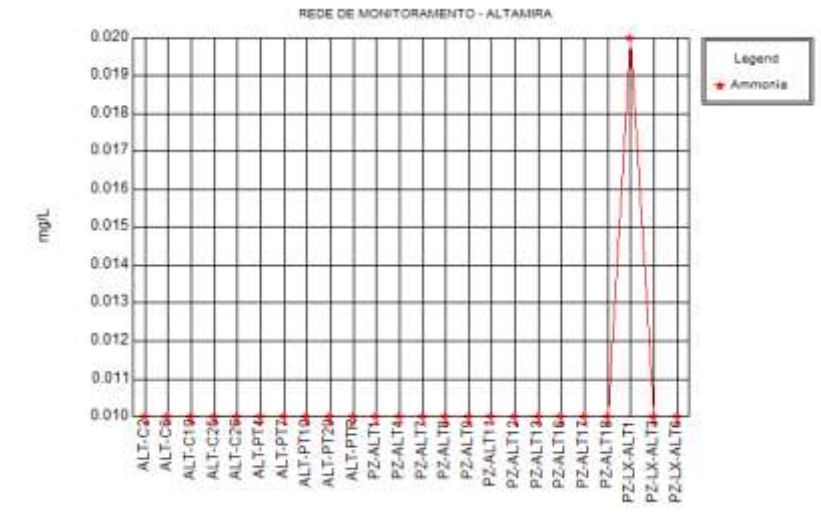
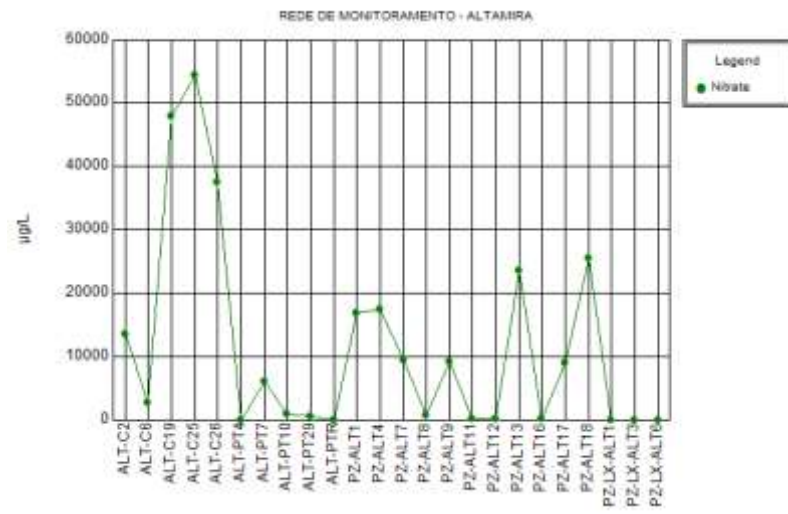


Figura 11.3.2 - 104 - Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

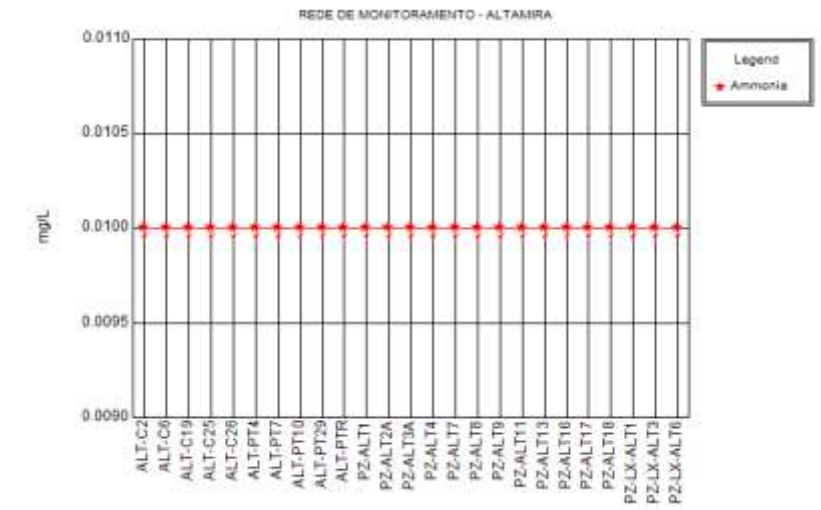
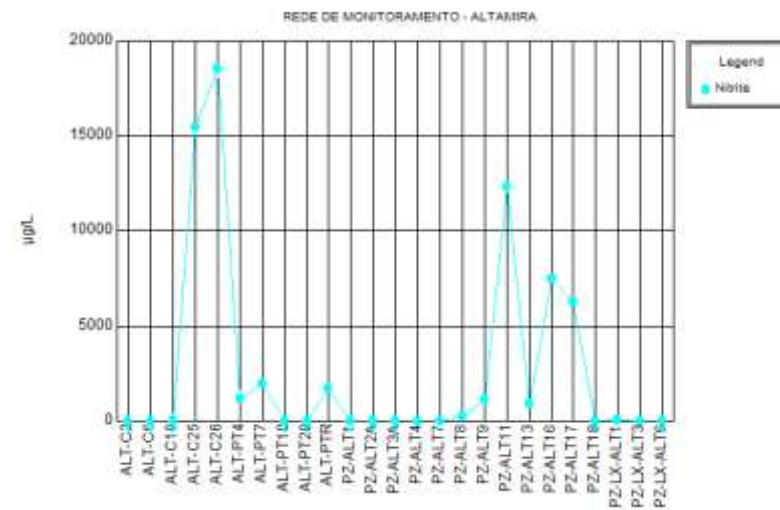
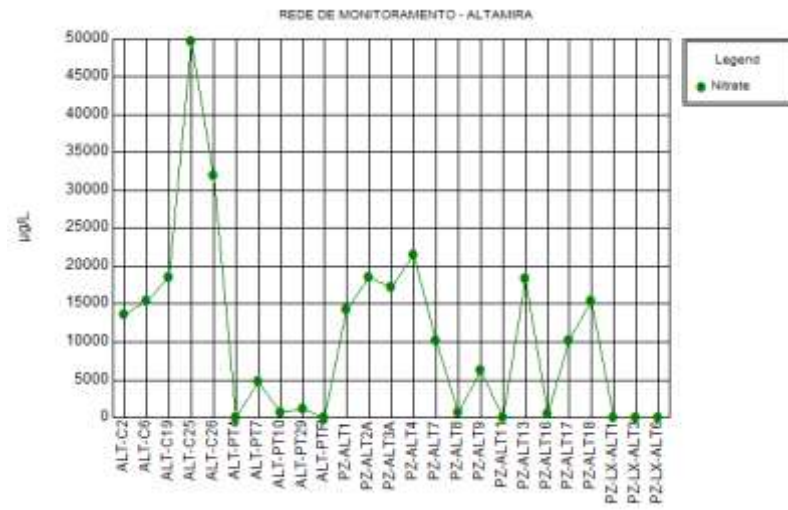


Figura 11.3.2 - 105 - Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).



Figura 11.3.2 - 106 - Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).



Figura 11.3.2 - 107 - Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

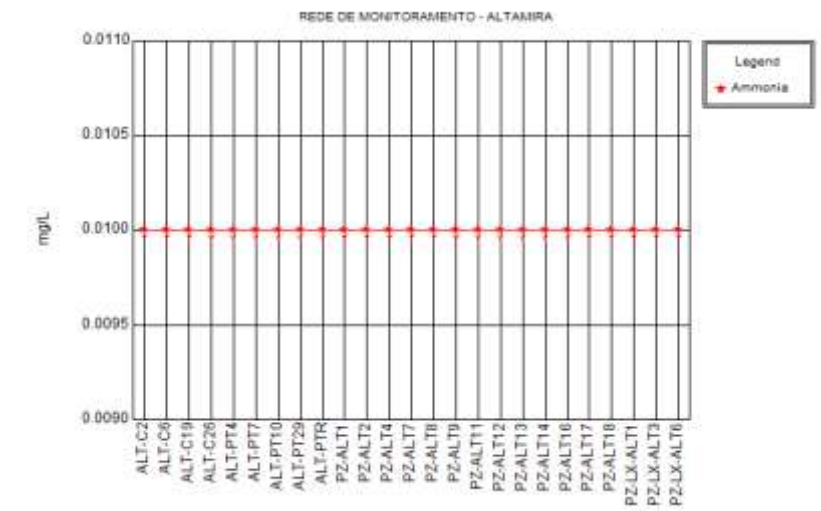
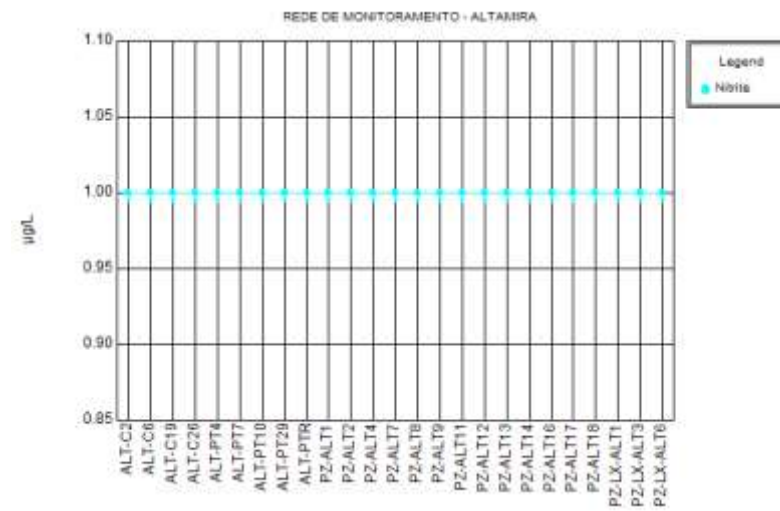
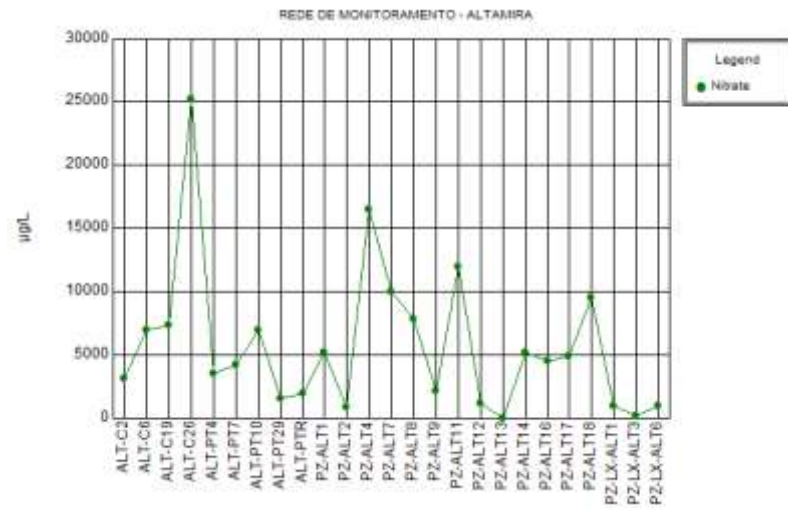


Figura 11.3.2 - 108 - Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

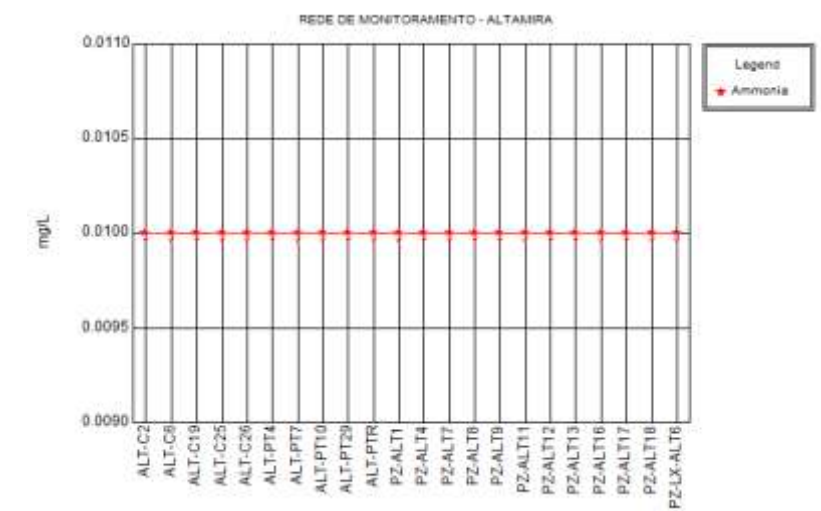
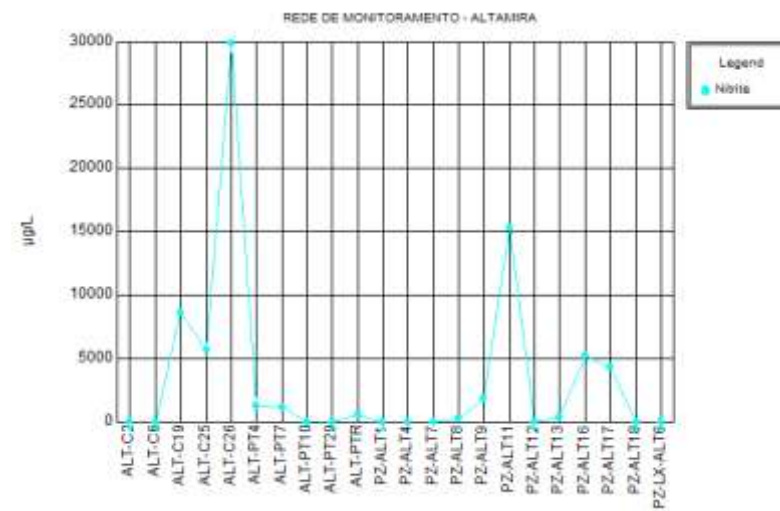
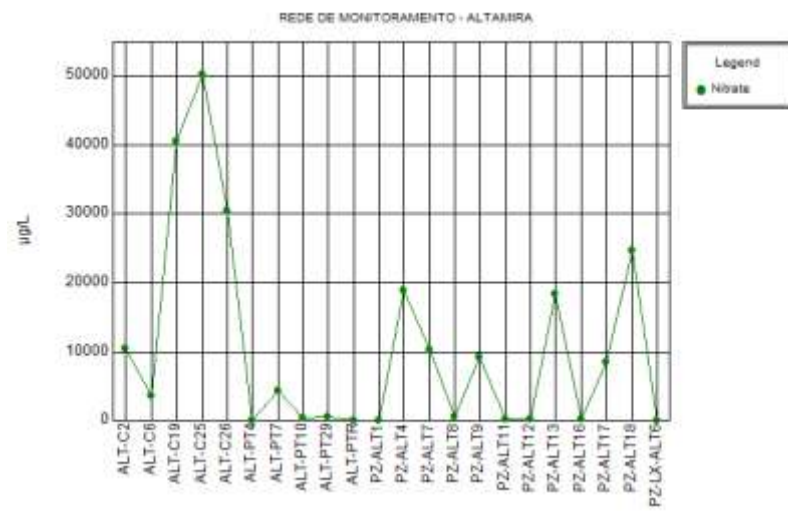


Figura 11.3.2 - 109 - Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

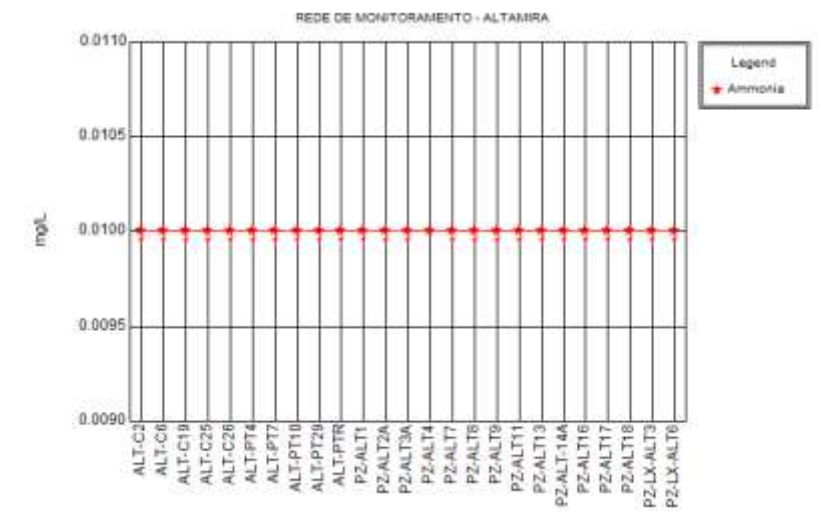
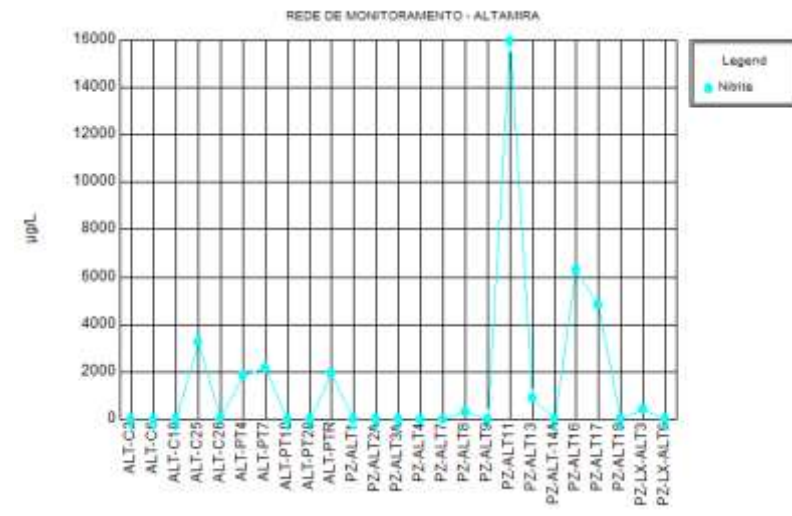
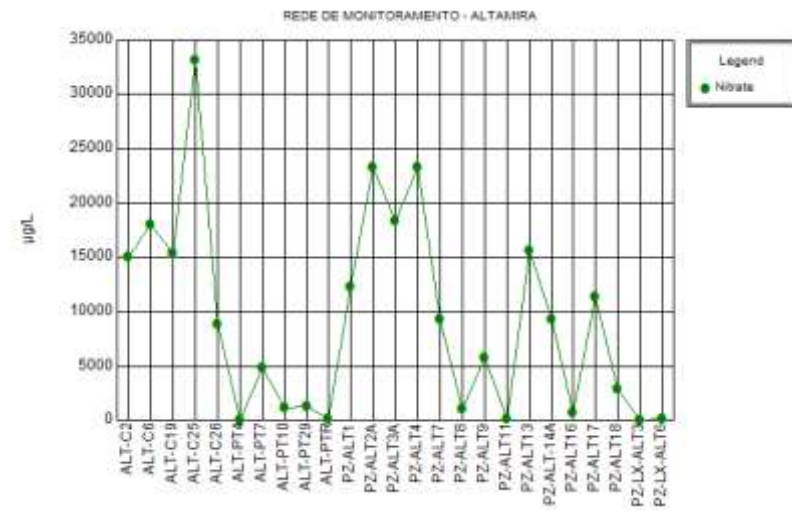


Figura 11.3.2 - 110 - Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

B) VOLTA GRANDE DO XINGU

As **Figuras 11.3.2 - 111** e **11.3.2 - 132** apresentam os gráficos para os pontos monitorados na região da Volta Grande do Xingu (VGX).

Nas coletas trimestrais realizadas nos períodos de enchente, apenas em janeiro/2018 o ponto SP-PT3 (poço tubular localizado na Ilha da Fazenda) apresentou valor de nitrato muito acima do VMP (10.000 µg/L). Em coleta de janeiro/2018, foram identificadas novas residências instaladas e em instalação na região ao redor do poço, com utilização de fossas. Portanto, pode haver contaminação dos efluentes domésticos.

No que tange aos pontos SP-C1, SP-C2, SP-PT1, SP-PT3 e PZ-RI8, em janeiro/2018 e em janeiro/2019 os pontos SP-C1 e PZ-RI8 apresentaram valores de nitrito >1.000 µg/L (VMP). A presença de nitrito indica alguma fonte de efluentes próxima ao ponto de coleta da amostra de água, pois, caso a fonte fosse distante, todo o nitrito já teria sido oxidado para a forma mais estável da série nitrogenada representada pelo nitrato. O ponto SP-PT1 é um poço tubular de produção de água da empresa Belo Sun que, mesmo distante da margem do rio e sem registro de fossa em suas proximidades, deve ter uma fonte de nitrogênio na sua linha de fluxo (provavelmente facilitada pela presença de fraturas nas rochas em profundidade).

Para os períodos de cheia monitorados, em abril/2014 (antes do enchimento) houve uma ocorrência de amônia acima do VMP (1,5 mg/L) – PZ-RI7, ponto situado na localidade Belo Monte do Pontal em frente à Unidade de Saúde, portanto, provavelmente retratando contaminação devida à proximidade com fossa negra ou fossa séptica. Em abril-maio/2019 o ponto SP-PT2 apresentou nitrato acima do VMP, apesar de estar localizado em área topograficamente mais elevada que as residências locais. O poço tem mais de 100 metros de profundidade, portanto a contaminação, por infiltração de esgoto doméstico, chega ao aquífero fraturado.

Para os períodos de vazante, em julho/2017 os pontos SP-C1, SP-PT1, PZ-RI-8, e em julho/2018 o ponto PZ-RI-8, apresentaram valores de nitrito acima do VMP.

Os pontos SP-C1, SP-C2, SP-PT1, PZ-RI-8 (em outubro/2017 e outubro/2018) apresentaram valores de nitrito acima do VMP.

O nitrogênio é um importante elemento nas reações biológicas, haja vista que ele pode estar ligado a componentes que produzem muita energia, como aminoácidos e aminas, e, nessas formas, o nitrogênio é conhecido como nitrogênio orgânico. Um dos elementos intermediários formados durante o metabolismo biológico é o nitrogênio amoniacal (considerado um indicador de poluição recente). A decomposição aeróbia finalmente leva à conversão de nitrogênio em nitrito e depois em nitrato. Nitrogênio com alto teor de

nitrato e com baixo teor de amônia sugere que a poluição aconteceu há mais tempo (VESILIND; MORGAN, 2013)⁴.

Se o valor de nitrato for acima de 5,0 mg/L (SANTOS, 2000)⁵, pode ser indicativo de contaminação por atividade antrópica. Segundo Mueller & Helsel (2001)⁶ e Singh *et al.* (2005)⁷, o nitrato na água subterrânea acima de 5 mg/L indica a ocorrência de alguma fonte antrópica, podendo estar relacionada às fontes pontuais (esgotos) ou difusas (resíduos da agricultura). Em águas subterrâneas o nitrato origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD & CANN, 2011)⁸.

⁴ VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

⁵ SANTOS, A. C. N. 2000. Noções de Hidroquímica In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 2.^a edição. Fortaleza: CPRM/REFO, LA.

⁶ MUELLER, D.K.; HELSEL D.R. 2001 Nutrients in the nation's waters - too much of a good thing. Washington: Geological Survey. 24 p. (Circular, 1136).

⁷ SINGH, K.P.; SINGH, V.K.; MALLIK, A.; BASANT, N. 2005. Distribution of nitrogen species in groundwater aquifers of an industrial area. Environment Geochemistry and Health, Amsterdam 28 (5): 473-485.

⁸ BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

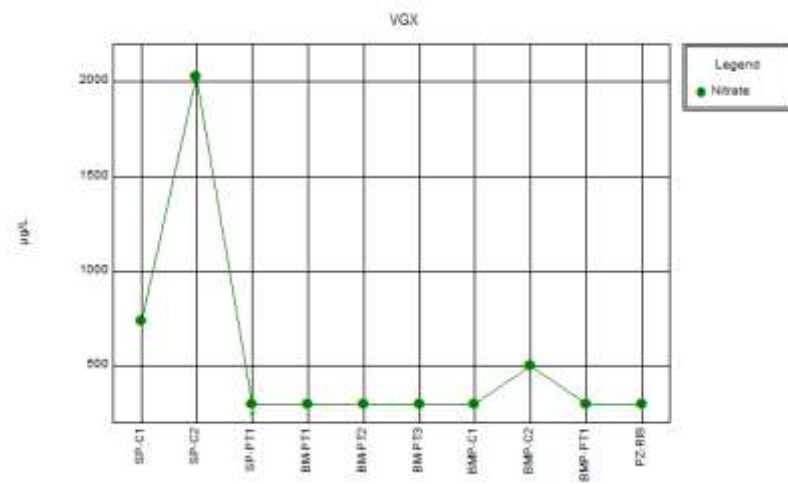


Figura 11.3.2 - 111 - Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

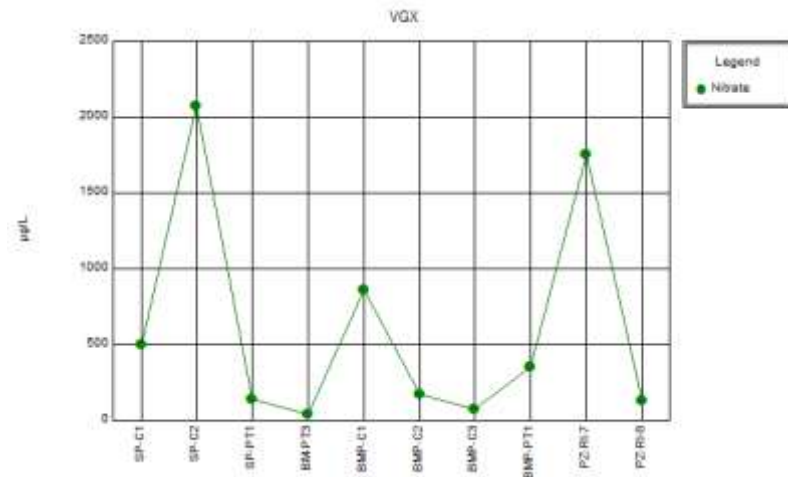
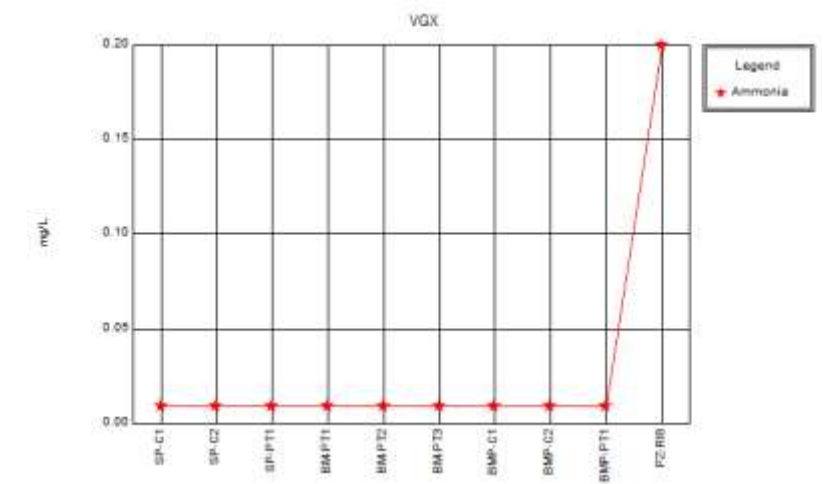
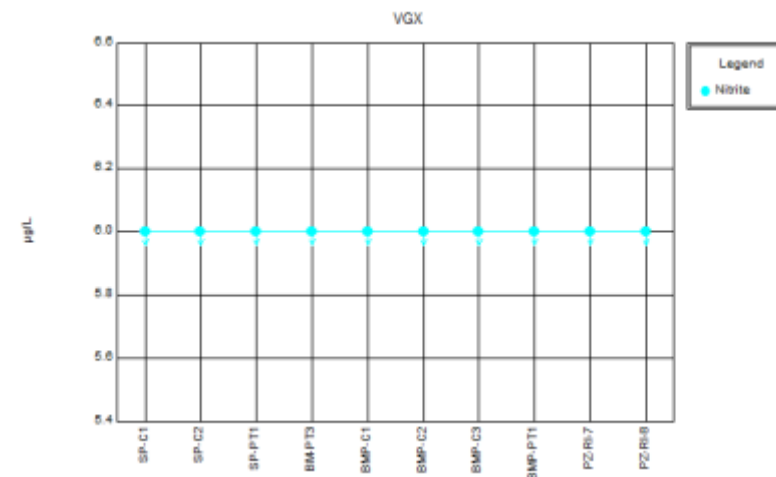


Figura 11.3.2 - 112 - Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

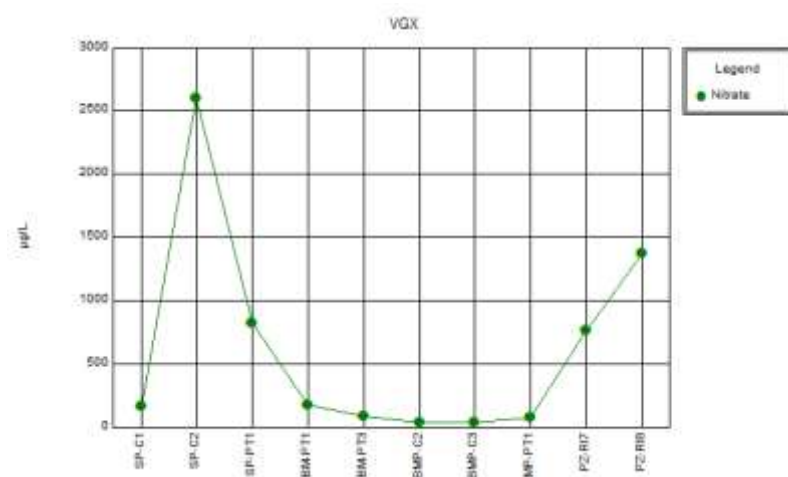
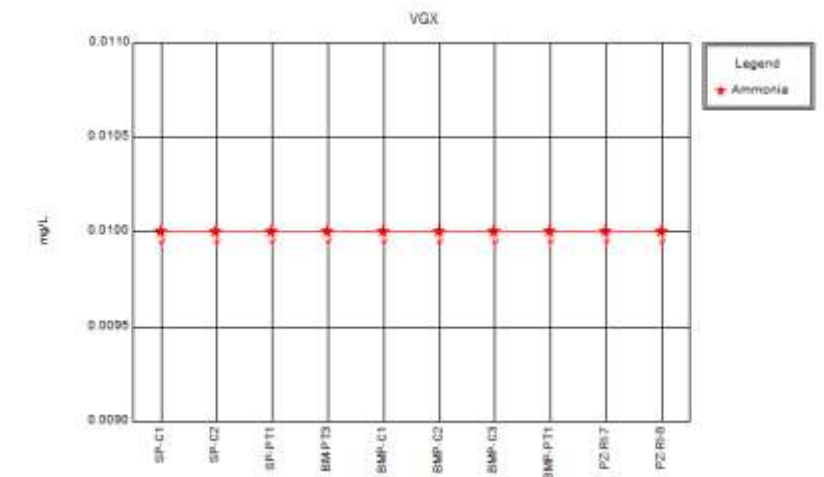
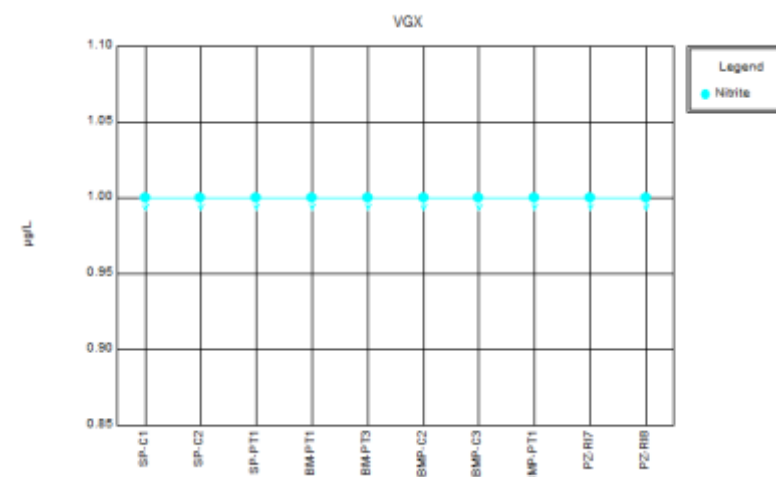
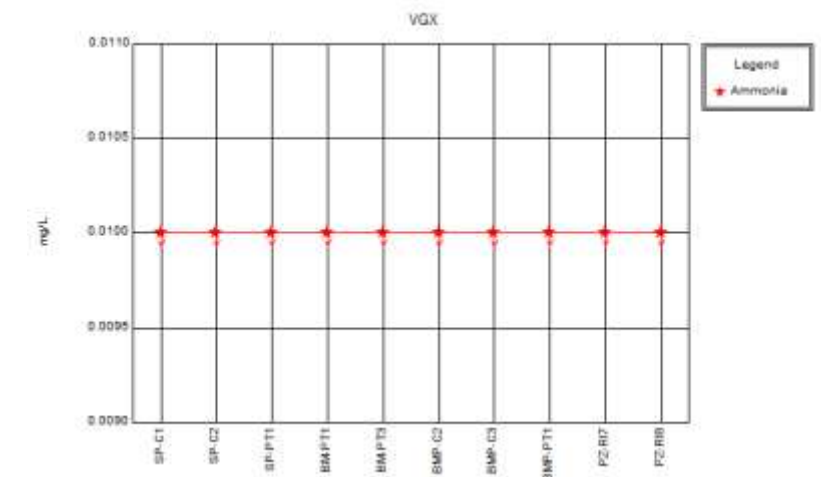


Figura 11.3.2 - 113 - Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).



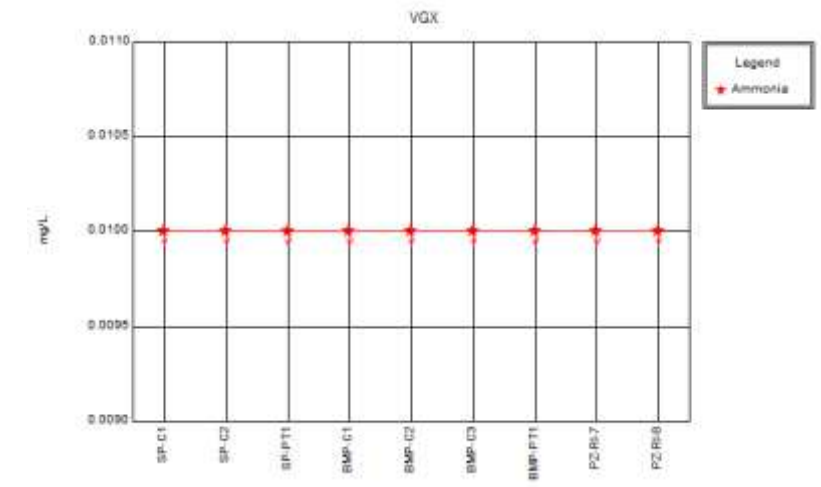
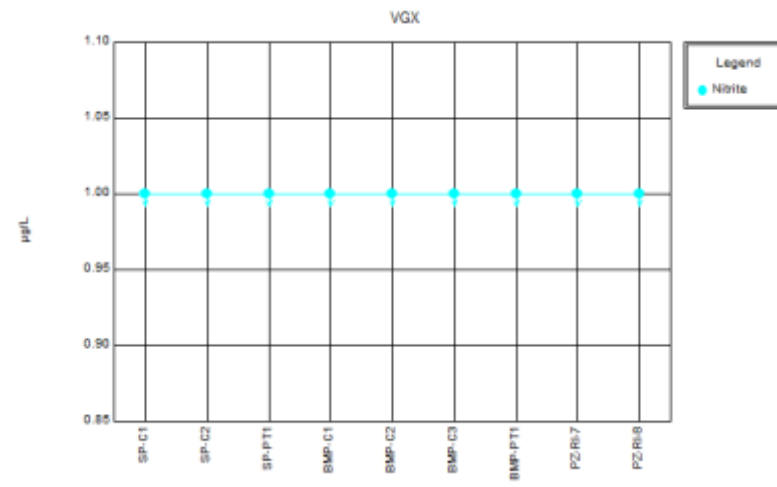
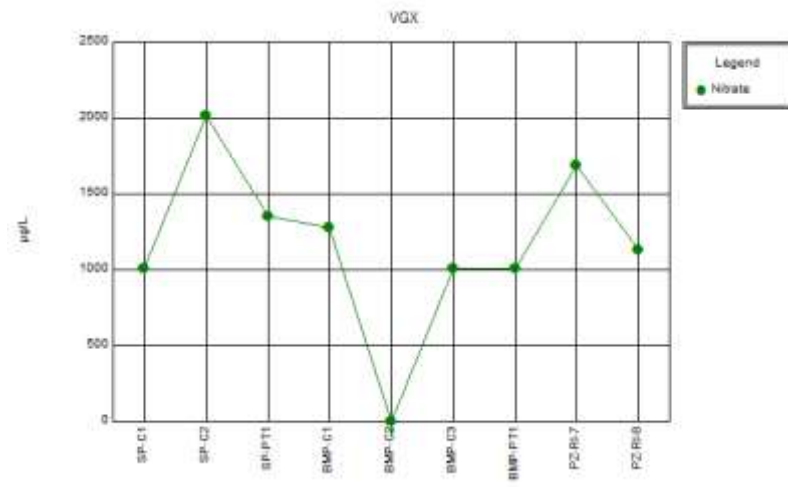


Figura 11.3.2 - 114 - Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

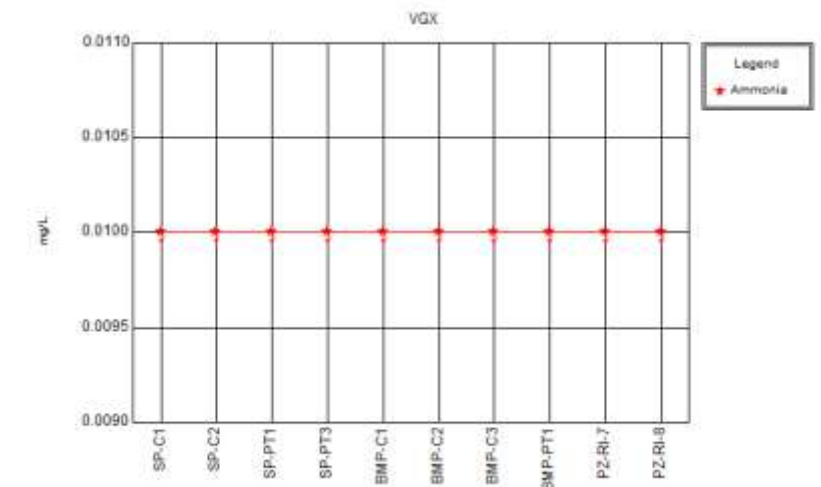
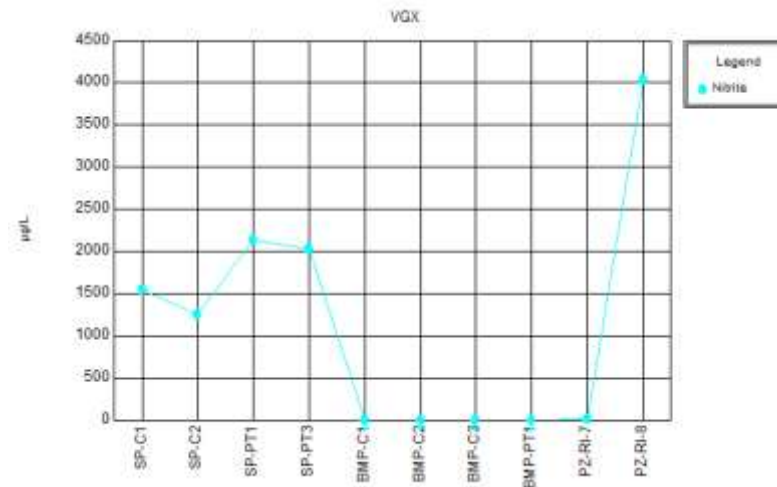
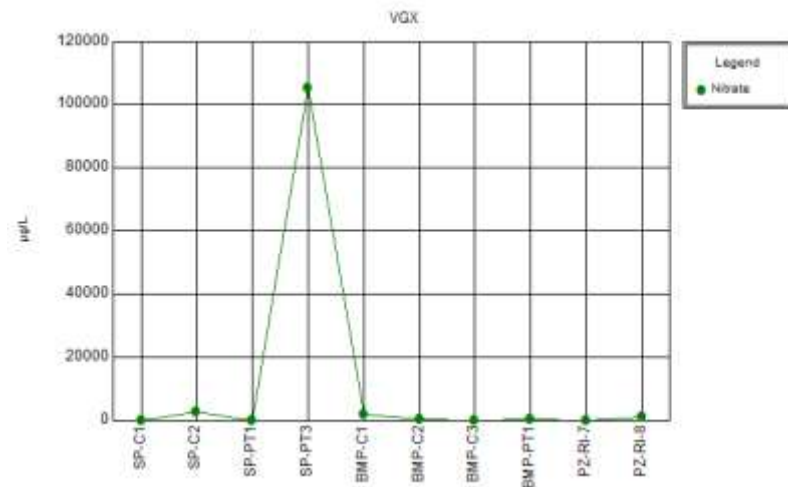


Figura 11.3.2 - 115 - Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

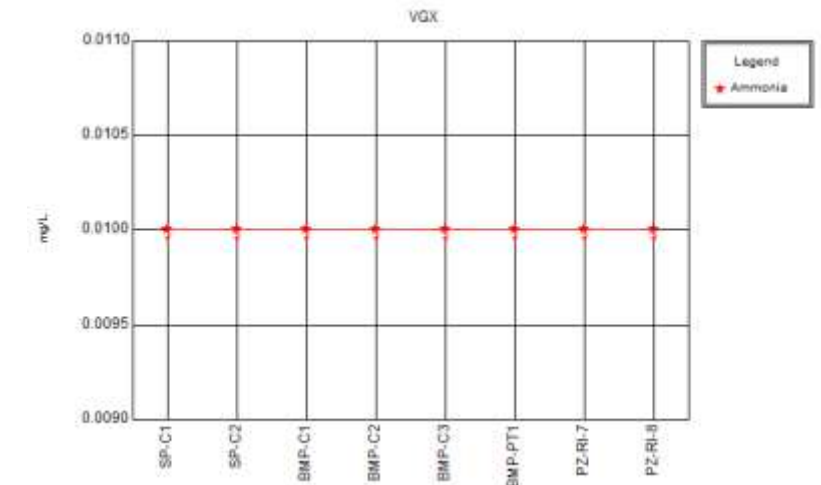
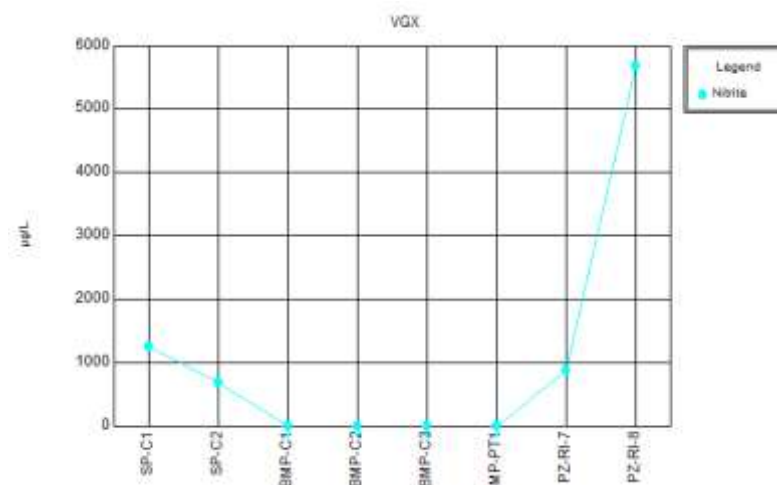
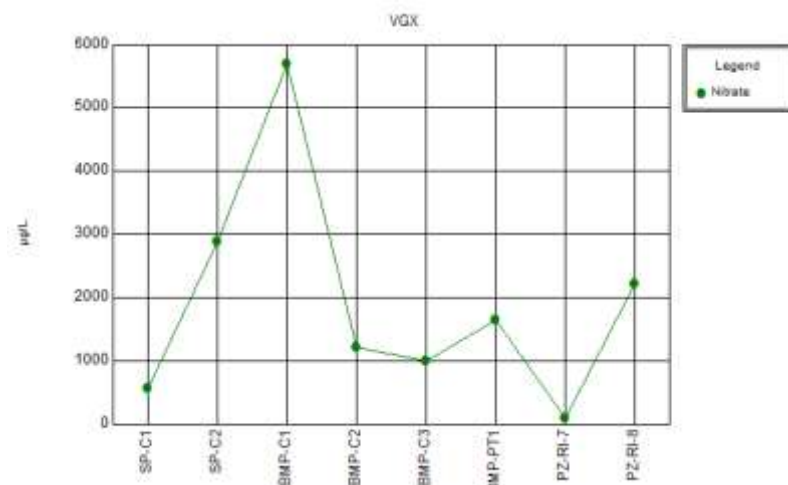


Figura 11.3.2 - 116 - Coleta Trimestral 27 (Janeiro/2019).

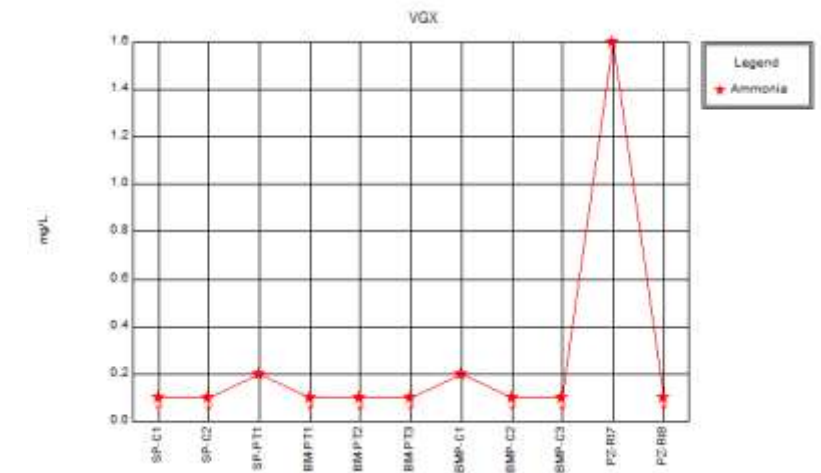
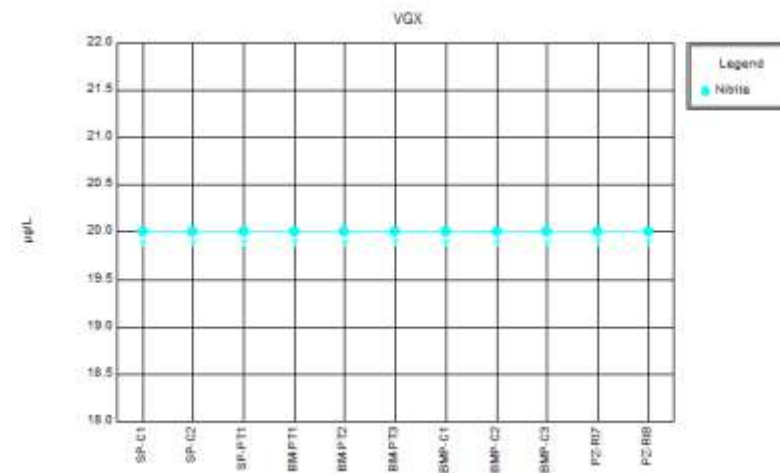
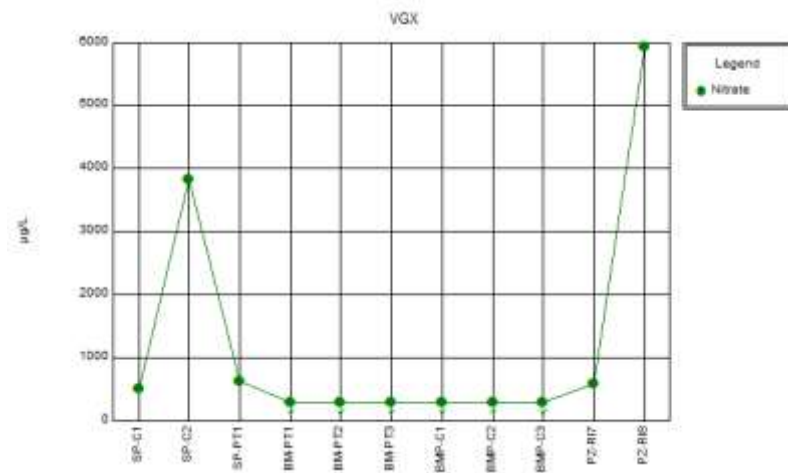


Figura 11.3.2 - 117 - Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

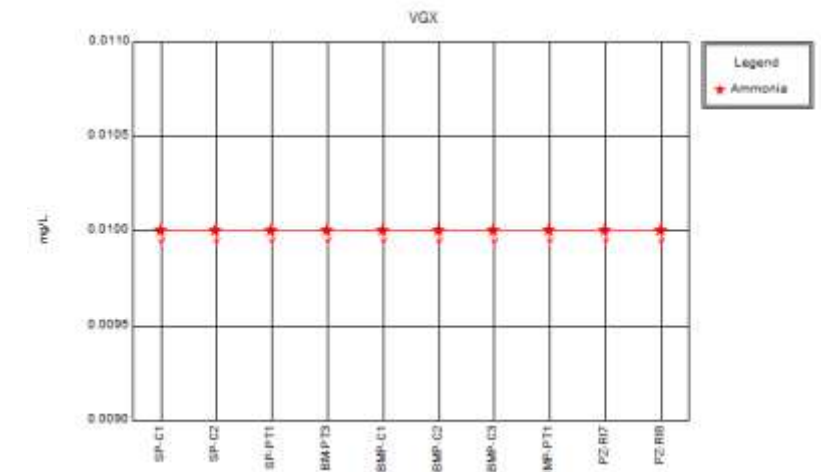
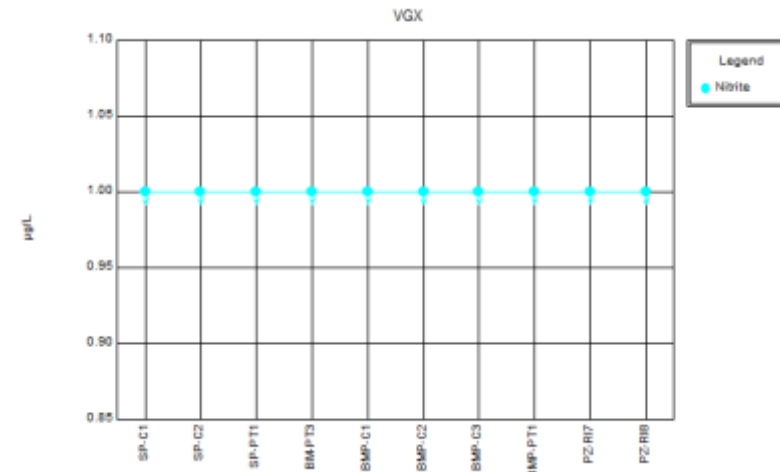
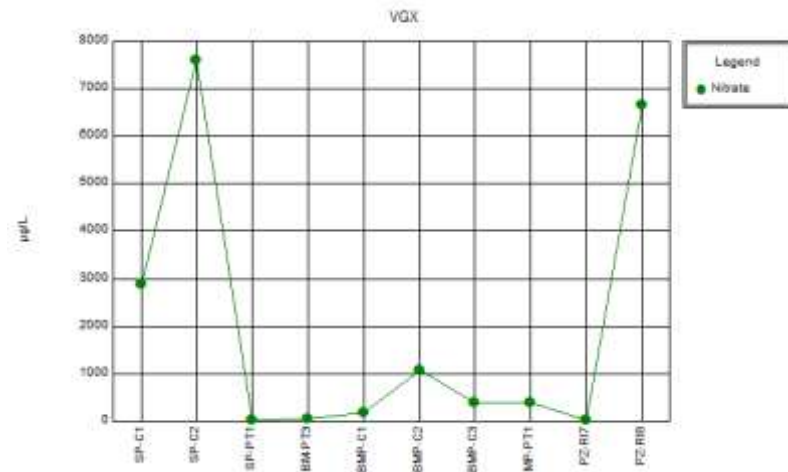


Figura 11.3.2 - 118 - Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

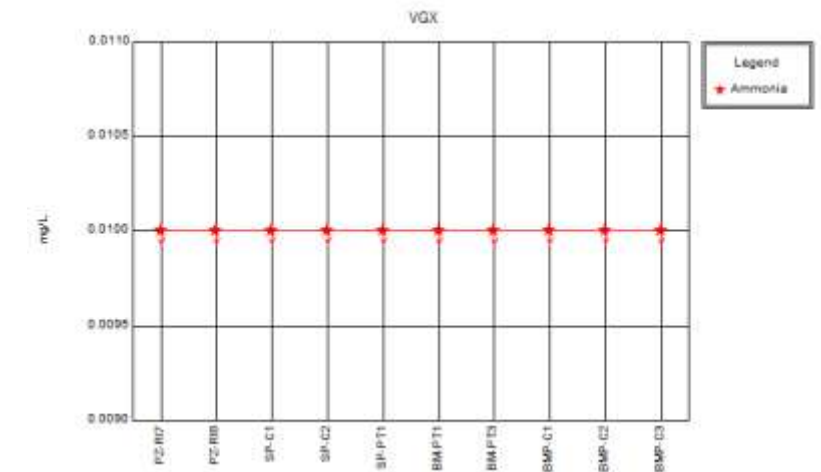
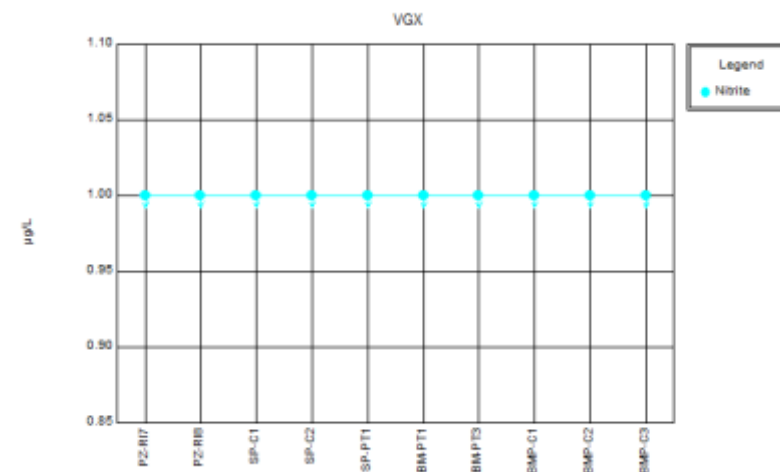
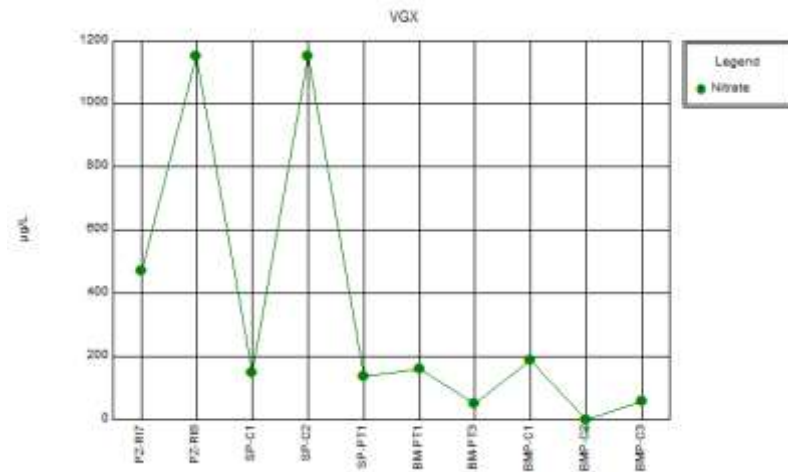


Figura 11.3.2 - 119 - Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

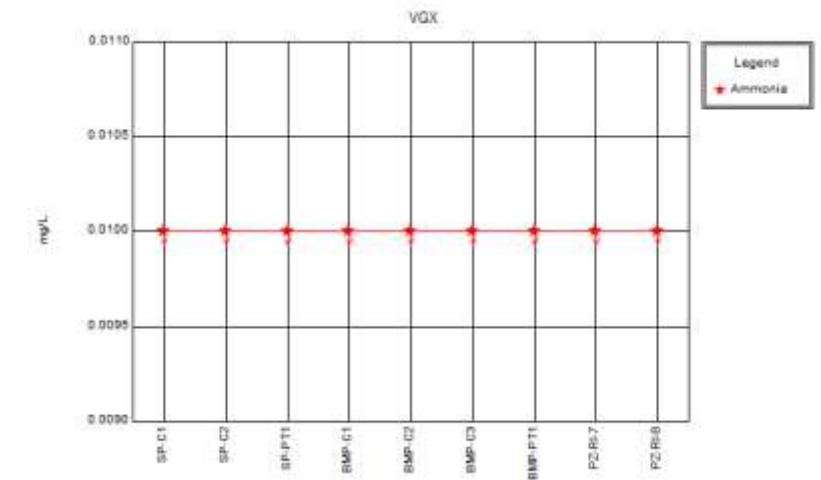
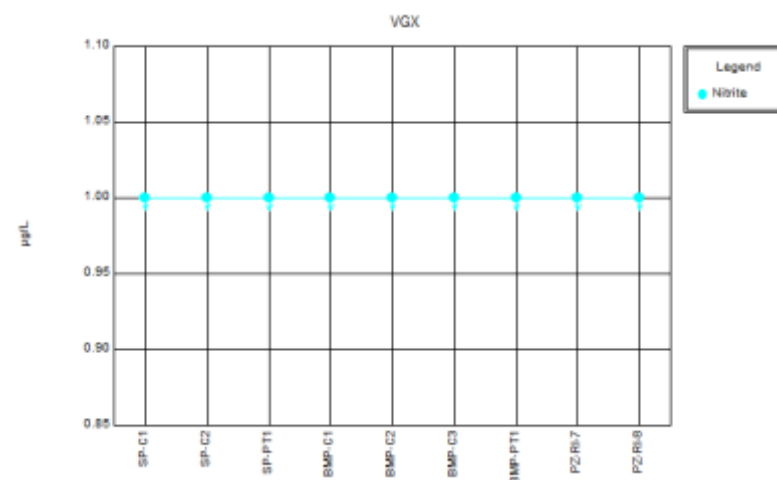
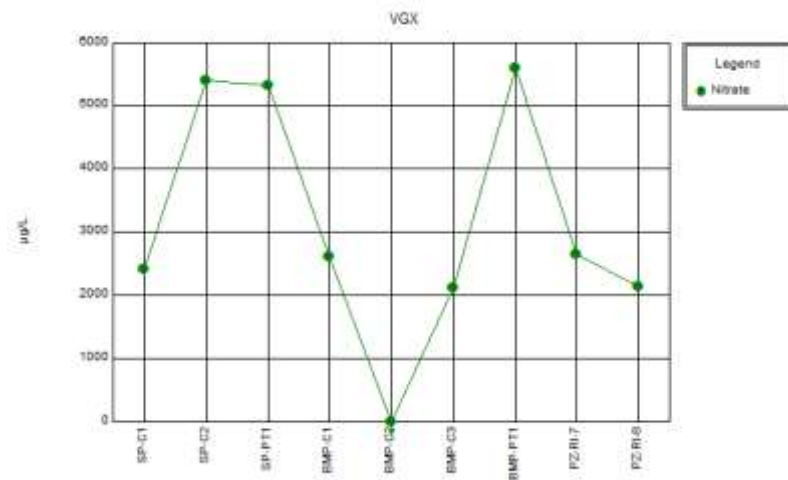


Figura 11.3.2 - 120 - Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

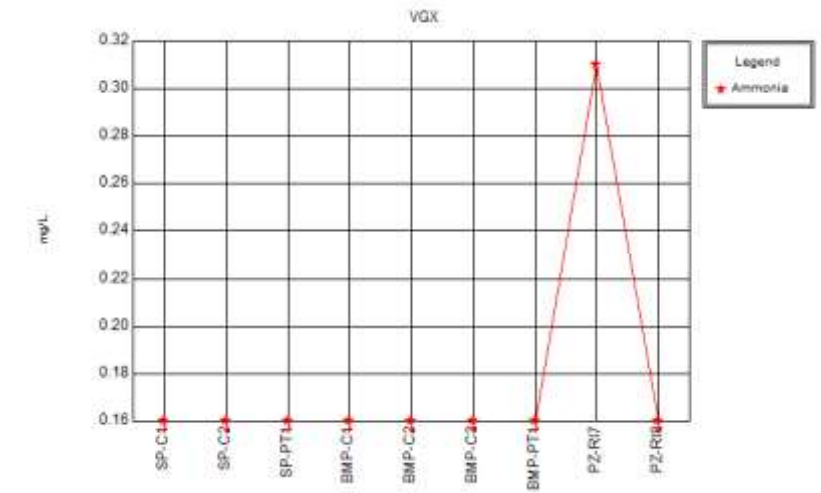
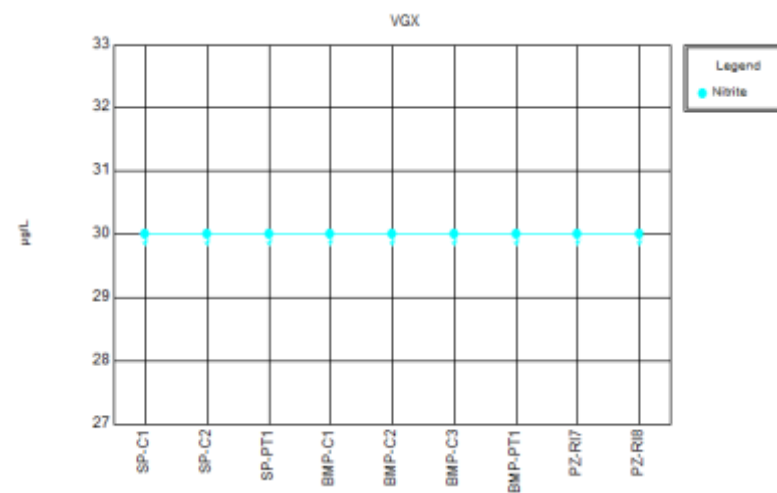
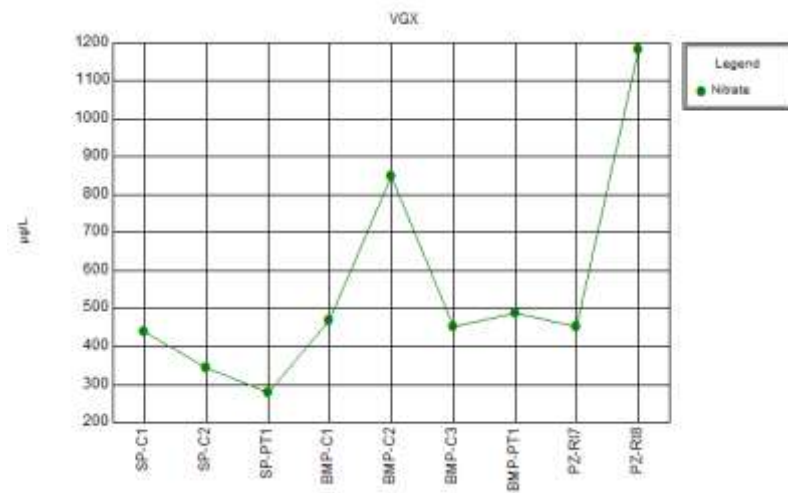


Figura 11.3.2 - 121 - Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

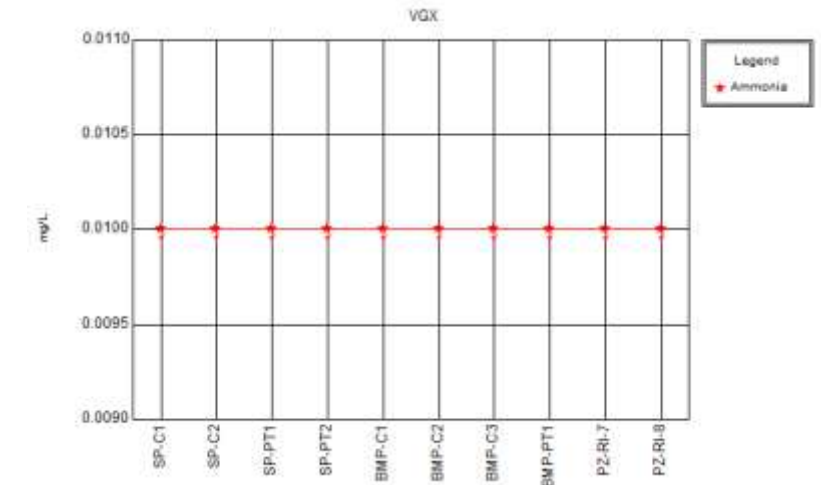
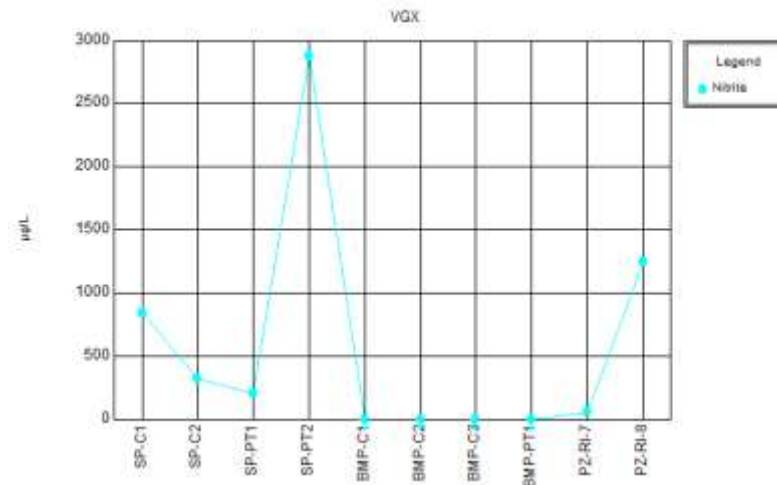
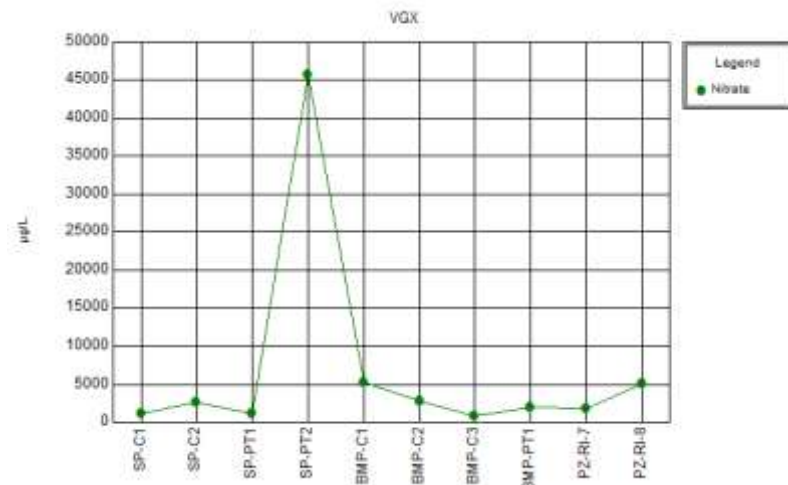


Figura 11.3.2 - 122 - Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

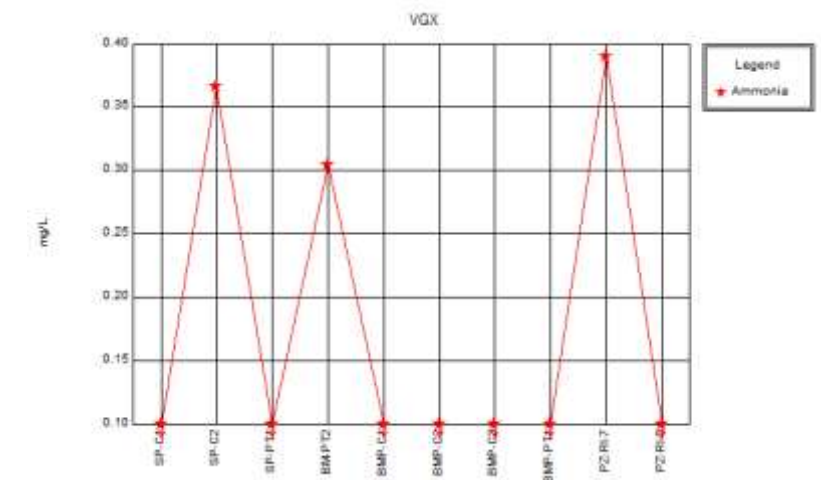
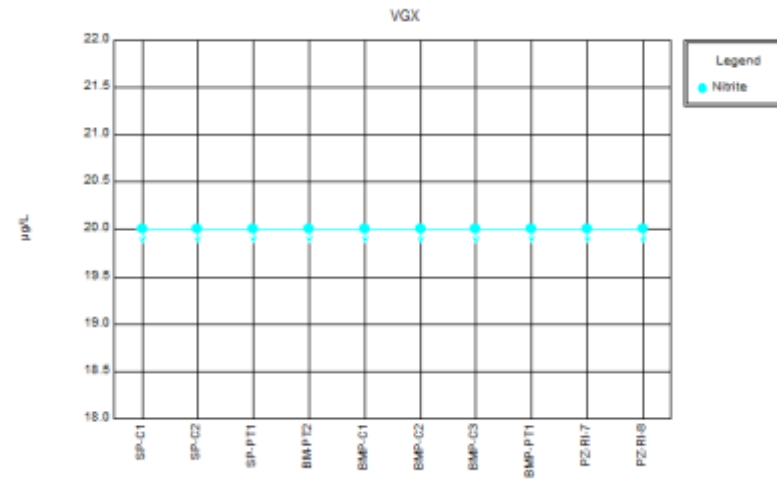
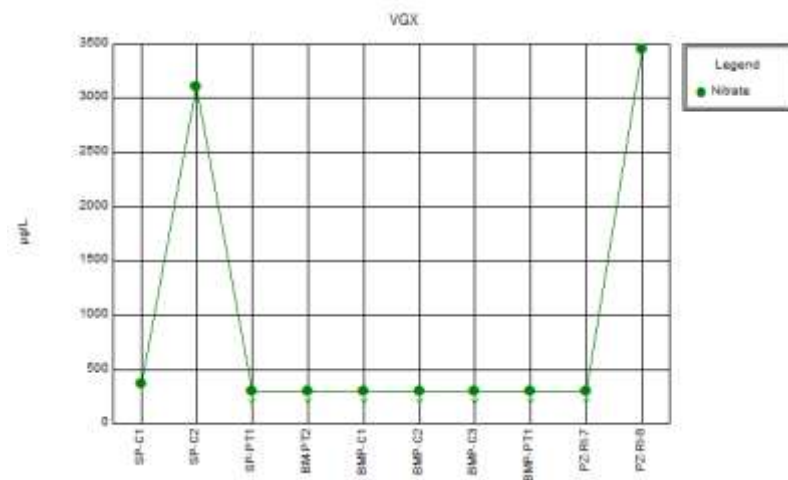


Figura 11.3.2 - 123 - Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

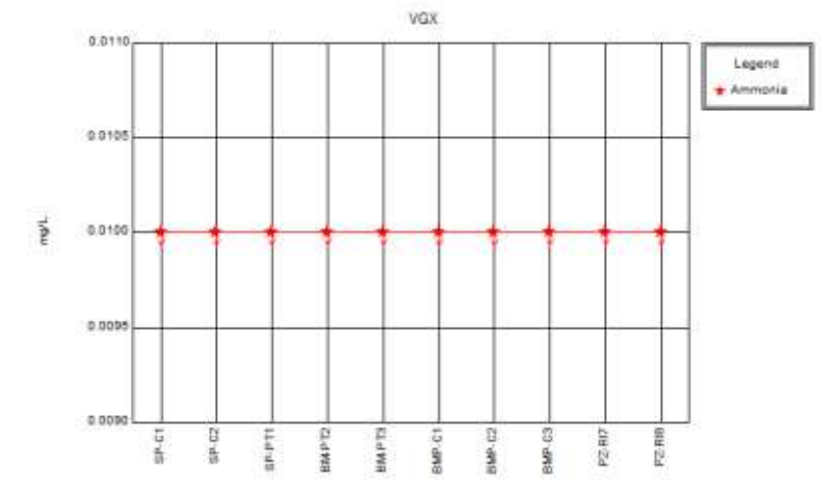
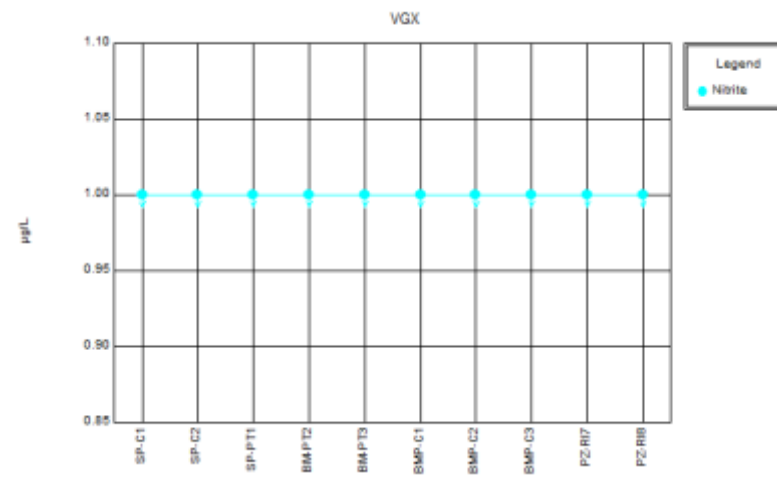
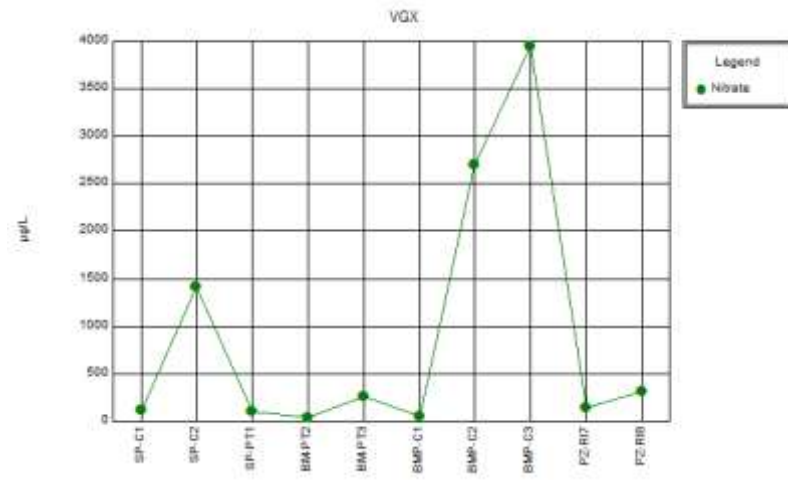


Figura 11.3.2 - 124 - Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

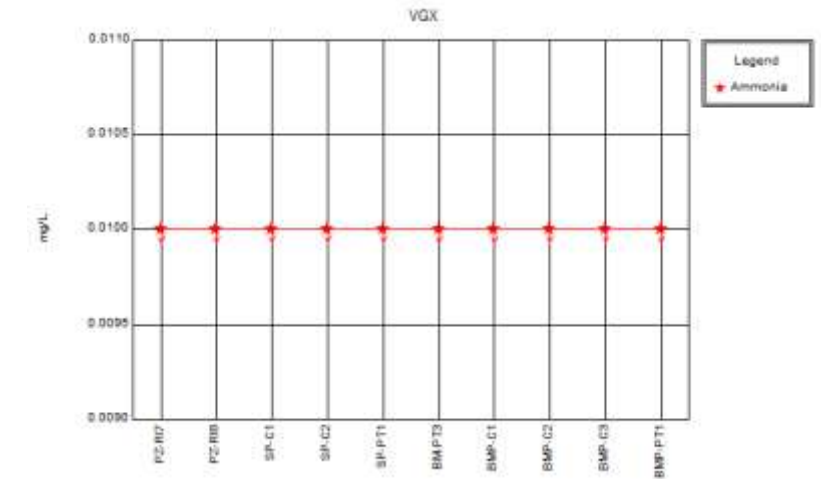
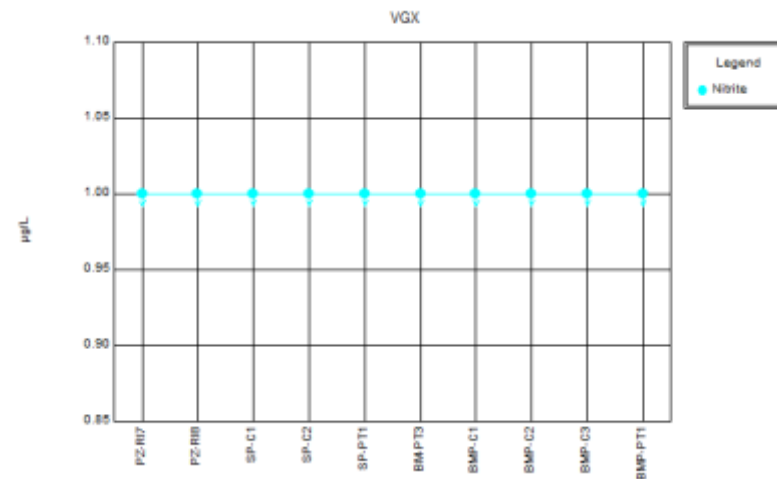
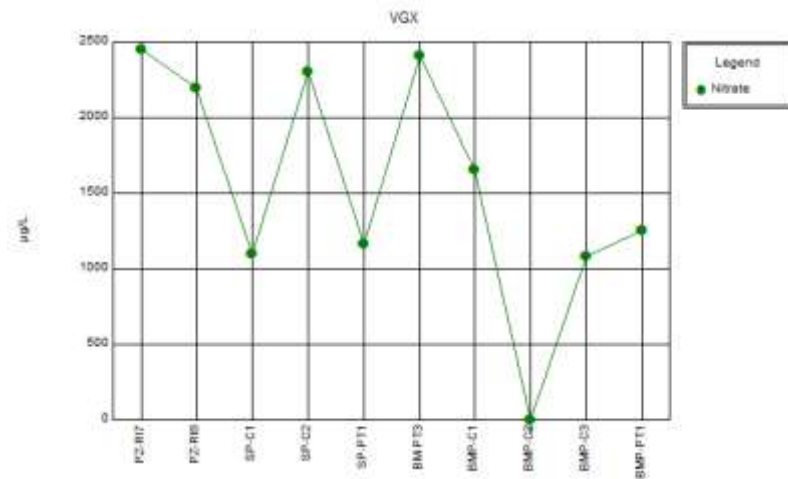


Figura 11.3.2 - 125 - Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

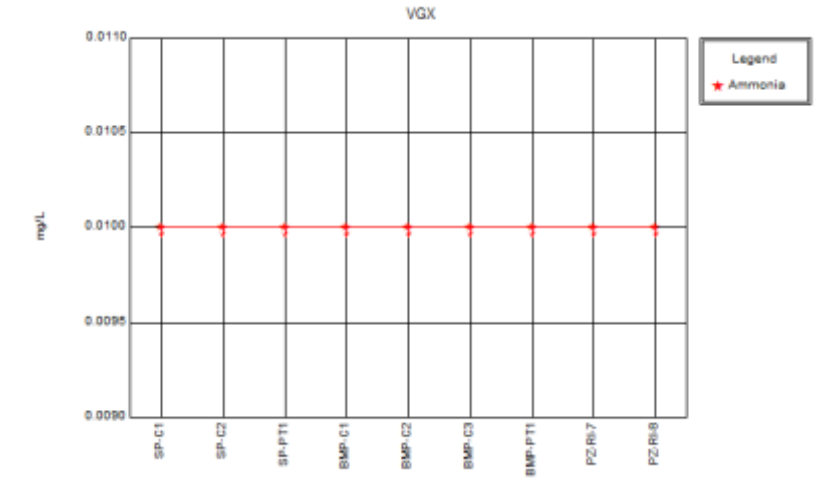
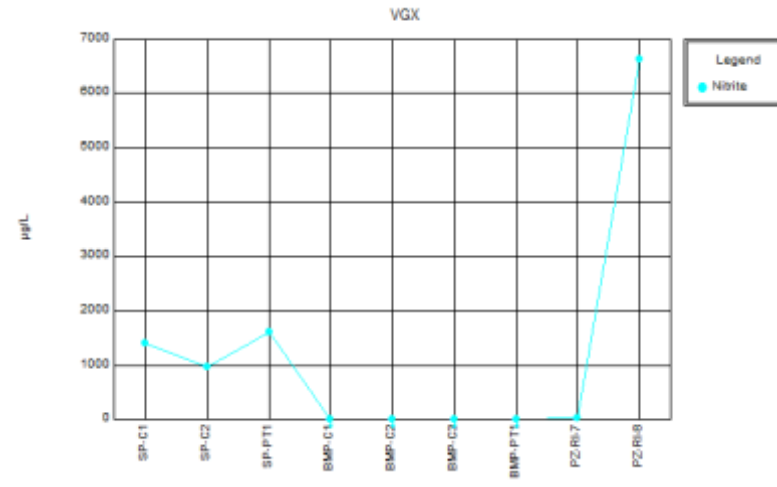
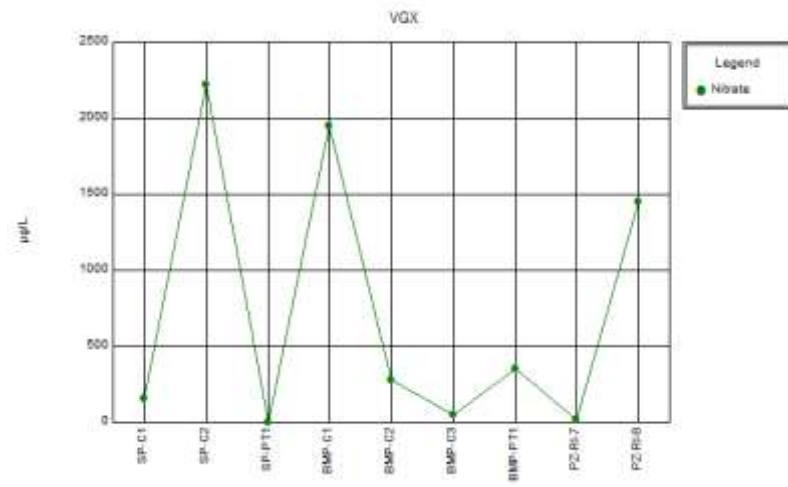


Figura 11.3.2 - 126 - Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

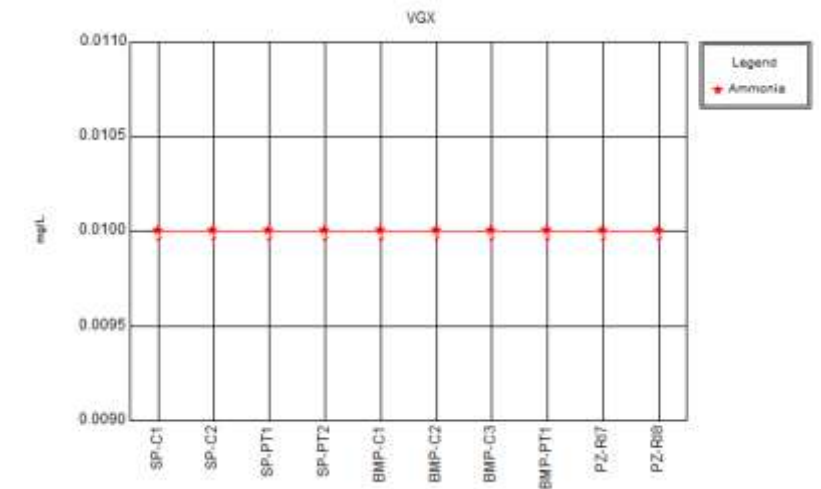
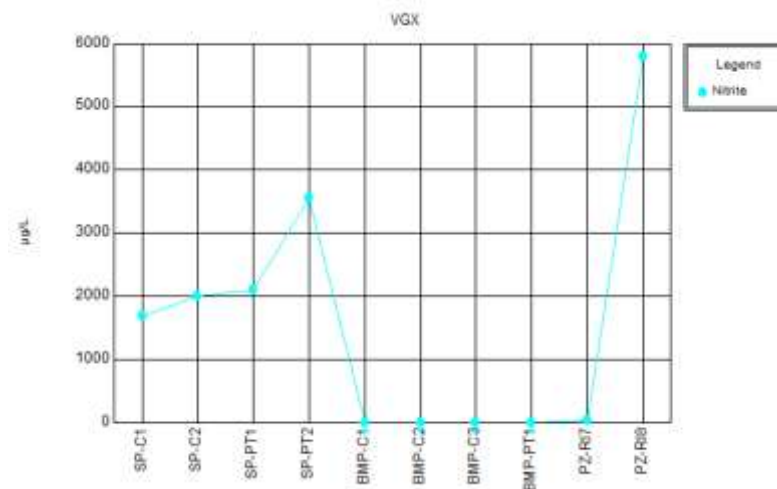
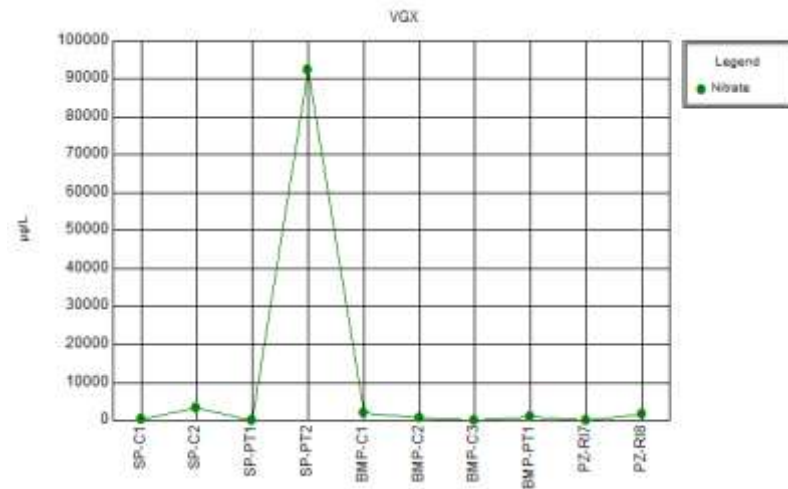


Figura 11.3.2 - 127 - Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).

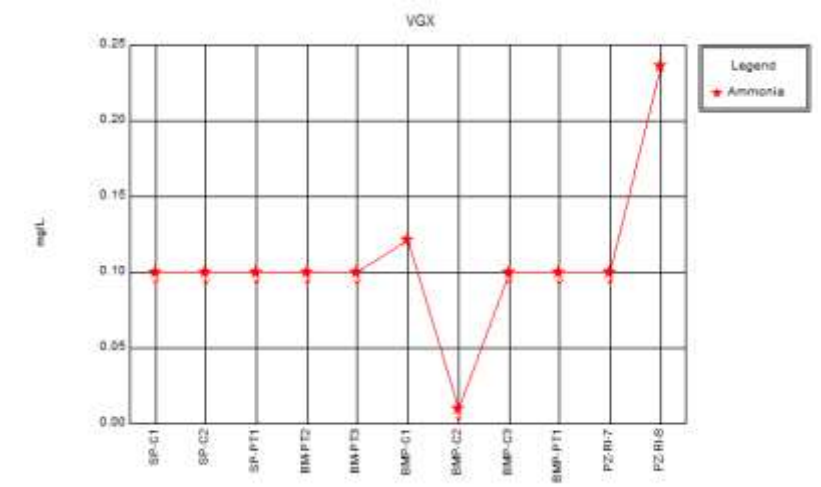
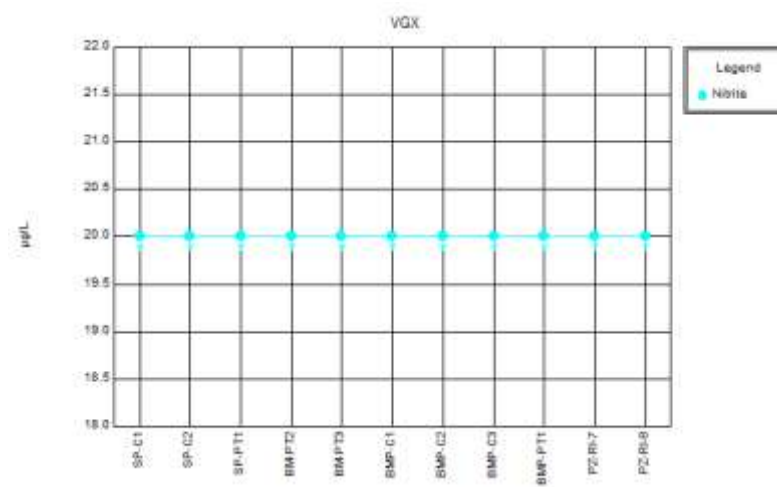
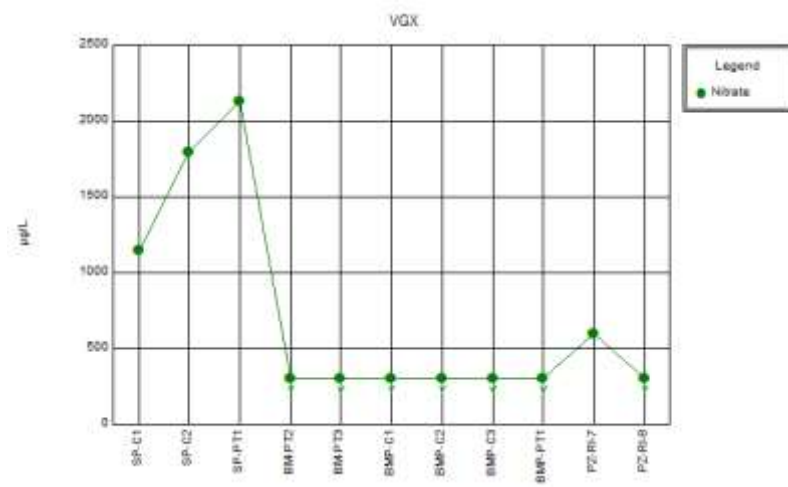


Figura 11.3.2 - 128 - Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

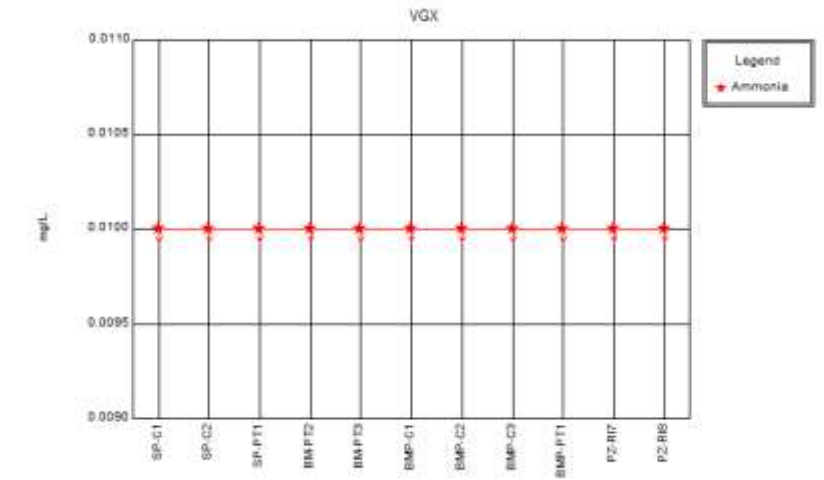
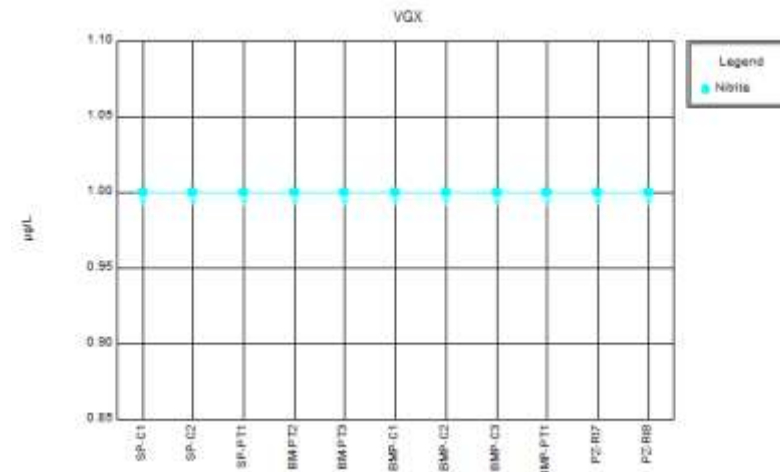
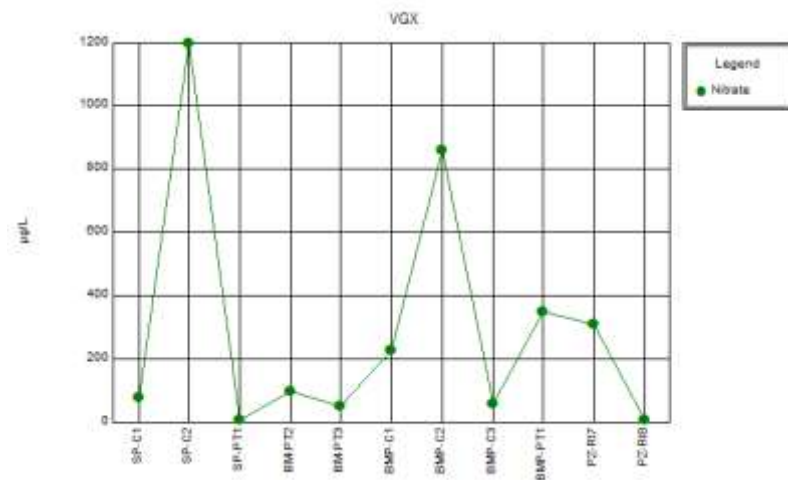


Figura 11.3.2 - 129 - Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

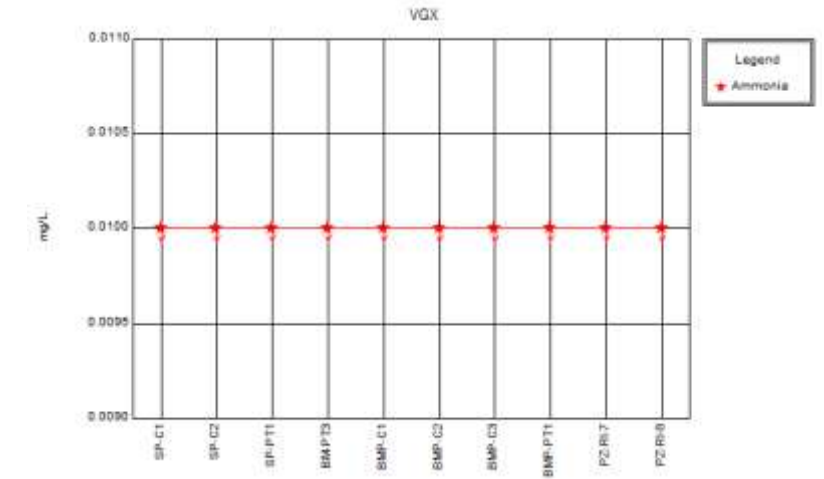
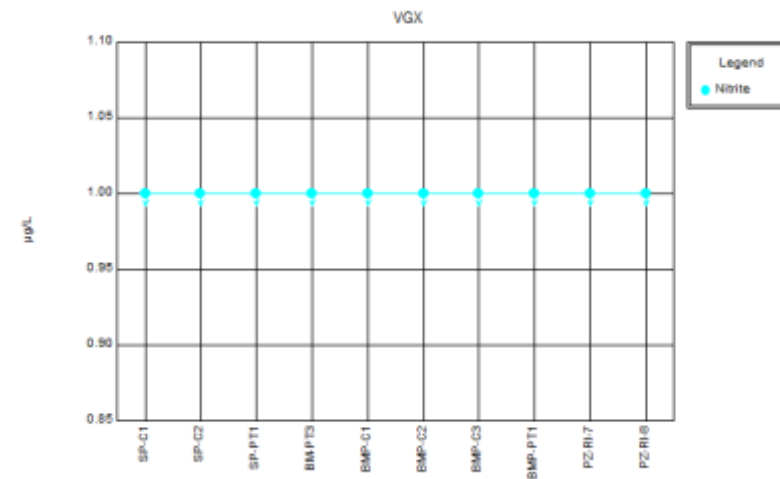
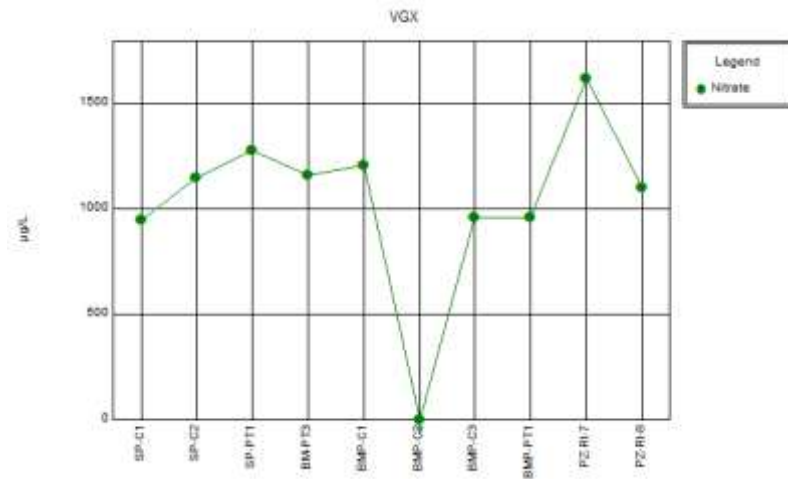


Figura 11.3.2 - 130 - Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

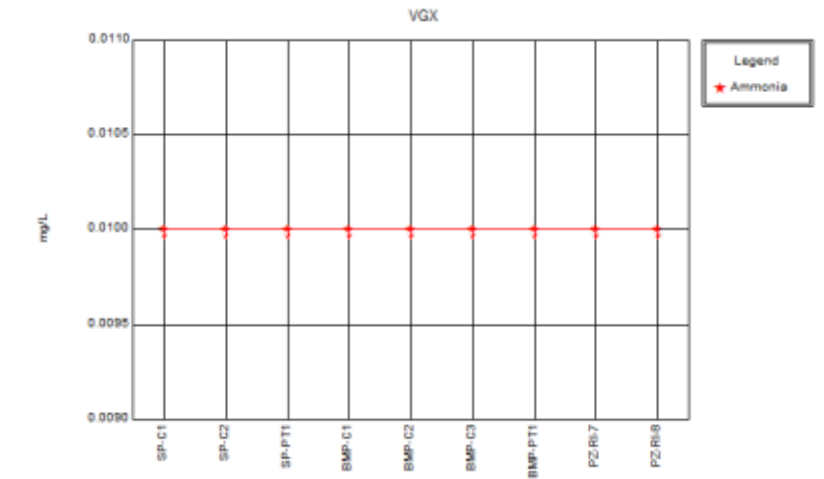
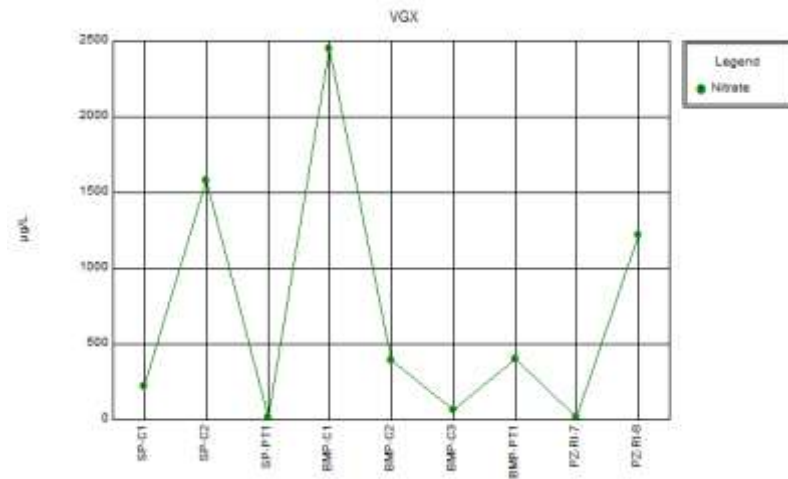


Figura 11.3.2 - 131 - Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).

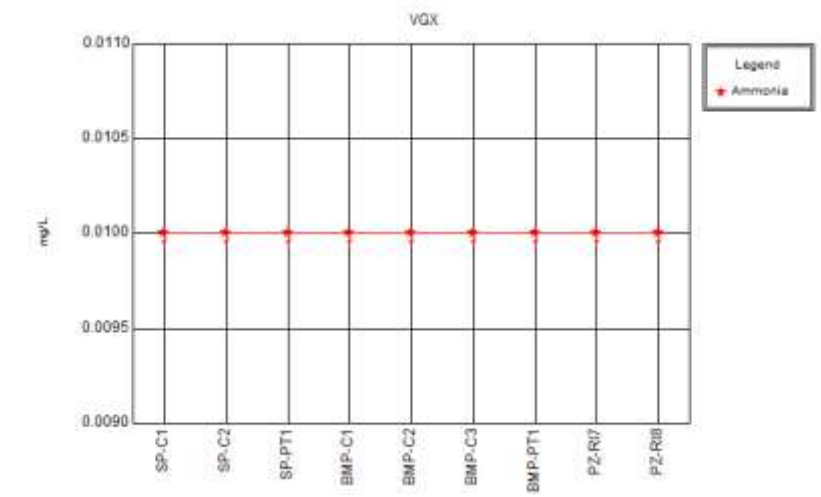
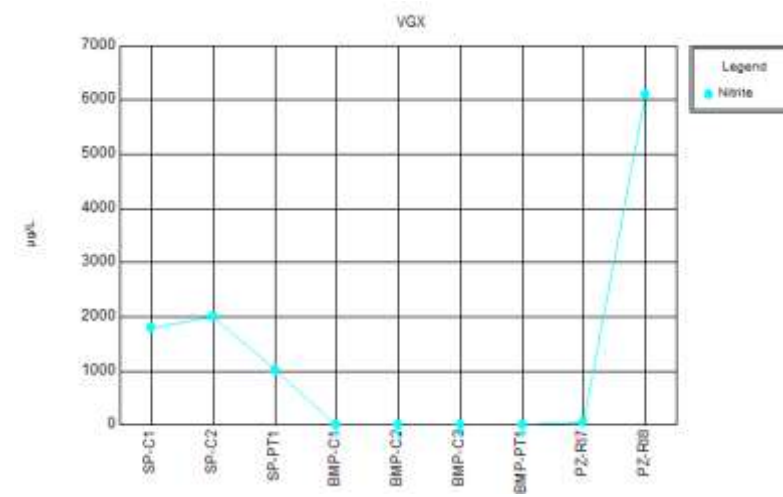
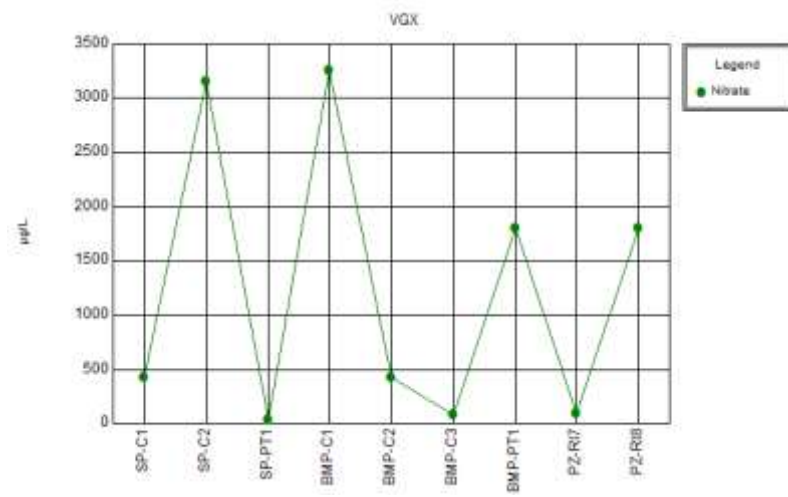


Figura 11.3.2 - 132 - Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

As **Figuras 11.3.2 - 133** e **11.3.2 – 154** apresentam os gráficos com valores de nitrato, nitrito e amônia para os poços de monitoramento instalados no entorno dos Reservatórios Xingu e Intermediário.

Nas coletas realizadas nos períodos de enchente, em janeiro/2014 (antes do enchimento), houve uma ocorrência de amônia maior que o VMP (1,5 mg/L) no PZ-RX6, ponto situado nas proximidades de área rural, na qual a contaminação pode ser devida à aplicação de fertilizantes (com nitrogênio e/ou esterco animal). Em janeiro/2018, o ponto PZ-RX10 apresentou valor de nitrito >1.000 µg/L (VMP) e em janeiro/2019 o PZ-RI3 apresentou nitrito maior que o VMP.

Para os períodos de vazante e seca, em julho e outubro/2017 e em julho e outubro/2018, o ponto PZ-RX10 apresentou valor de nitrito >1.000 µg/L (VMP). Tal ocorrência de nitrito é decorrente de fonte não determinada, uma vez que este ponto está situado próximo ao posto de abastecimento (desativado em janeiro/2018), dentro do sítio Pimental, afastado de qualquer tipo de efluente doméstico/esgoto (a única fonte provável seria a decomposição de matéria orgânica, considerando que parte da área próxima ao poço de monitoramento fica constantemente encharcada).

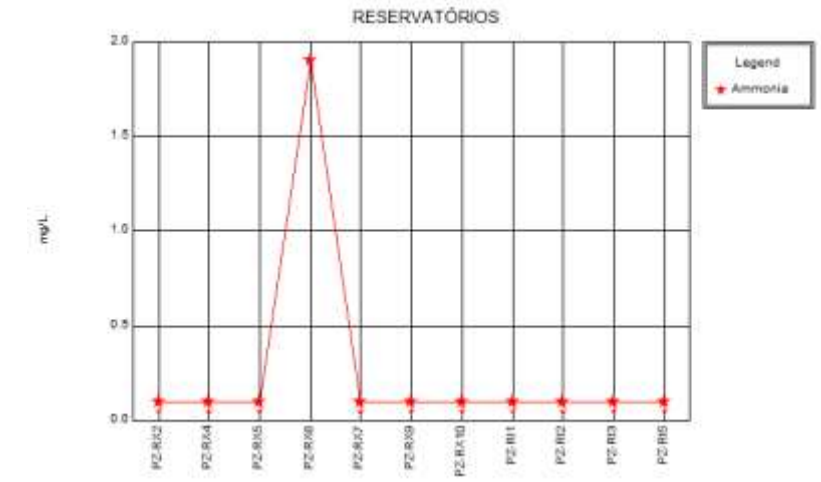
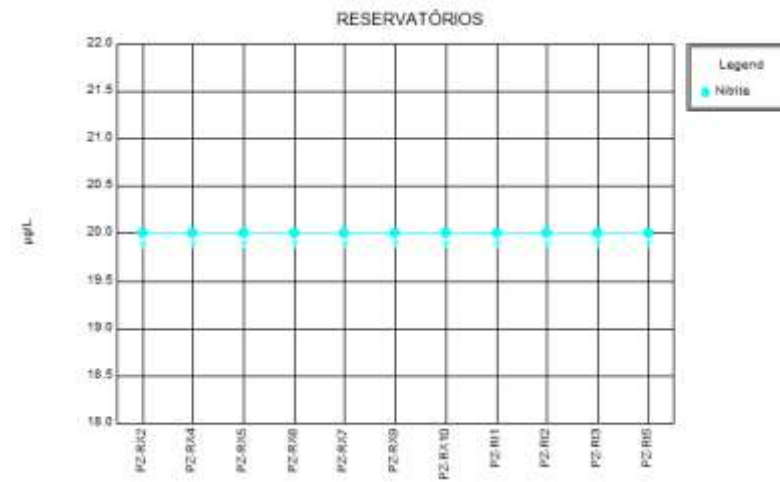
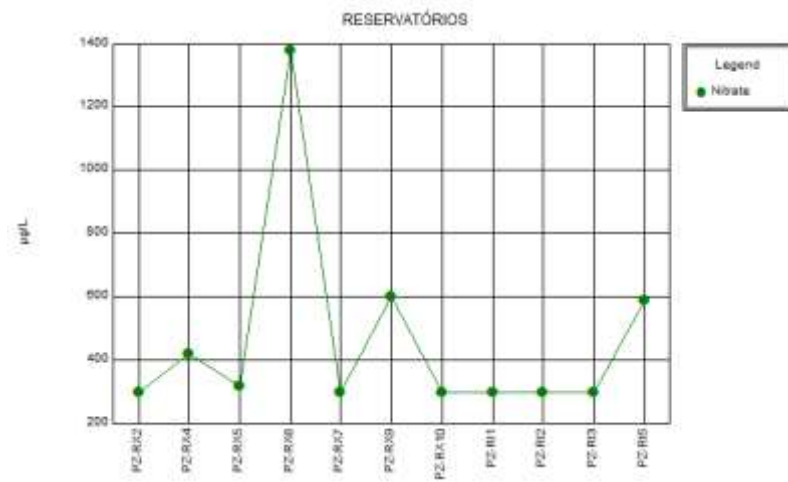


Figura 11.3.2 - 133 - Coleta Trimestral 7 (Janeiro/2014).

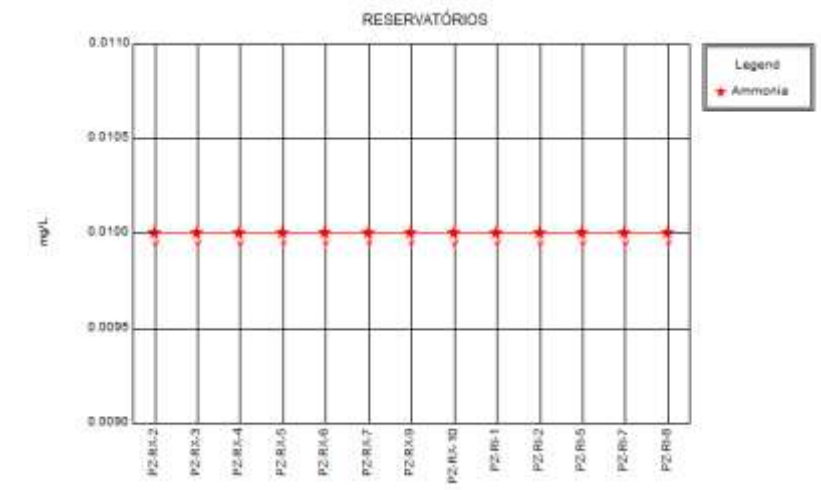
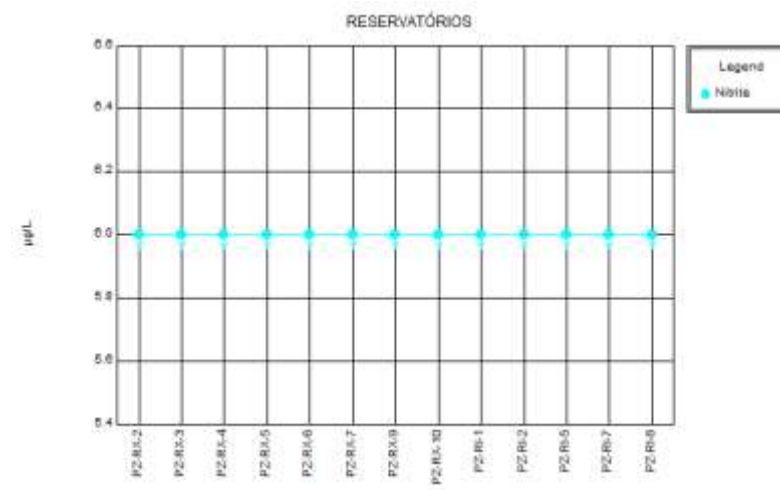
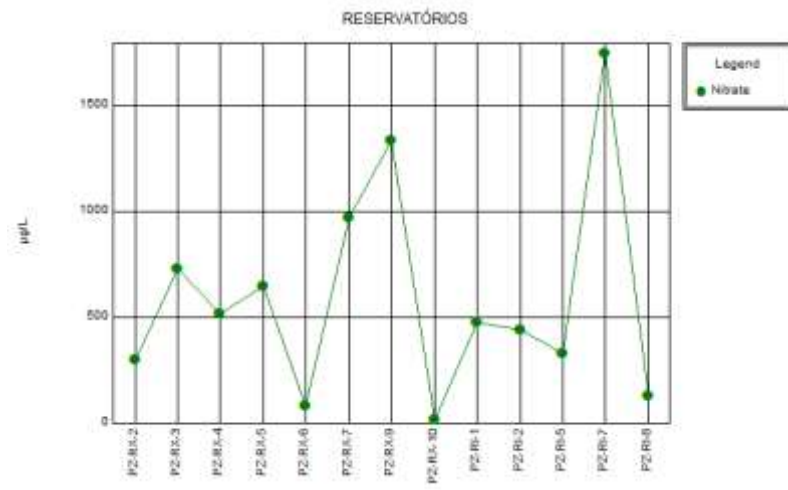


Figura 11.3.2 - 134 - Coleta Trimestral 11 (Janeiro/2015).

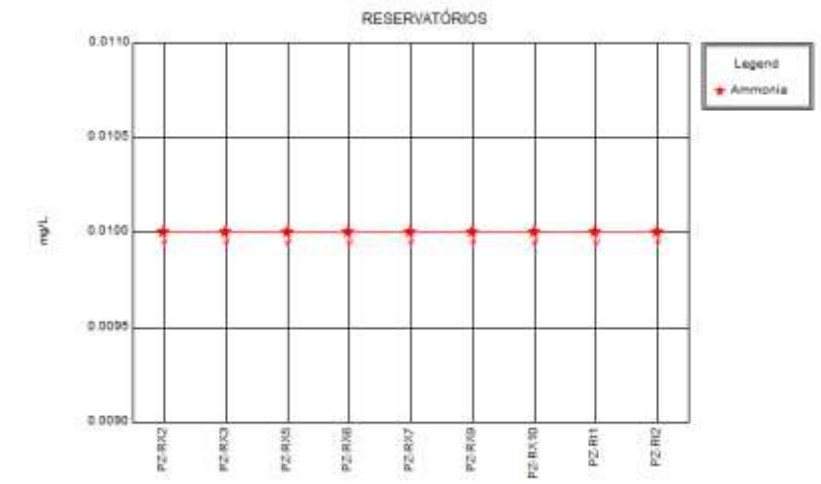
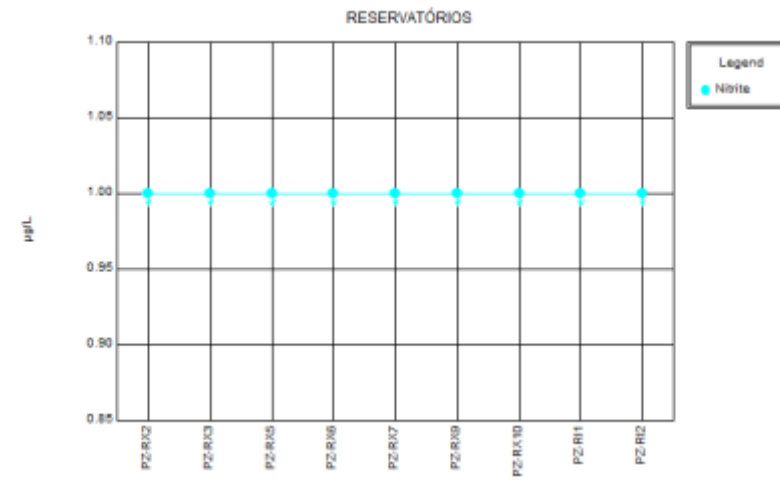
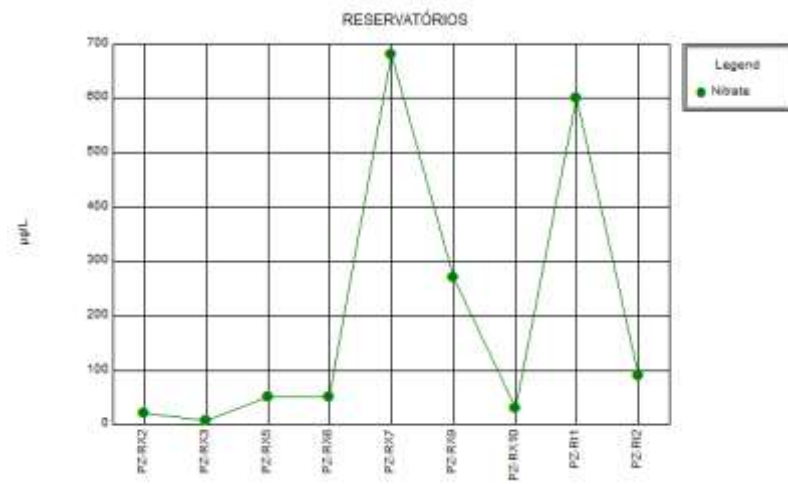


Figura 11.3.2 - 135 - Coleta Trimestral 15 (Janeiro/2016).

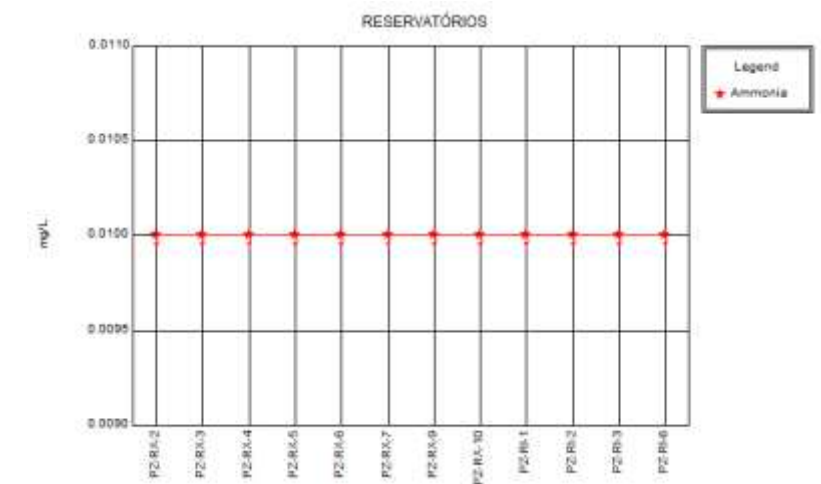
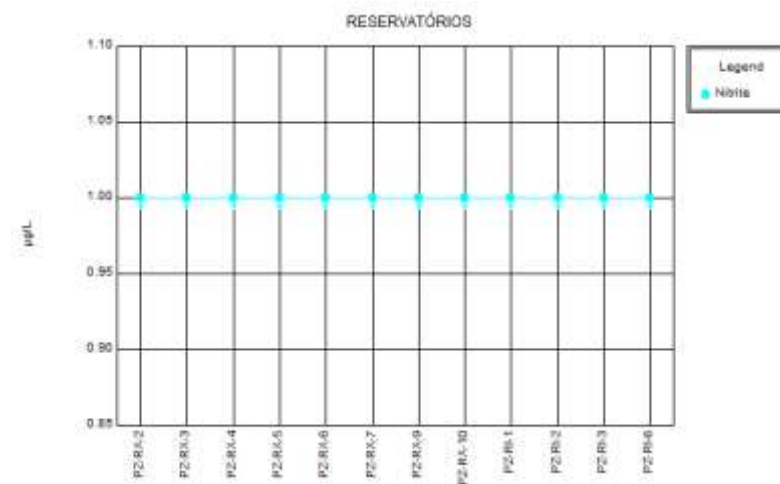
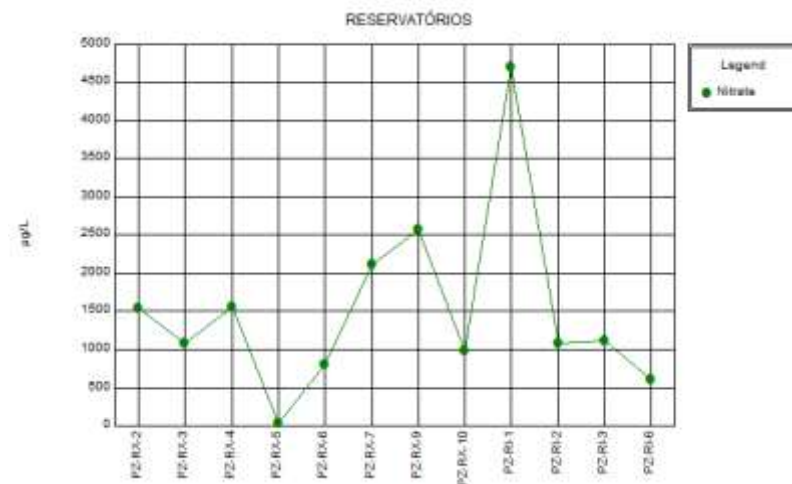


Figura 11.3.2 - 136 - Coleta Trimestral 19 (Janeiro/2017).

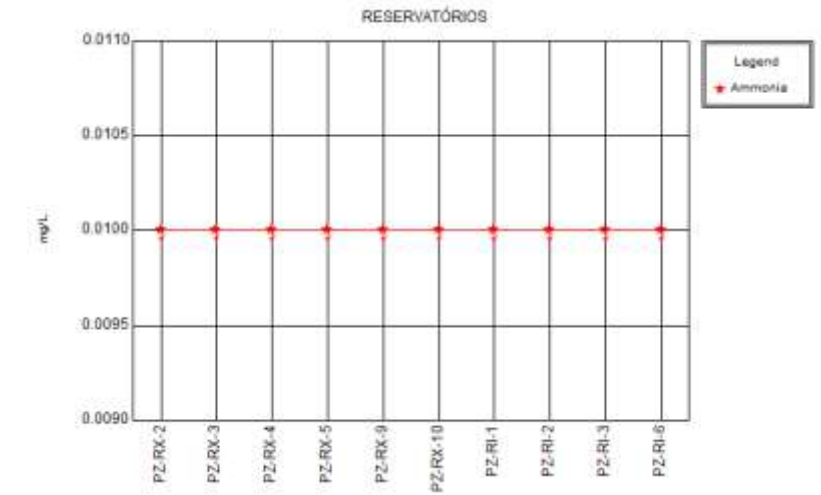
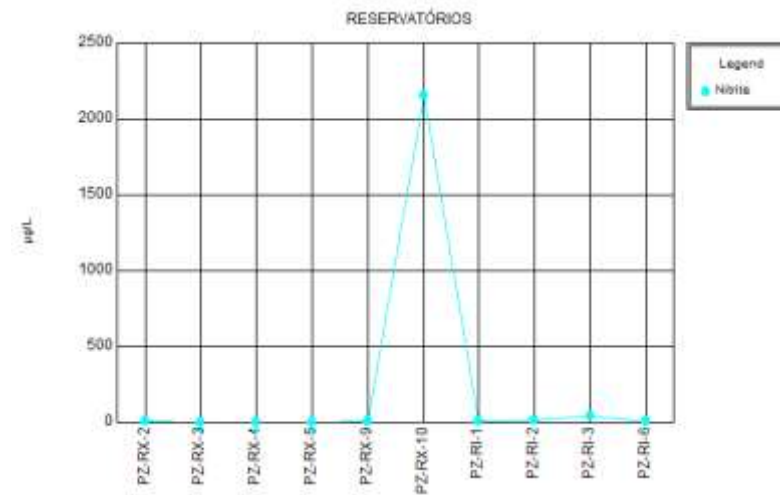
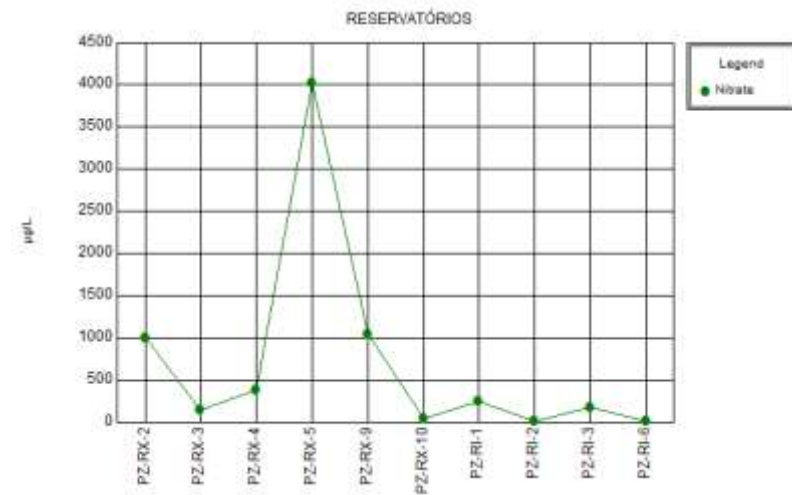


Figura 11.3.2 - 137 - Coleta Trimestral 23 (Janeiro/2018).

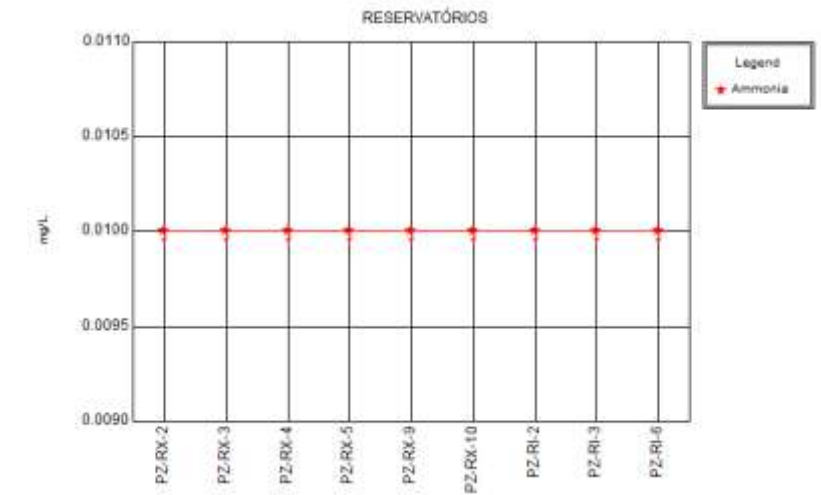
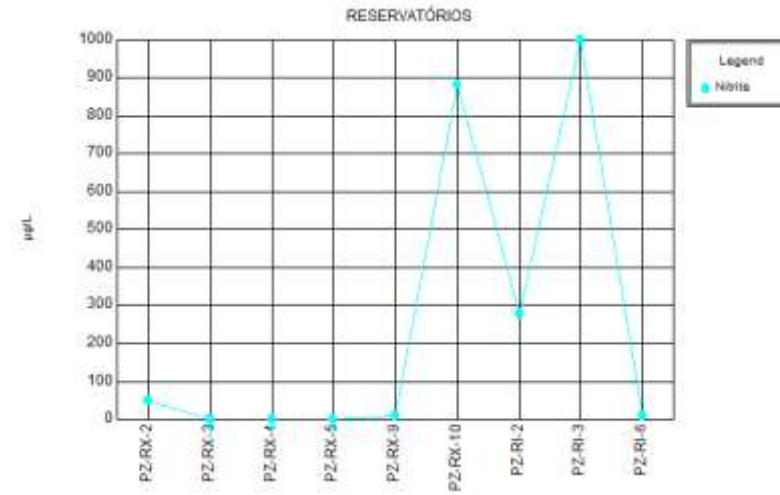


Figura 11.3.2 - 138 - Coleta Trimestral 27 (Janeiro/2019).

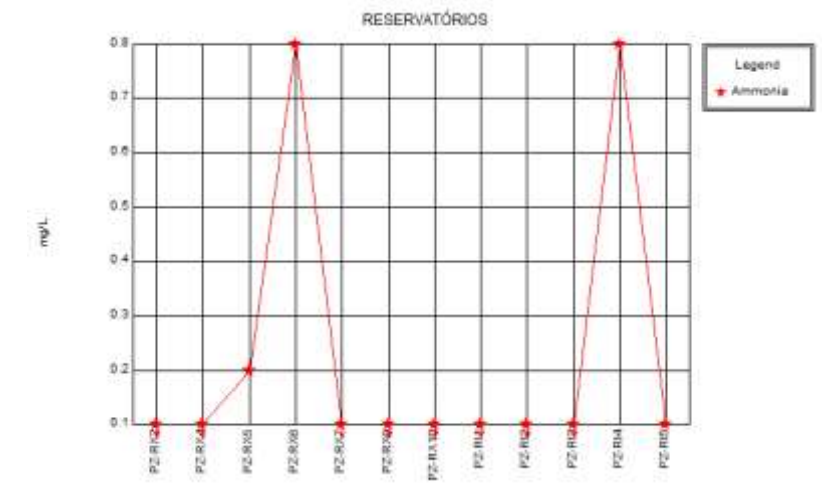
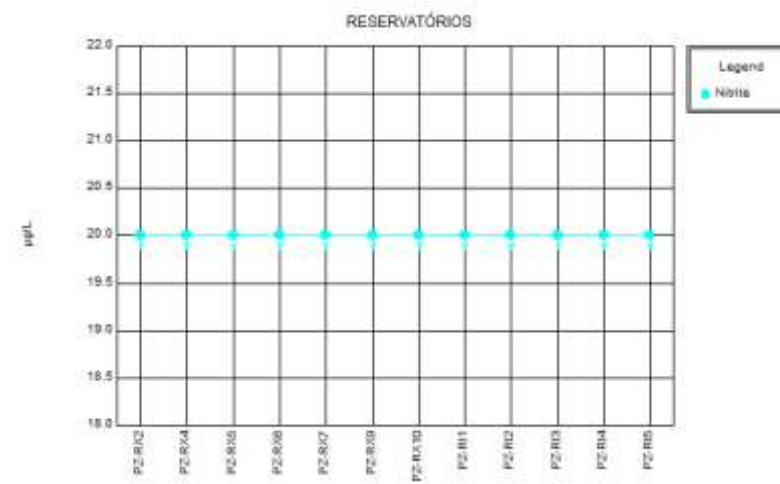
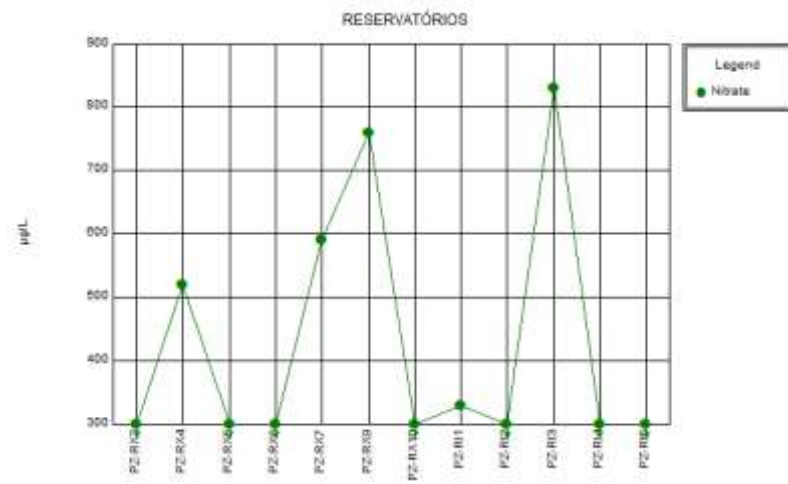


Figura 11.3.2 - 139 - Coleta Trimestral 8 (Abril/2014).

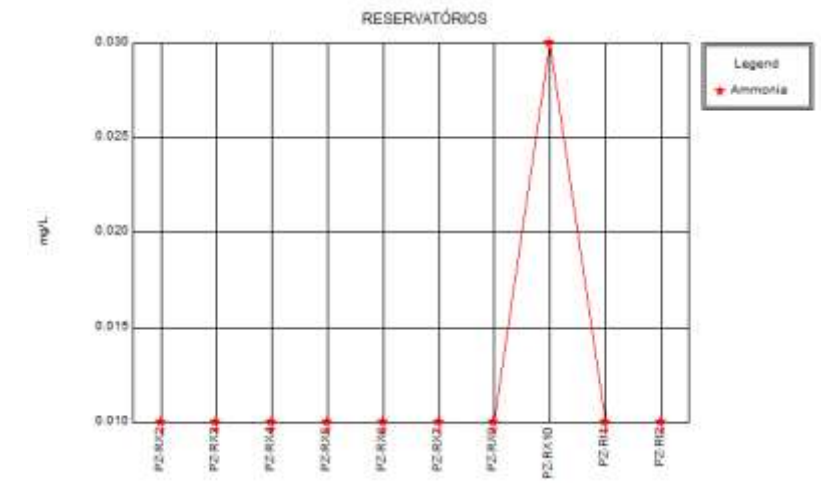
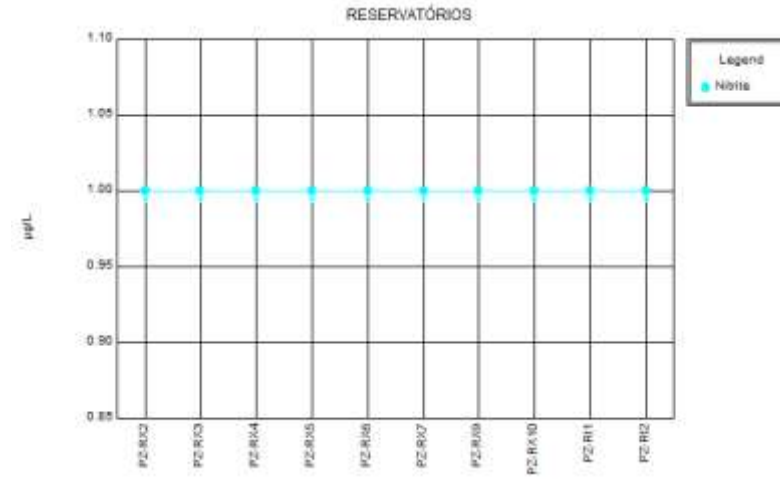
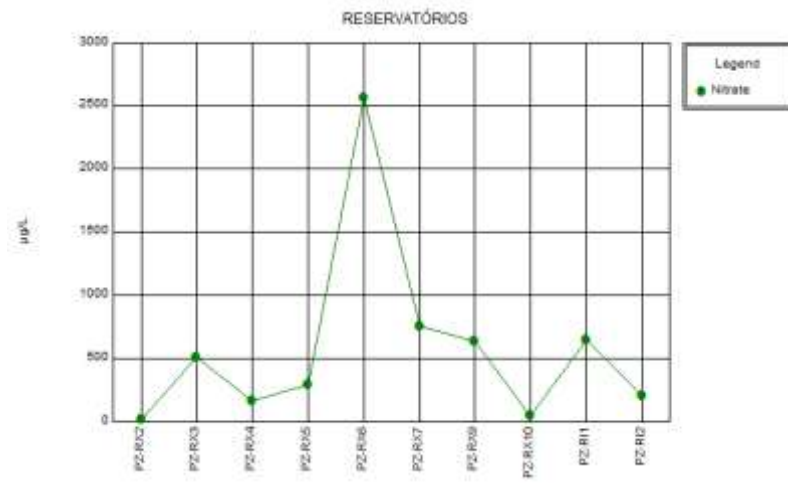


Figura 11.3.2 - 140 - Coleta Trimestral 12 (Abril/2015).

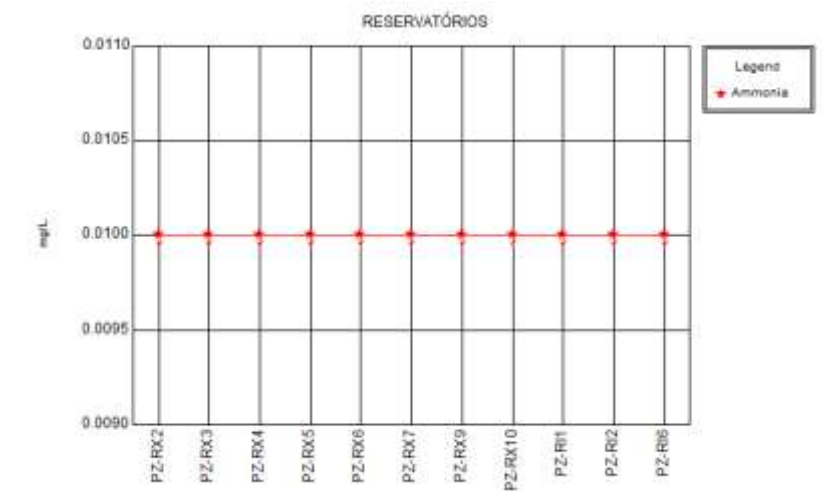
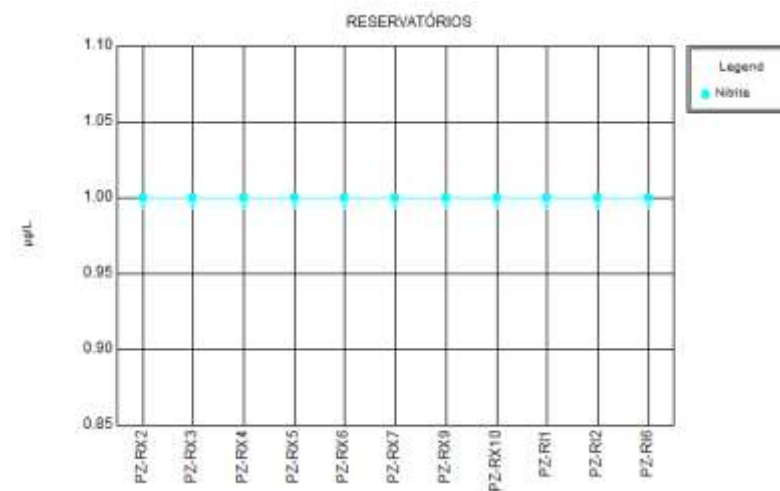
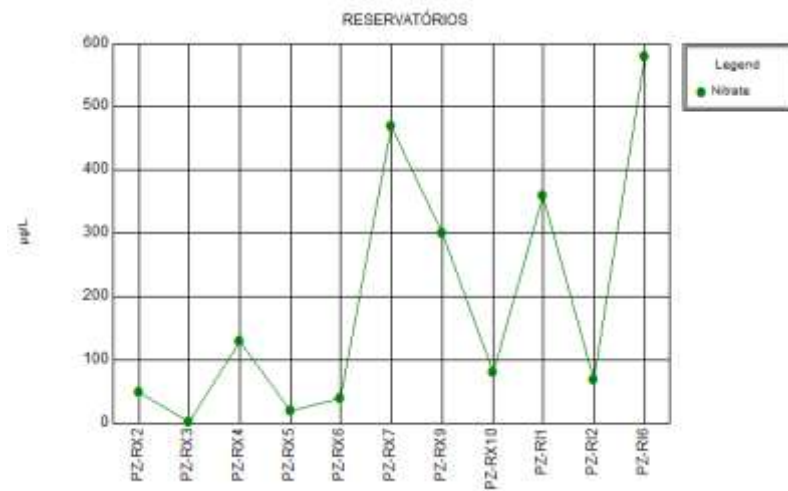


Figura 11.3.2 - 141 - Coleta Trimestral 16 (Abril/2016).

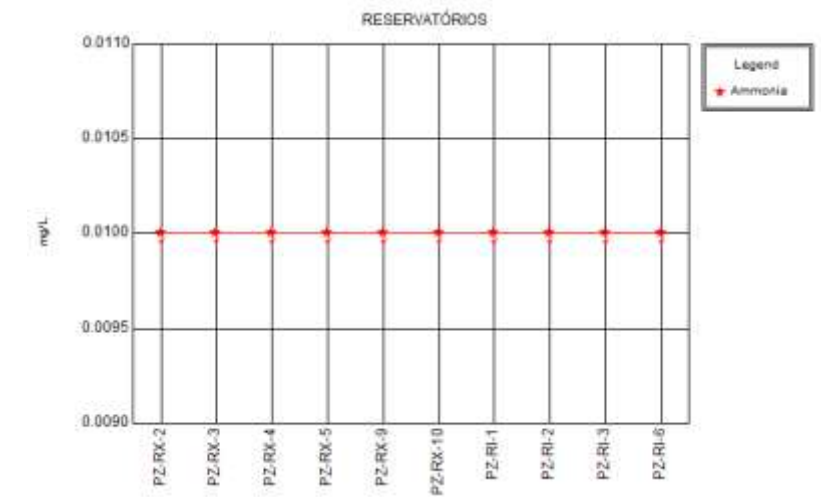
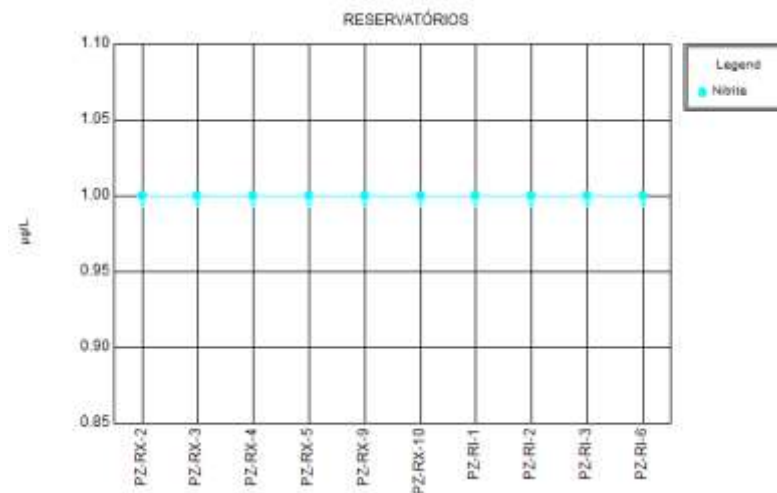
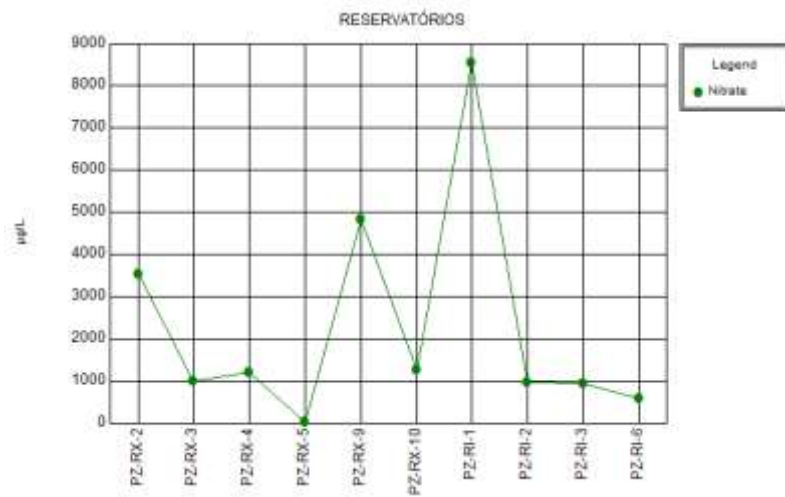


Figura 11.3.2 - 142 - Coleta Trimestral 20 (Abril/2017).

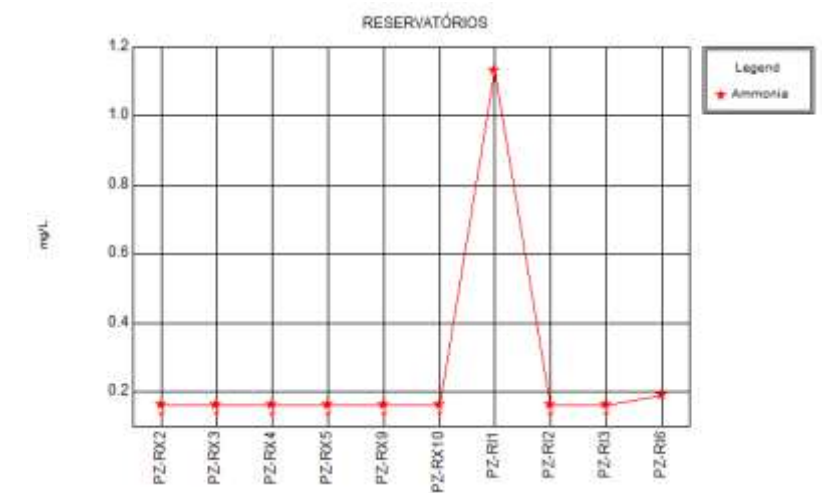
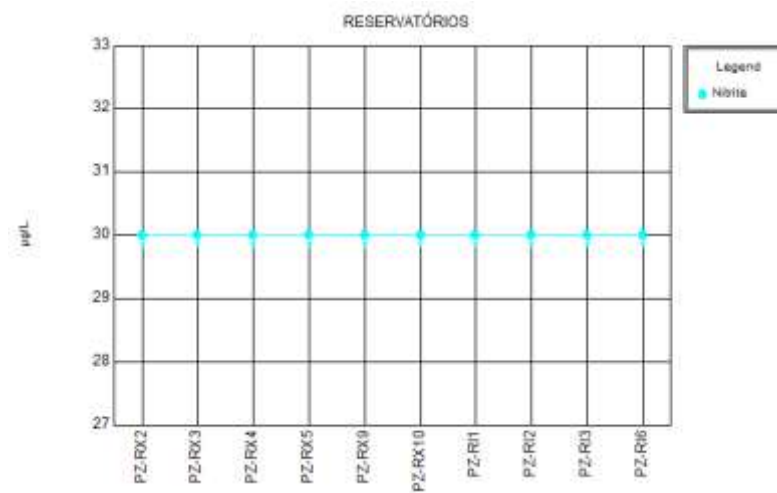
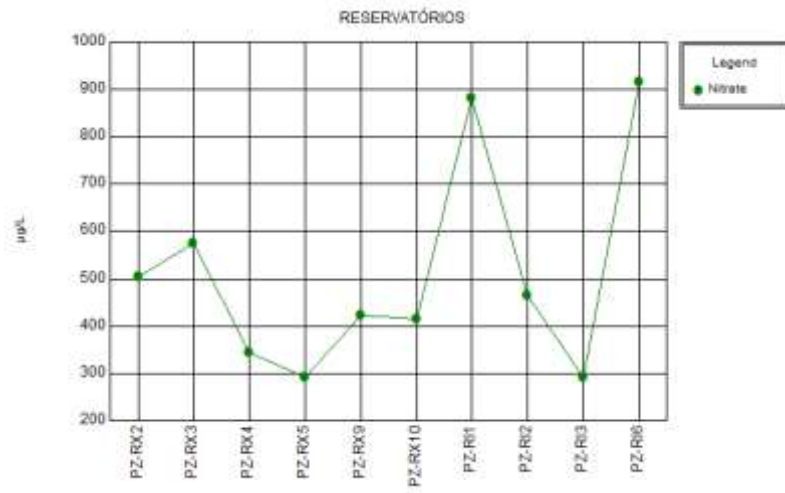


Figura 11.3.2 - 143 - Coleta Trimestral 24 (Maio-junho/2018).

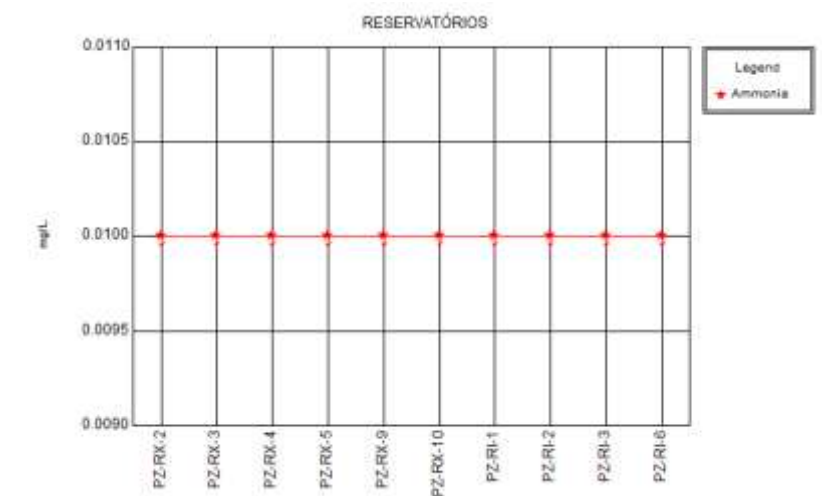
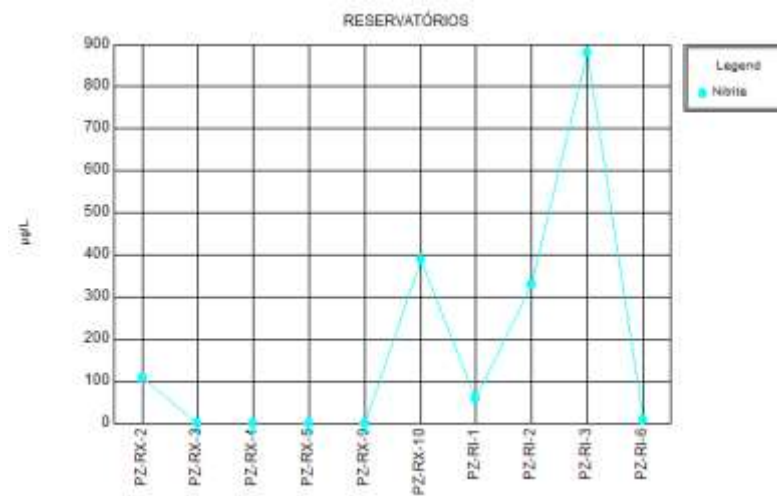


Figura 11.3.2 - 144 - Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019).

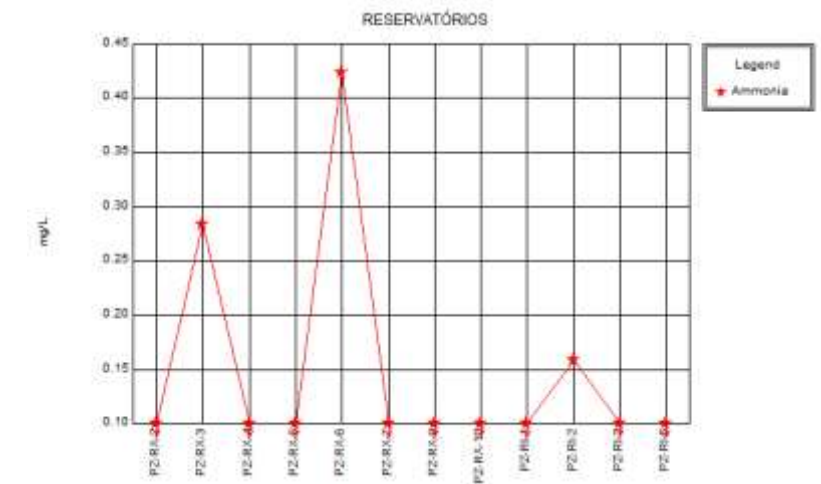
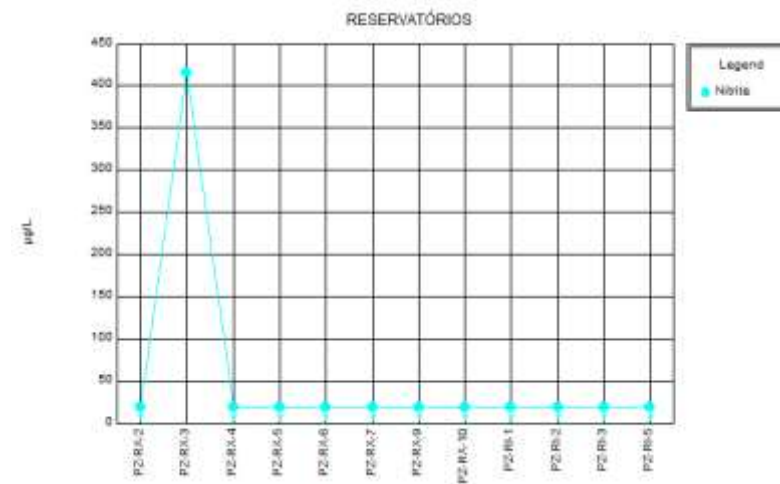
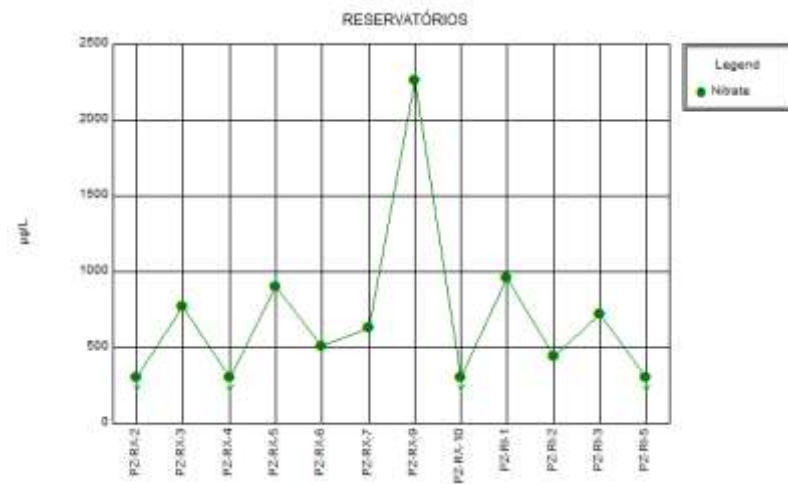


Figura 11.3.2 - 145 - Coleta Trimestral 9 (Julho/2014).

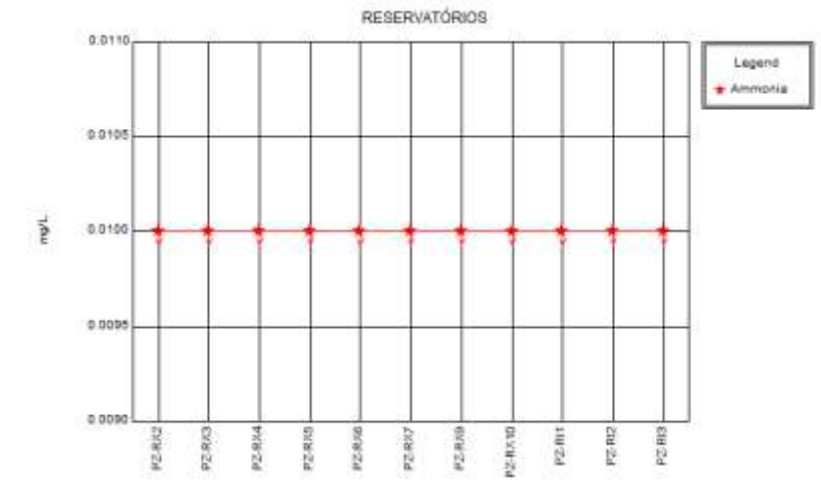
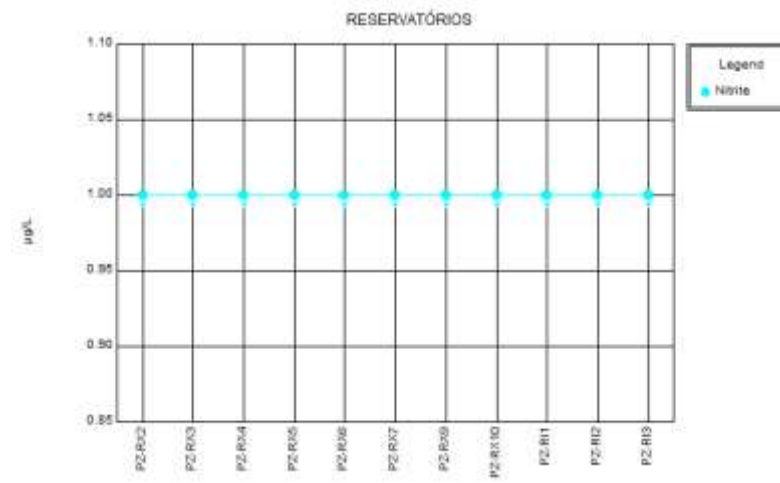
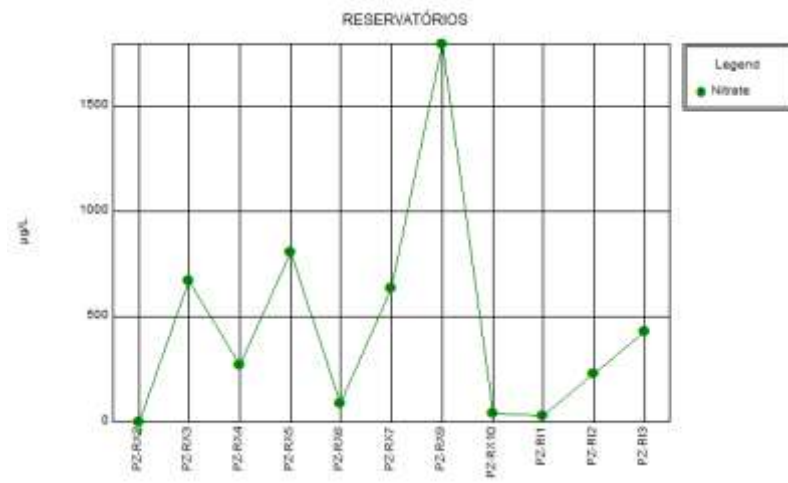


Figura 11.3.2 - 146 - Coleta Trimestral 13 (Julho/2015).

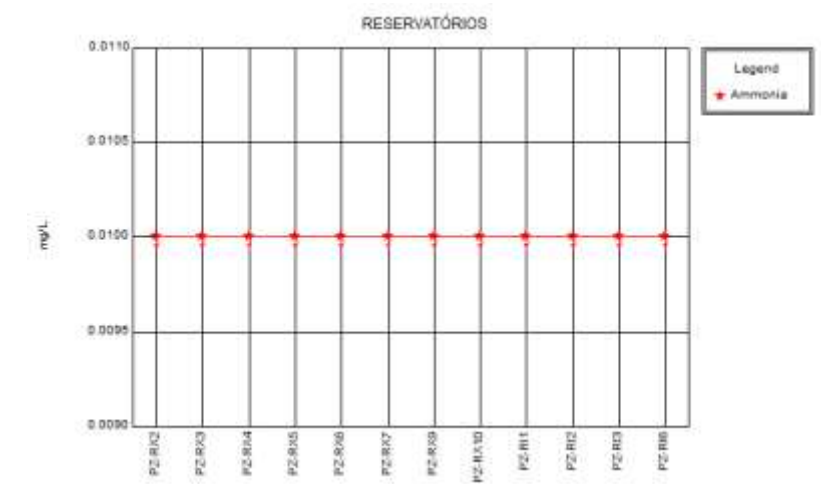
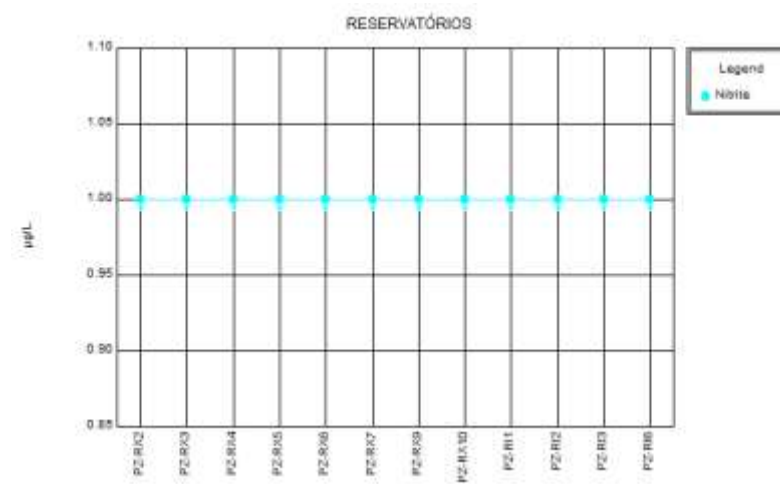
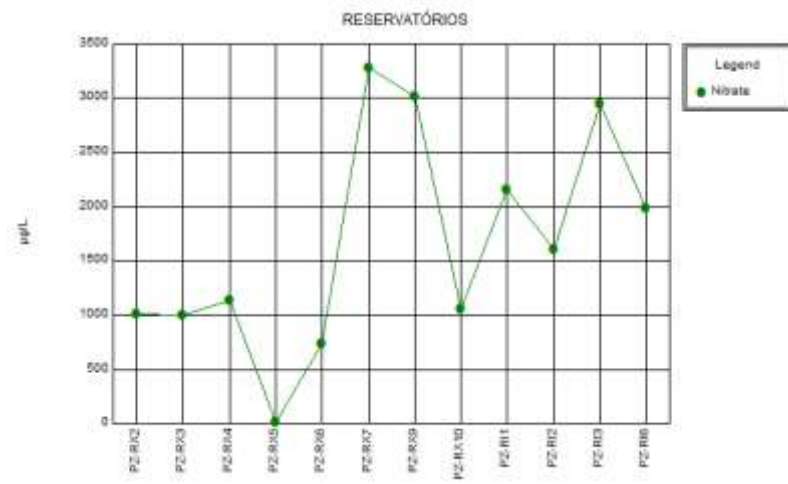


Figura 11.3.2 - 147 - Coleta Trimestral 17 (Julho/2016).

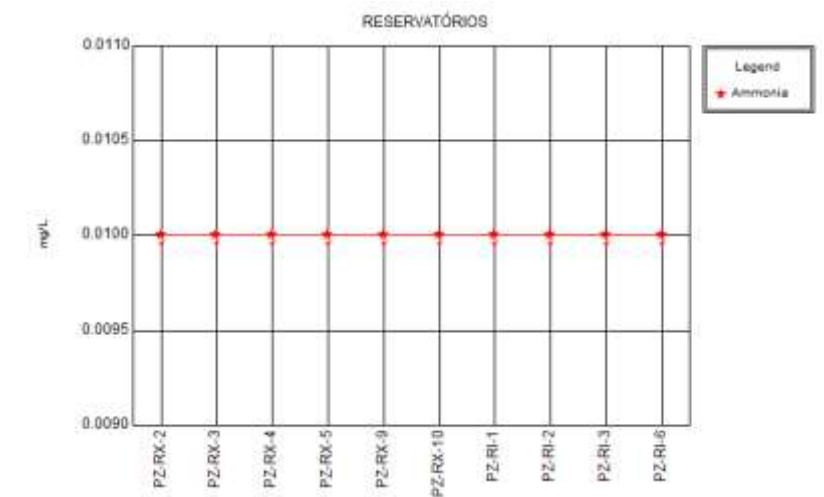
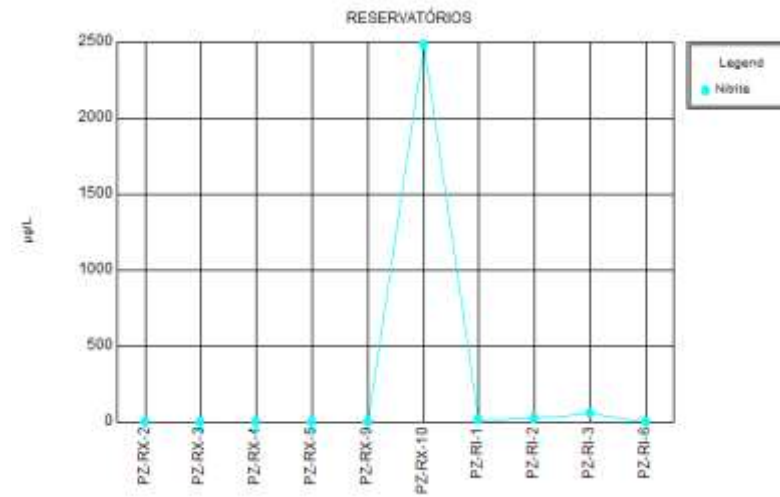


Figura 11.3.2 - 148 - Coleta Trimestral 21 (Julho/2017).

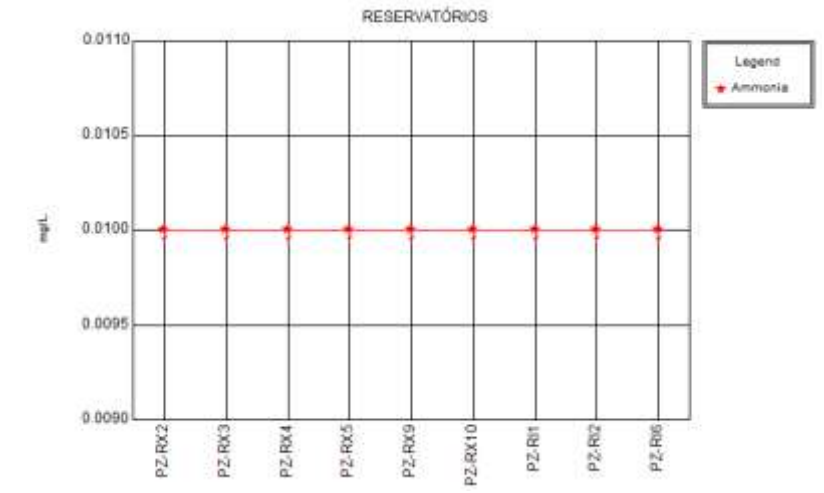
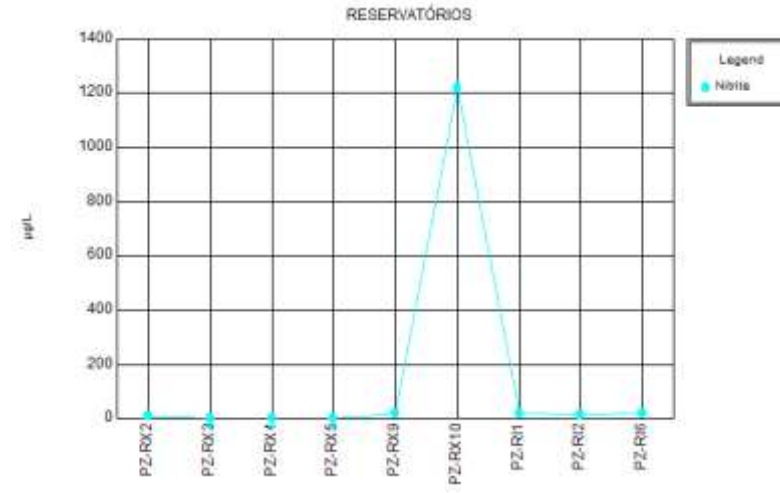
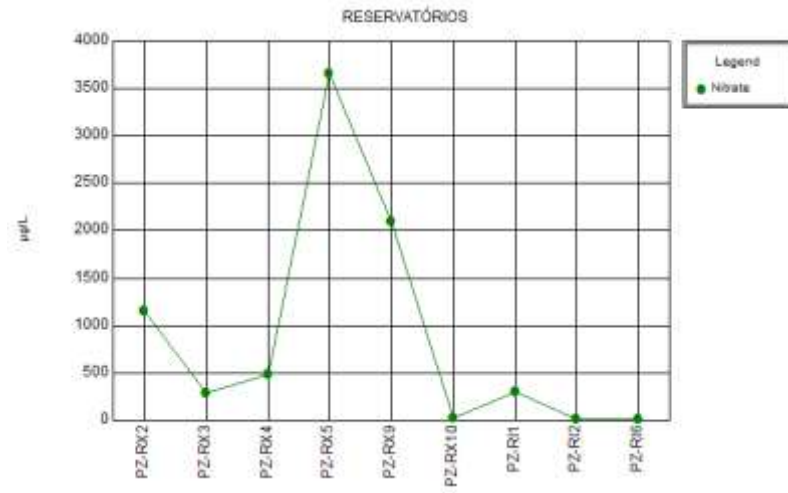


Figura 11.3.2 - 149 - Coleta Trimestral 25 (Julho-Agosto/2018).

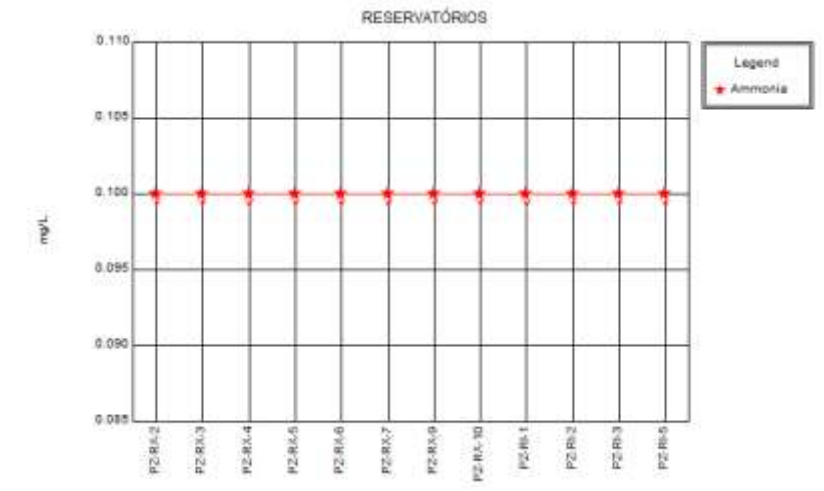
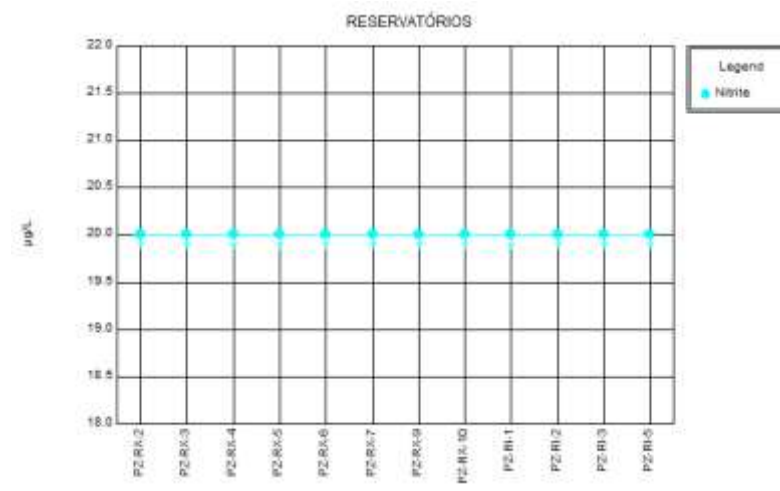
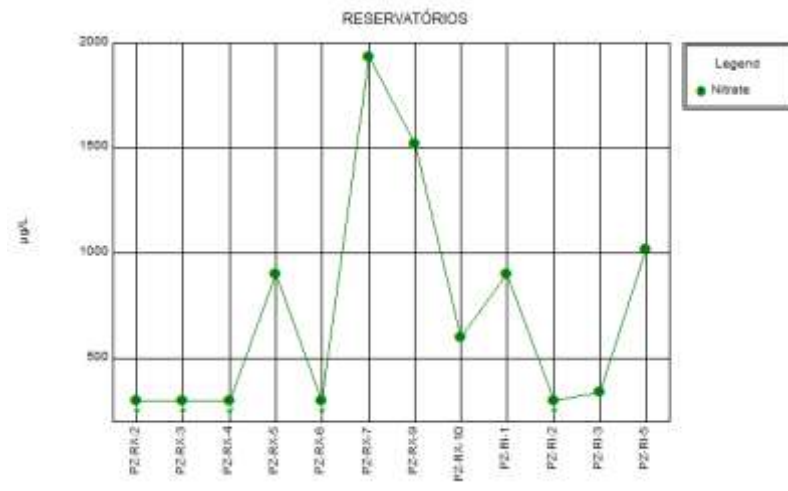


Figura 11.3.2 - 150 - Coleta Trimestral 10 (Outubro/2014).

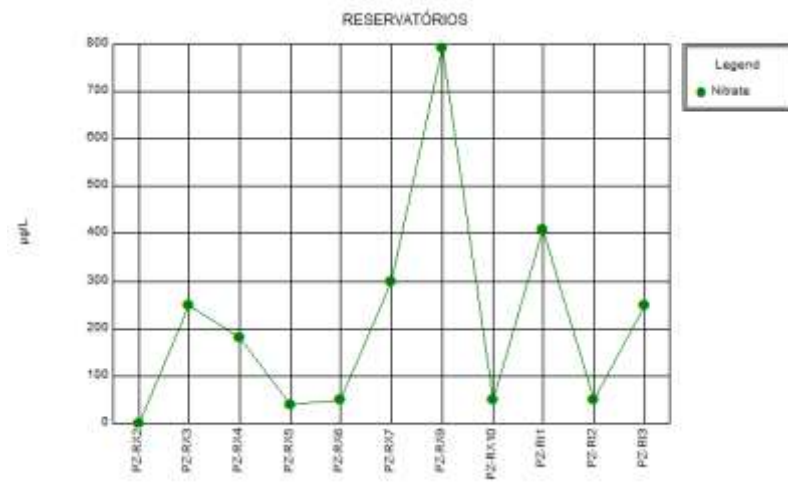


Figura 11.3.2 - 151 - Coleta Trimestral 14 (Outubro/2015).

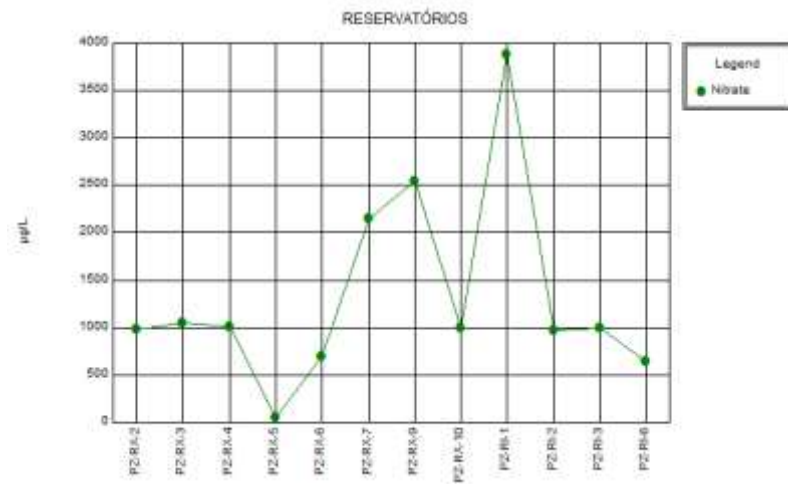
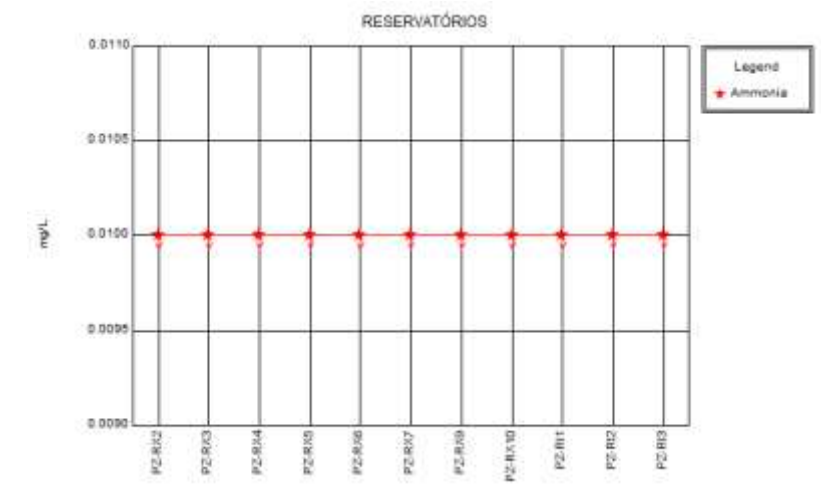
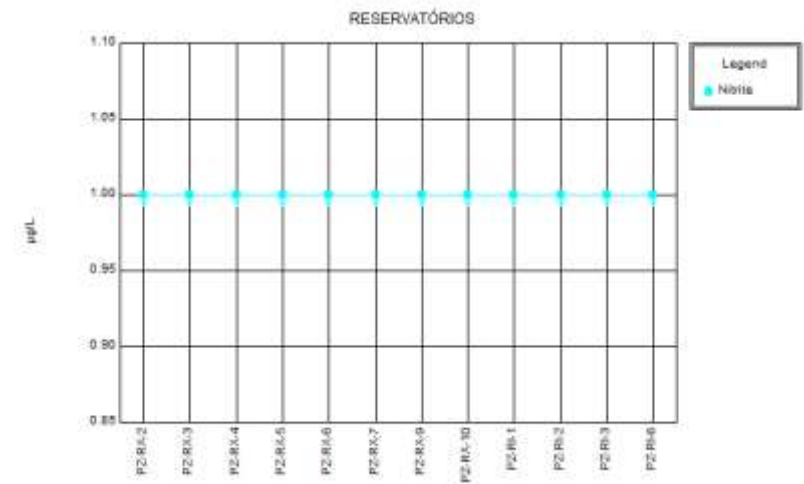


Figura 11.3.2 - 152 - Coleta Trimestral 18 (Outubro/2016).

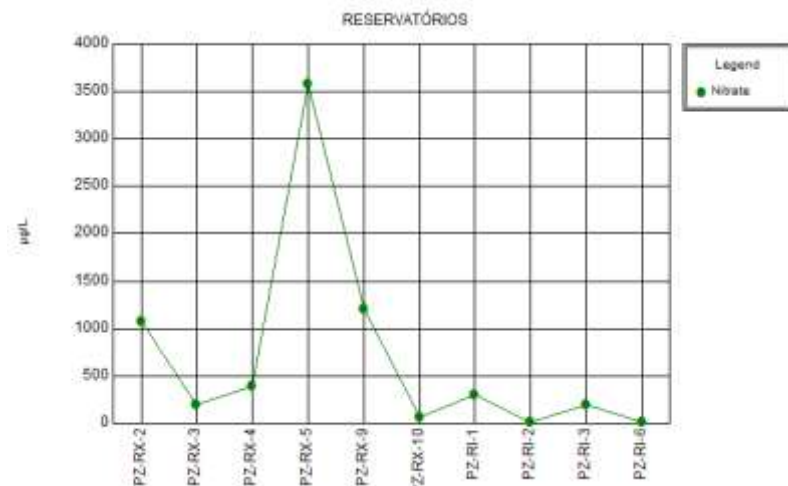
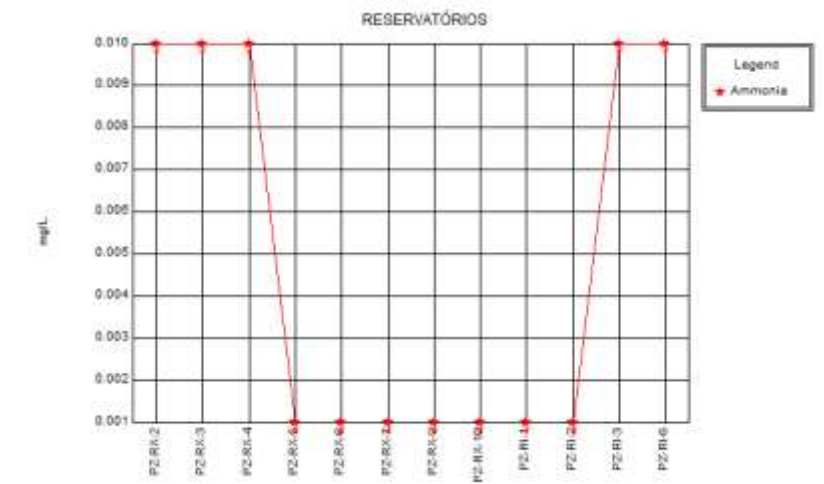
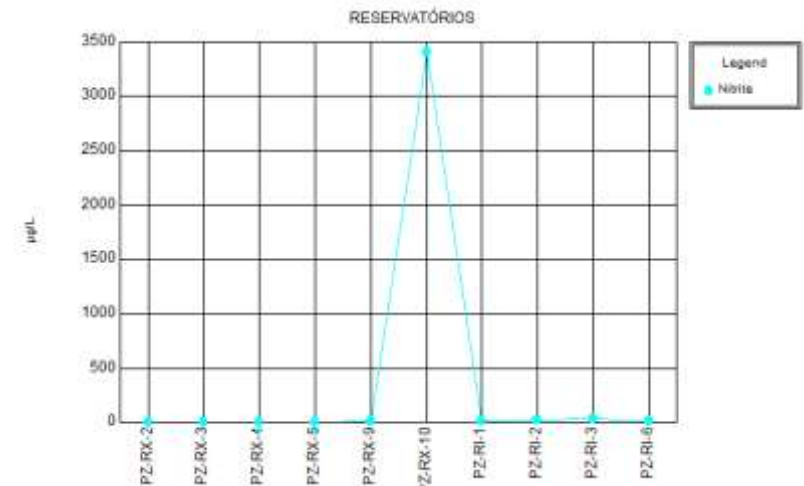
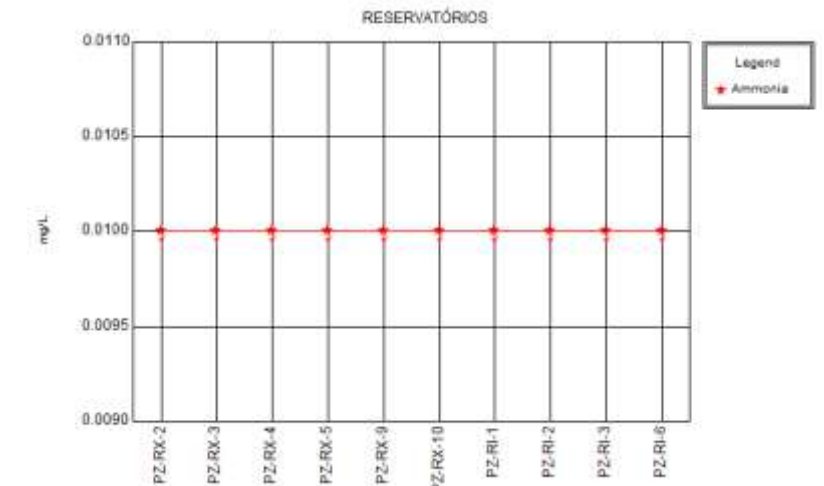
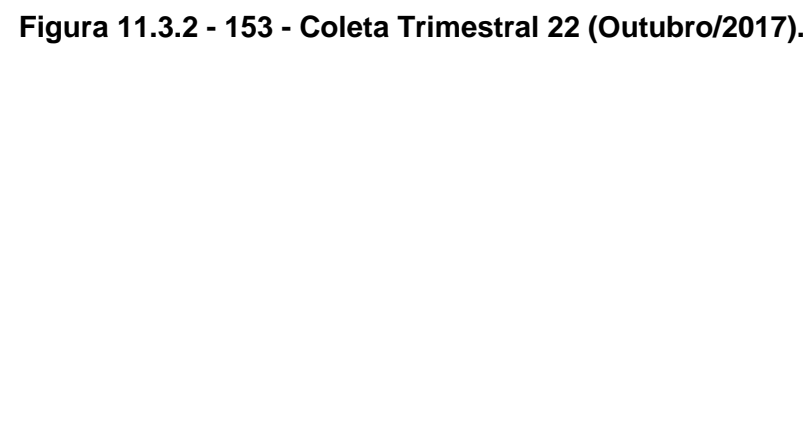


Figura 11.3.2 - 153 - Coleta Trimestral 22 (Outubro/2017).



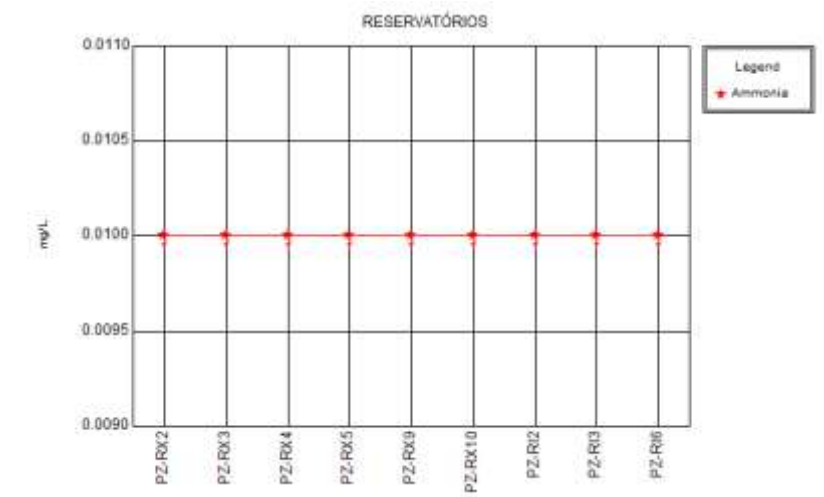
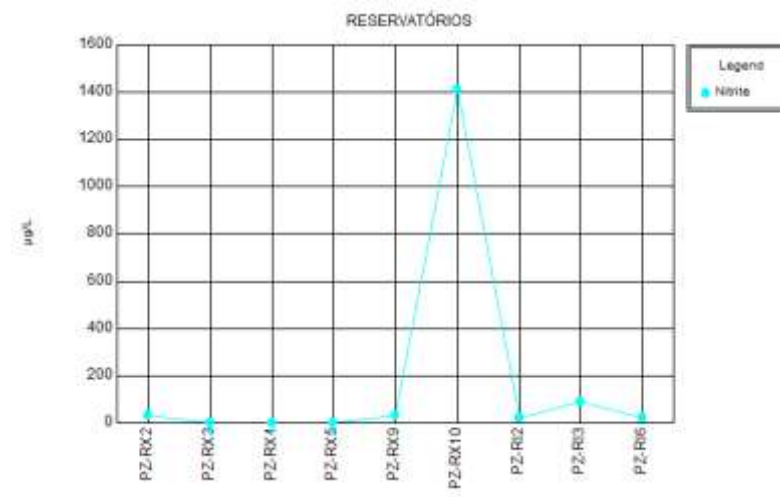
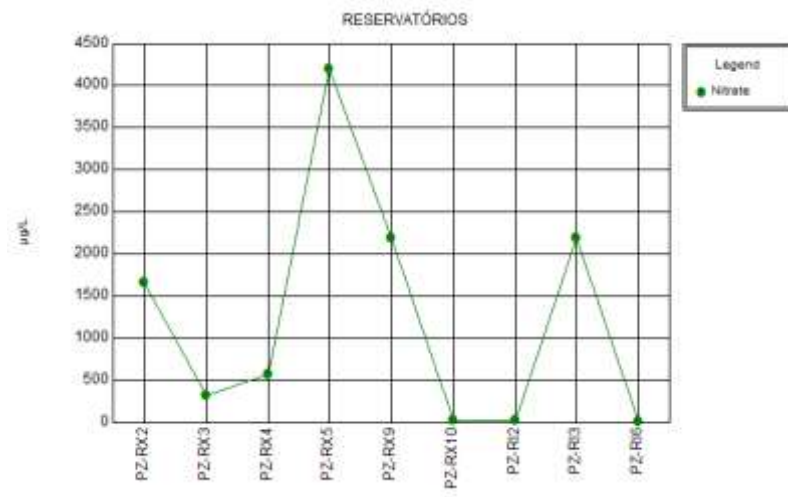


Figura 11.3.2 - 154 - Coleta Trimestral 26 (Outubro/2018).

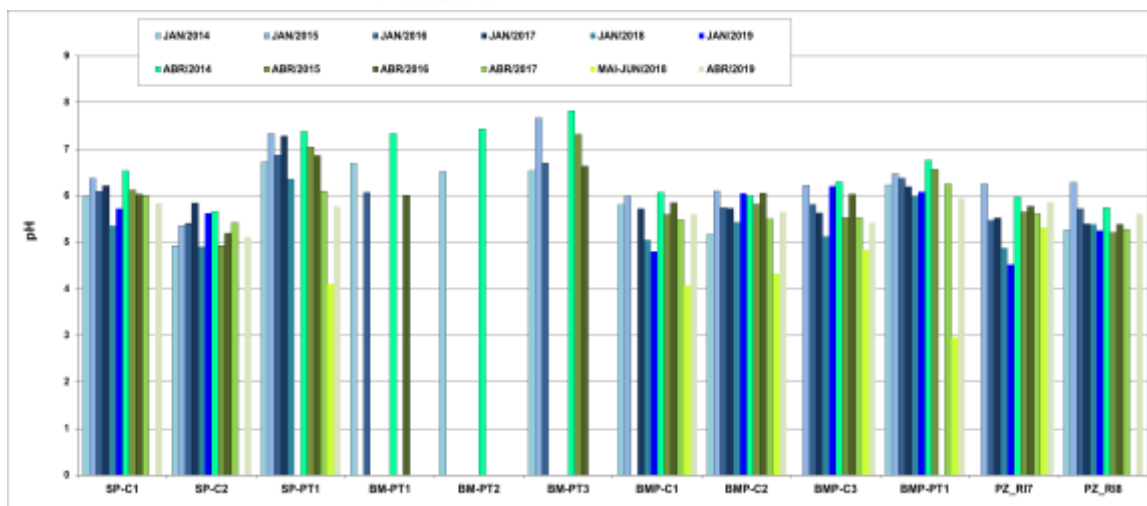


Figura 11.3.2 - 157 - Valores de pH para enchente e cheia (2014 a 2019) nas cisternas e poços cadastrados na VGX.

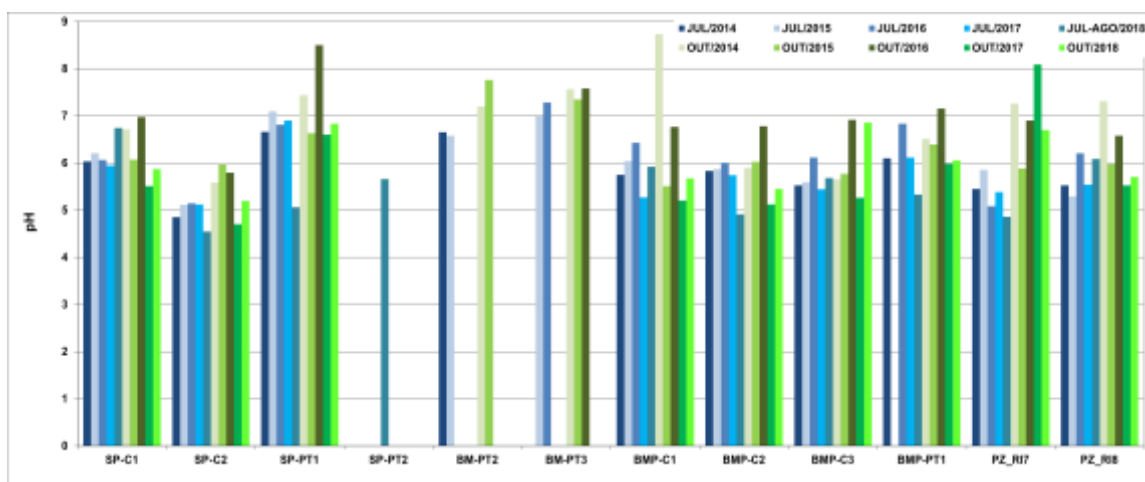


Figura 11.3.2 - 158 - Valores de pH para vazante e seca (2014 a 2018) nas cisternas e poços cadastrados na VGX.

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

Como se pode observar na **Figura 11.3.2 - 159** e na **Figura 11.3.2 - 160**, os valores de pH indicam, no geral, águas ácidas a levemente ácidas. A maioria dos poços de monitoramento em todo o entorno dos reservatórios, assim como na área urbana de Altamira, apresenta valores de pH menores que 6,0, evidenciando que toda a região tende a ter águas ácidas.

Segundo Wernick, (2004)¹², o pH pode se tornar mais elevado após as interações água-aquífero desde que a mineralogia das rochas-reservatórios seja favorável, como, por exemplo, na presença de carbonatos ou outros minerais insaturados em sílica

¹² Wernick, E. 2004. Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. São Paulo: Editora UNESP.

(principalmente feldspatoides - nefelina, sodalita, leucita etc. - olivinas ricas em magnésio, raros piroxênios, melilitas, perovskita e córindon).

A tendência natural é de que os valores de pH sejam mais altos no período com influência da seca e, provavelmente, mais baixos com a infiltração de águas das chuvas (naturalmente mais ácidas). Em poços localizados muito próximos às margens dos reservatórios, a elevação do valor de pH pode se dar pela entrada de água do reservatório em direção ao aquífero freático, formando um sistema de recarga induzida.

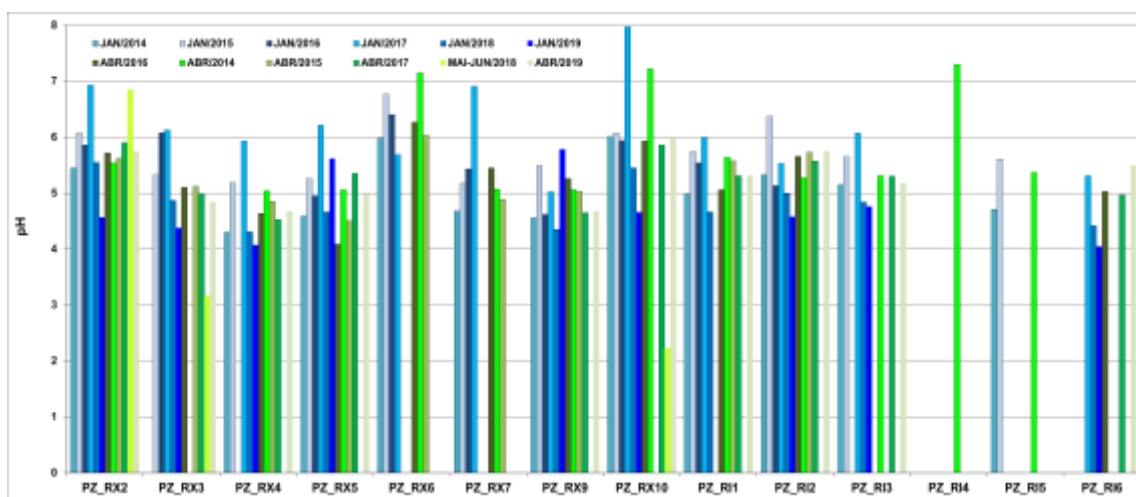


Figura 11.3.2 - 159 – Valores de pH para enchente e cheia (2014 a 2019) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios RX e RI.

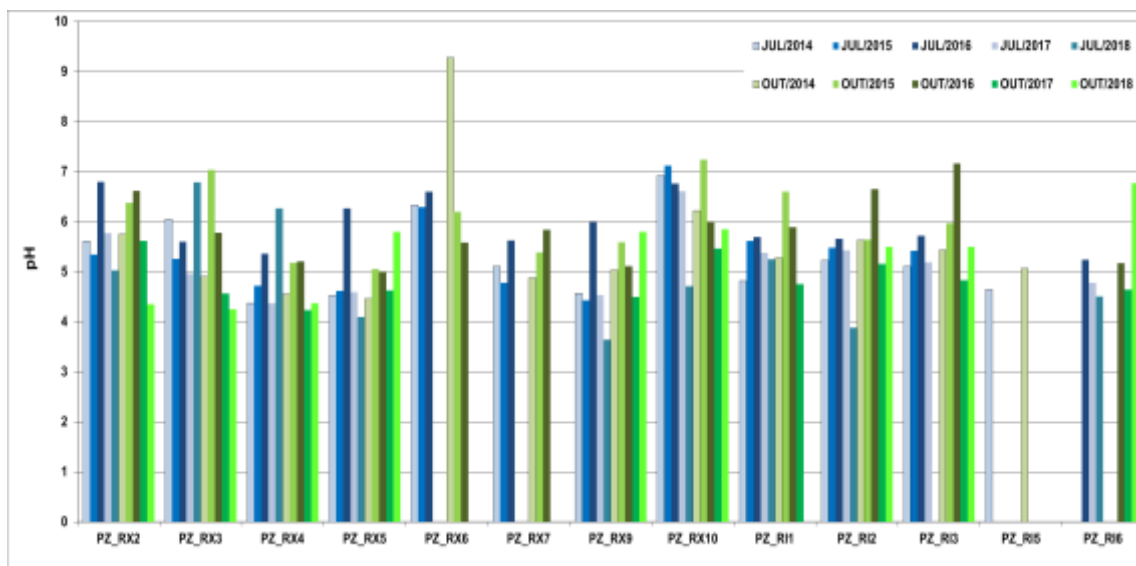


Figura 11.3.2 - 160 – Valores de pH para vazante e seca (2014 a 2018) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios RX e RI.

11.3.2.2.3. VALORES DE SÓDIO (VMP = 200.000 µg/L)

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Em todos os períodos monitorados, nenhum ponto apresentou valor acima do VMP. A **Figura 11.3.2 - 161** e a **Figura 11.3.2 - 162** apresentam os gráficos com valores de sódio, elemento considerado de origem geogênica, muito provavelmente derivado da alteração de feldspatos alcalinos e outros minerais sódicos em todos os casos nos quais o sódio é inferior a 15 mg/L.

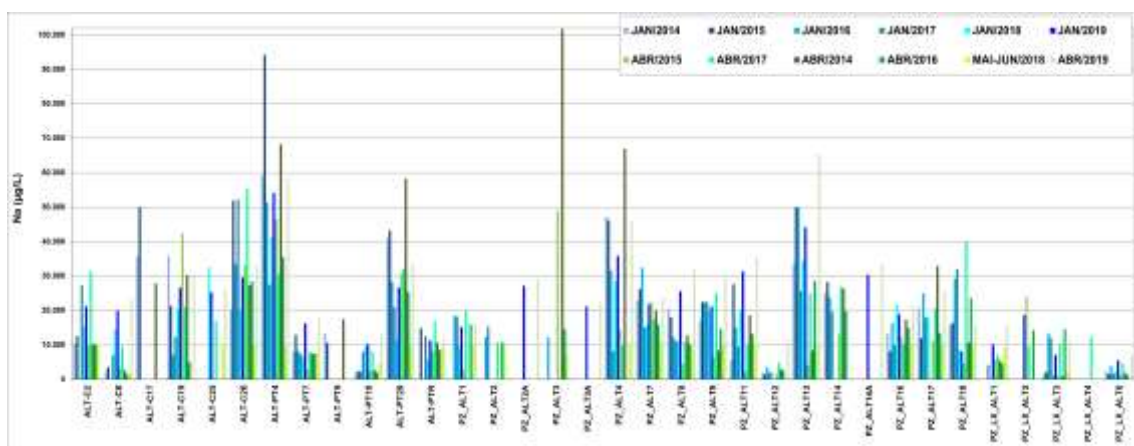


Figura 11.3.2 - 161 – Valores de sódio para enchente e cheia (2014 a 2019) na área urbana de Altamira.

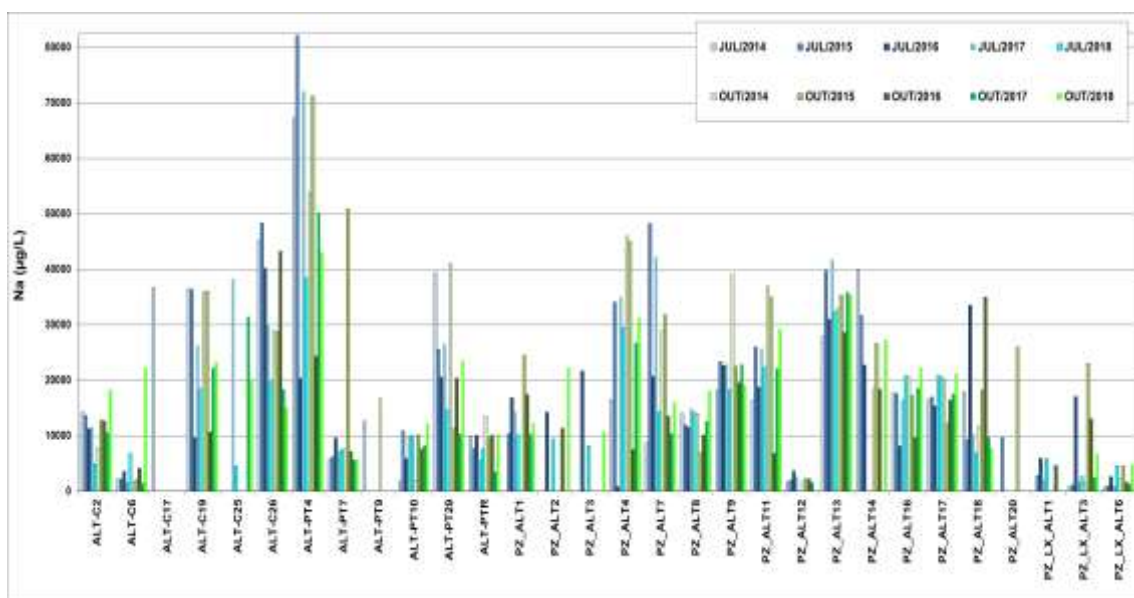


Figura 11.3.2 - 162 – Valores de sódio para vazante e seca (2014 a 2018) na área urbana de Altamira.

B) VOLTA GRANDE DO XINGU

Em todos os períodos monitorados (**Figura 11.3.2 - 163 e Figura 11.3.2 - 164**), nenhum ponto apresentou valor acima do VMP (200.000 µg/L) e apresentam variações bastante dispersas. Em alguns pontos (SP-C1, SP-C2, BMP-C2 e BMP-C3), os valores de sódio tiveram elevação significativa, que, se associado à elevação de valores de outros elementos, como cloreto, nitrato e/ou amônia, pode representar contaminação por efluentes domésticos.

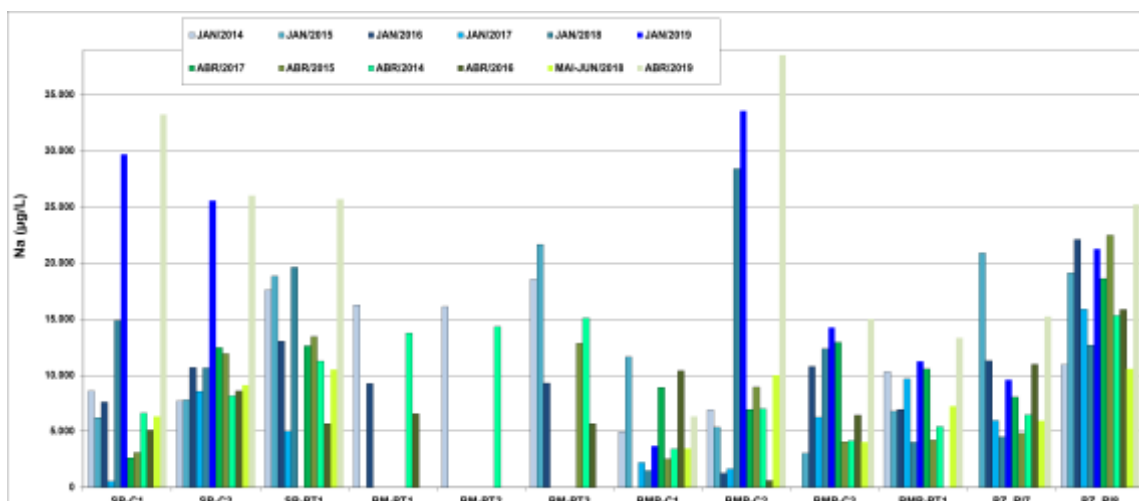


Figura 11.3.2 - 163 – Valores de sódio para enchente e cheia (2014 a 2019) na VGX.

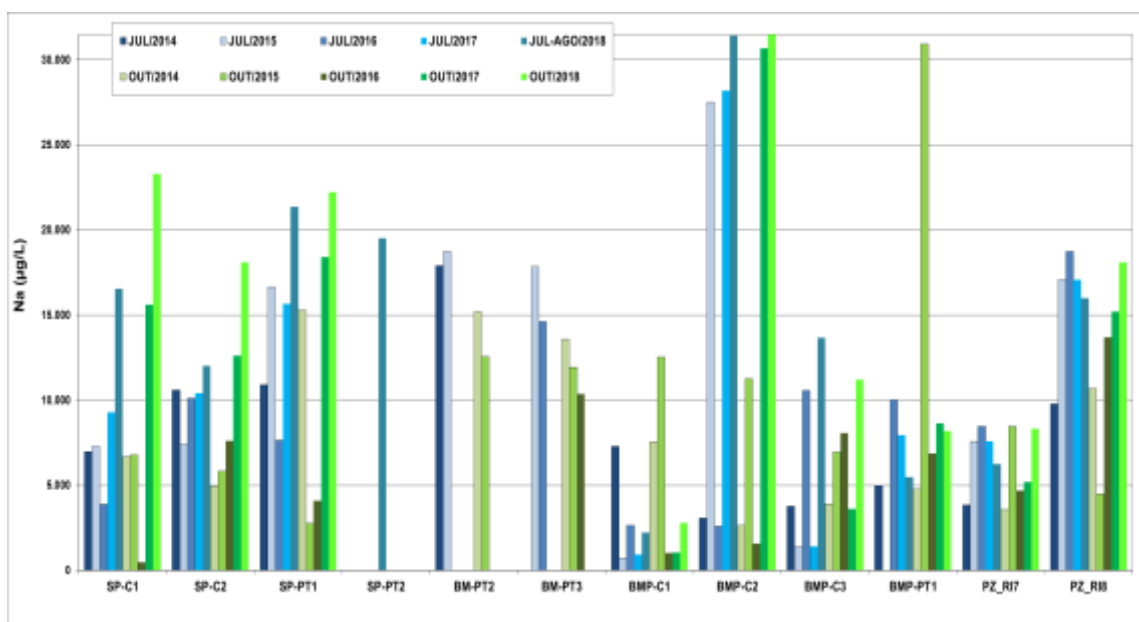


Figura 11.3.2 - 164 – Valores de sódio para vazante e seca (2014 a 2018) na VGX.

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

Nenhum ponto monitorado (**Figura 11.3.2 - 165** e **Figura 11.3.2 - 166**) apresentou valores acima do VMP (200.000 µg/L); porém, valores superiores a 20 mg/L podem ser considerados como contaminação antrópica (provavelmente em função de atividade agropecuária, como uso de sal para alimentação do gado, principalmente na região dos PZ-RX3, PZ-R11, PZ-R12, onde o gado circula por toda a área).

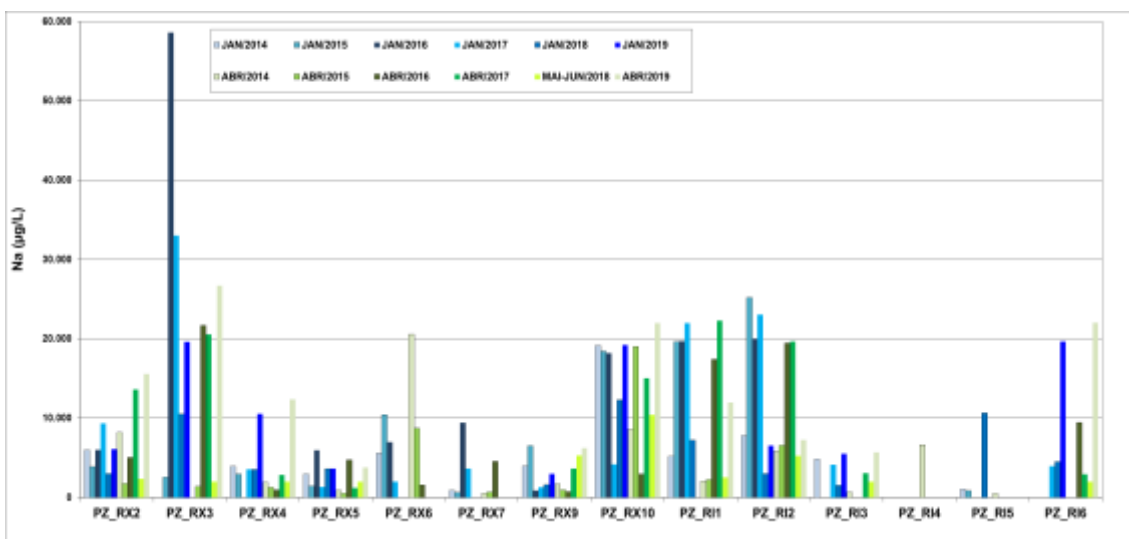


Figura 11.3.2 - 165 – Valores de sódio para enchete e cheia (2014 a 2019) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

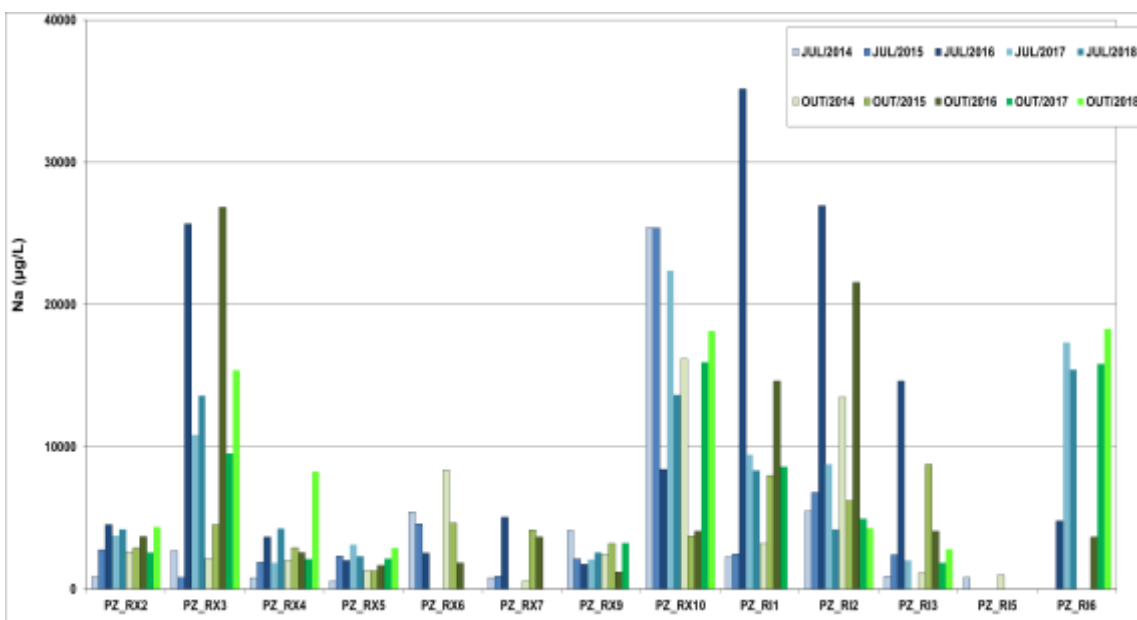


Figura 11.3.2 - 166 – Valores de sódio para vazante e seca (2014 a 2018) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

11.3.2.2.2.4. VALORES DE POTÁSSIO

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Em águas naturais o potássio apresenta baixa concentração e, por ser bastante solúvel, valores mais baixos nos períodos de enchente e cheia são indicativos de que, provavelmente, a diluição do potássio foi facilitada pela maior recarga.

Na área urbana de Altamira (**Figura 11.3.2 - 167** e **Figura 11.3.2 - 168**), a variação dispersa dos valores de potássio antes, durante e após o enchimento dos reservatórios pode ser atribuída à condição urbana da área, que permite diferentes fontes do íon, incluindo contribuição natural, contaminação por efluentes domésticos, contaminação oriunda de equipamentos urbanos (tintas de marcação de faixas em ruas, por exemplo) e fertilizantes de jardins.

Nos períodos secos não há elevação considerável quando o poço é exclusivamente instalado em horizontes pedogênicos (horizontes A e B), considerando que a fonte do potássio é proveniente de saprolitos (horizonte C) de rochas graníticas, apenas presente na seção de alguns poços.

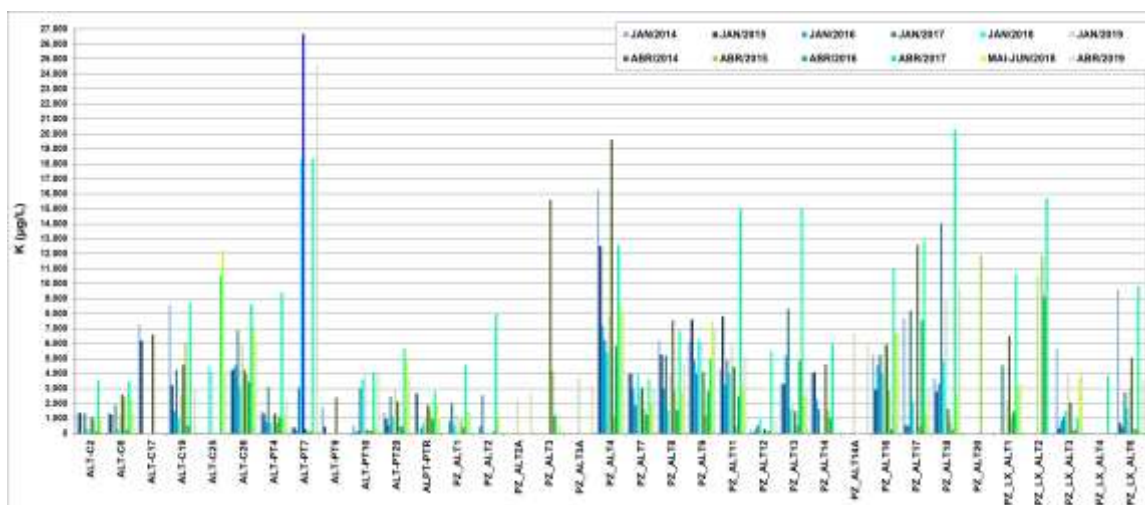


Figura 11.3.2 - 167 – Valores de potássio para enchente e cheia (2014 a 2019) na área urbana de Altamira.

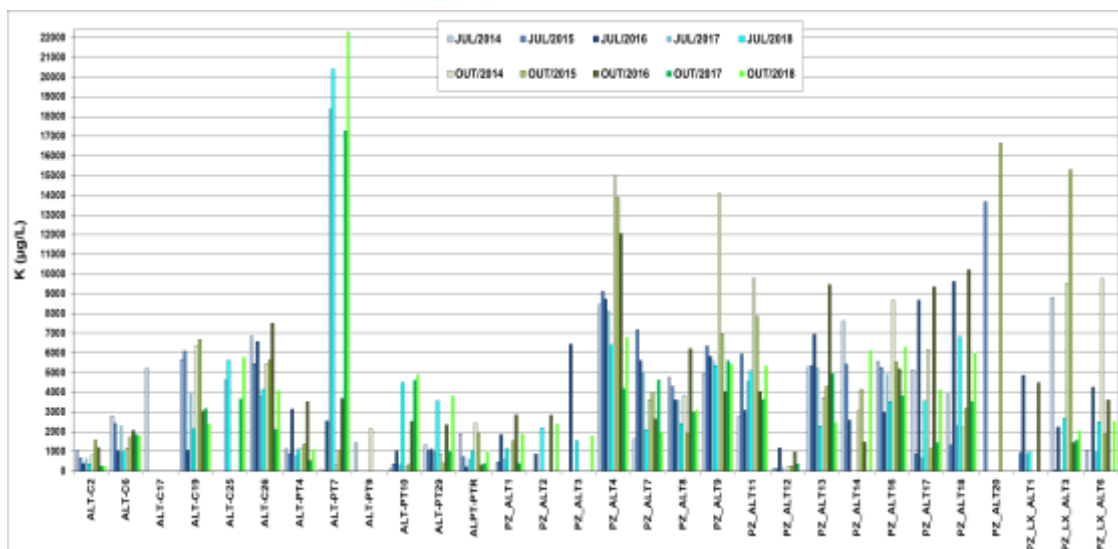


Figura 11.3.2 - 168 – Valores de potássio para vazante e seca (2014 a 2018) na área urbana de Altamira.

B) VOLTA GRANDE DO XINGU

Para os pontos monitorados na região da VGX, valores até 9.000 µg/L são compatíveis com os ambientes geológicos monitorados. Valores acima de 5.000 µg/L podem estar associados ao potássio liberado de argilominerais e/ou feldspatos sob condições de pH adequado. Valores superiores a 10.000 µg/L devem ser considerados anômalos e provavelmente relacionados à contaminação por atividades agropecuárias ou por efluentes domésticos, apesar de não haver VMP na legislação vigente.

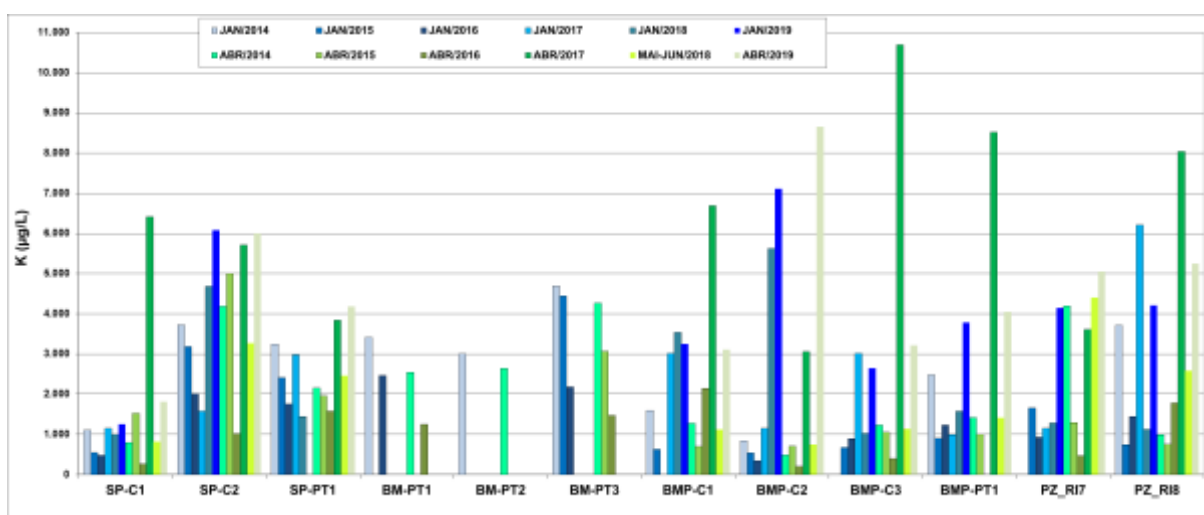


Figura 11.3.2 - 169 – Valores de potássio para enchente e cheia (2014 a 2019) na VGX.

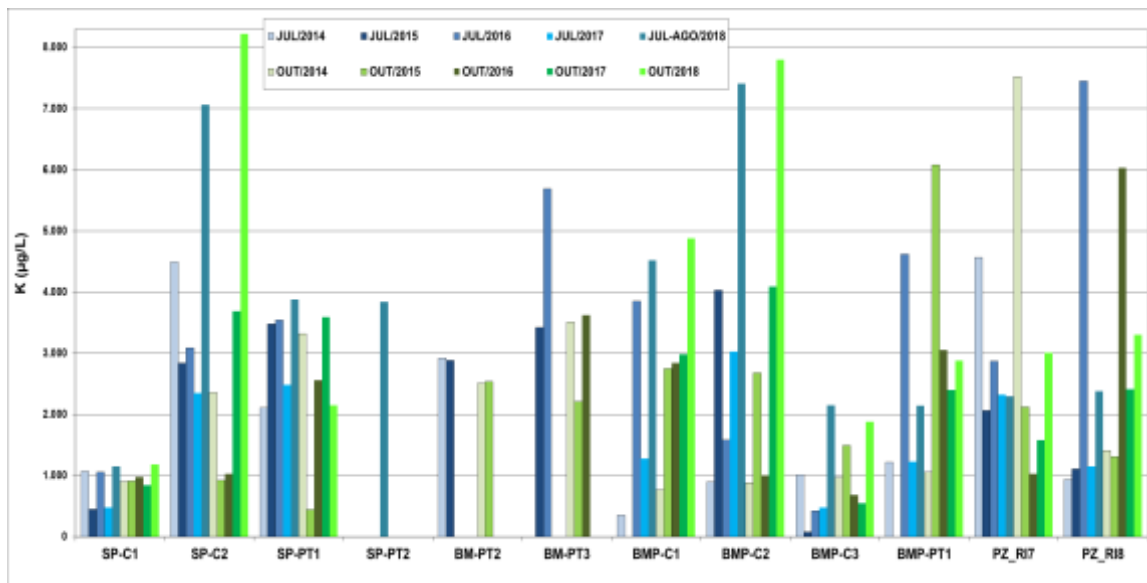


Figura 11.3.2 - 170 – Valores de potássio para vazante e seca (2014 a 2018) na VGX.

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

A maioria dos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios apresenta valores dispersos nas fases antes, durante e após o enchimento dos reservatórios (valores menores que 5.000 µg/L).

Em janeiro, julho e outubro/2014, os poços PZ-RI2 e PZ-RI3 apresentaram valores anômalos (**Figura 11.3.2 - 171 e Figura 11.3.2 - 172**). Apesar de não ter sido identificado o foco de contaminação em suas proximidades, estes valores são interpretados como vinculados a algum tipo de contaminação antrópica, provavelmente por atividades agropecuárias nas quais o potássio é utilizado como fertilizante solúvel na forma de cloreto de potássio ou NPK (mistura de nitrato, fosfato e potássio).

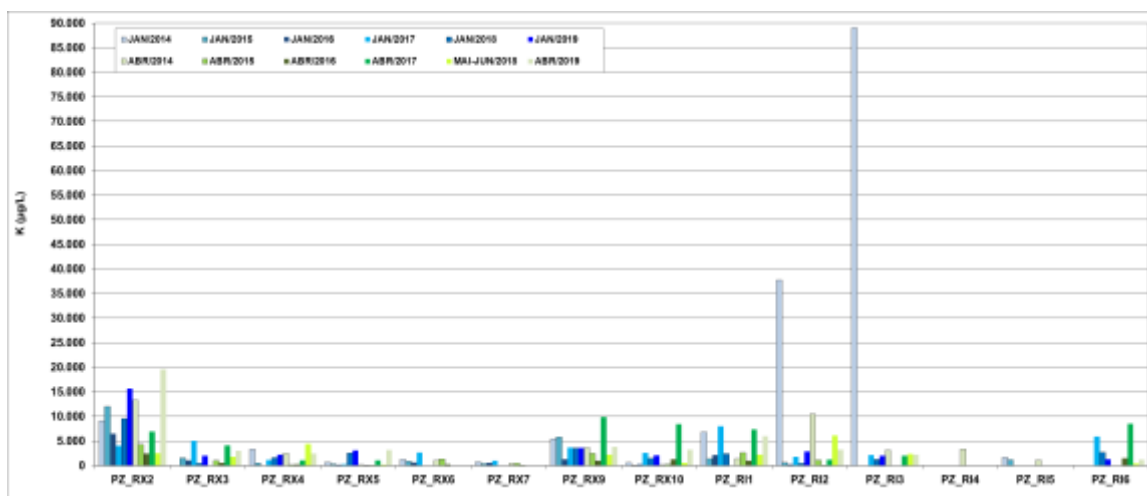


Figura 11.3.2 - 171 – Valores de potássio para enchente e cheia (2014 a 2019) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

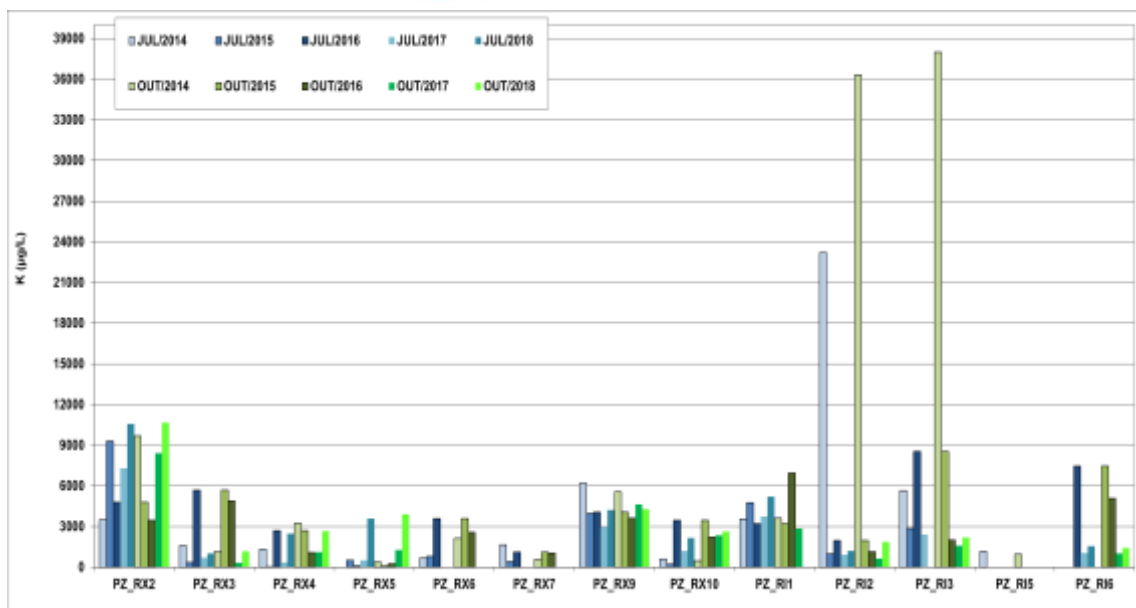


Figura 11.3.2 - 172 – Valores de potássio para vazante e seca (2014 a 2018) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

11.3.2.2.5. VALORES DE CÁLCIO

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Apesar de não haver VMP na legislação vigente, podem ser indicativos de eventual contaminação valores muito superiores a 20.000 µg/L quando associados a valores de outras substâncias que se elevam de forma concomitante ao cálcio.

As variações dos teores de cálcio foram dispersas (**Figura 11.3.2 - 173** e **Figura 11.3.2 - 174**) antes, durante e após o enchimento do reservatório; valores entre 20.000 e 50.000 µg/L são compatíveis com águas que circulam em fraturas de diabásio e, neste caso, a fonte de cálcio é representada pelo mineral diopsídio (piroxênio rico em cálcio).

Valores inferiores a 10.000 µg/L são compatíveis com águas armazenadas em latossolos ricos em óxidos e hidróxidos (sem uma fonte específica para o cálcio).

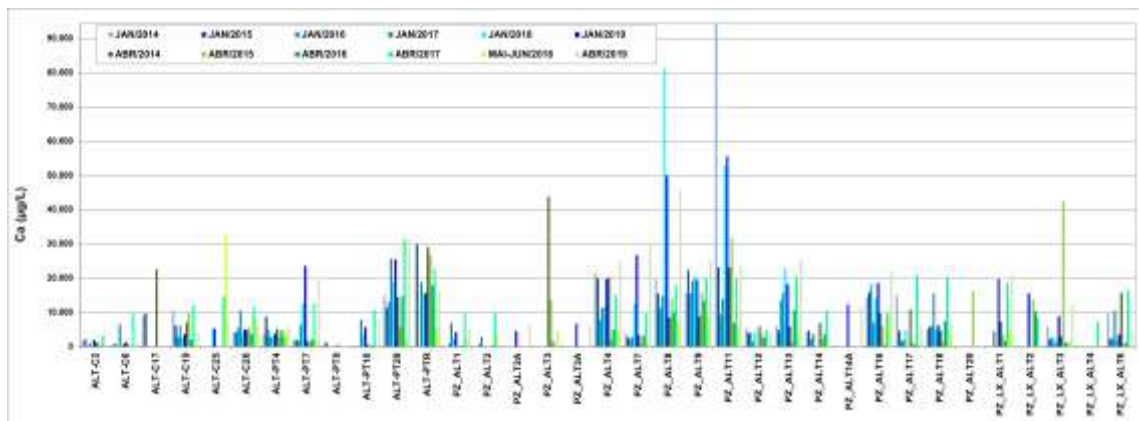


Figura 11.3.2 - 173 – Valores de cálcio para enchente e cheia (2014 a 2019) na área urbana de Altamira.

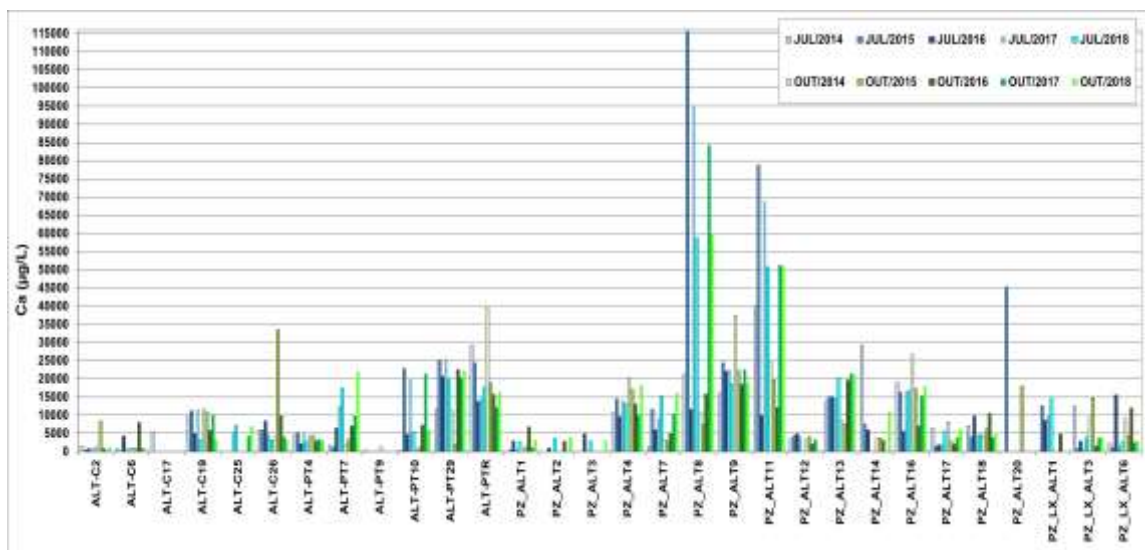


Figura 11.3.2 - 174 – Valores de cálcio para vazante e seca (2014 a 2018) na área urbana de Altamira.

B) VOLTA GRANDE DO XINGU

Apesar de não haver VMP na legislação vigente, podem ser indicativos de eventual contaminação valores muito superiores a 20.000 µg/L, quando associados a valores de outras substâncias que se elevam de forma concomitante ao cálcio.

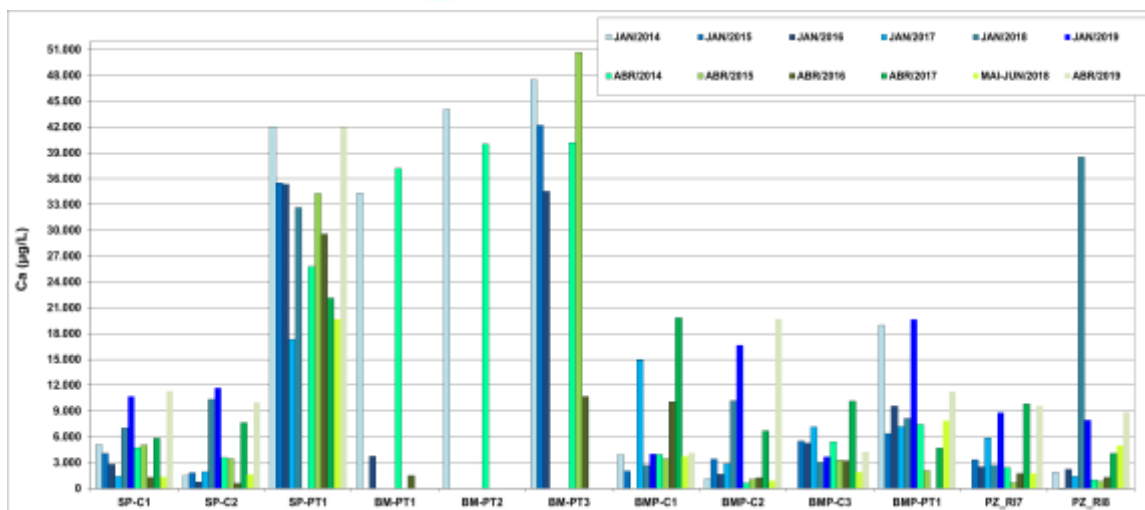


Figura 11.3.2 - 175 – Valores de cálcio para enchente e cheia (2014 a 2019) na VGX.

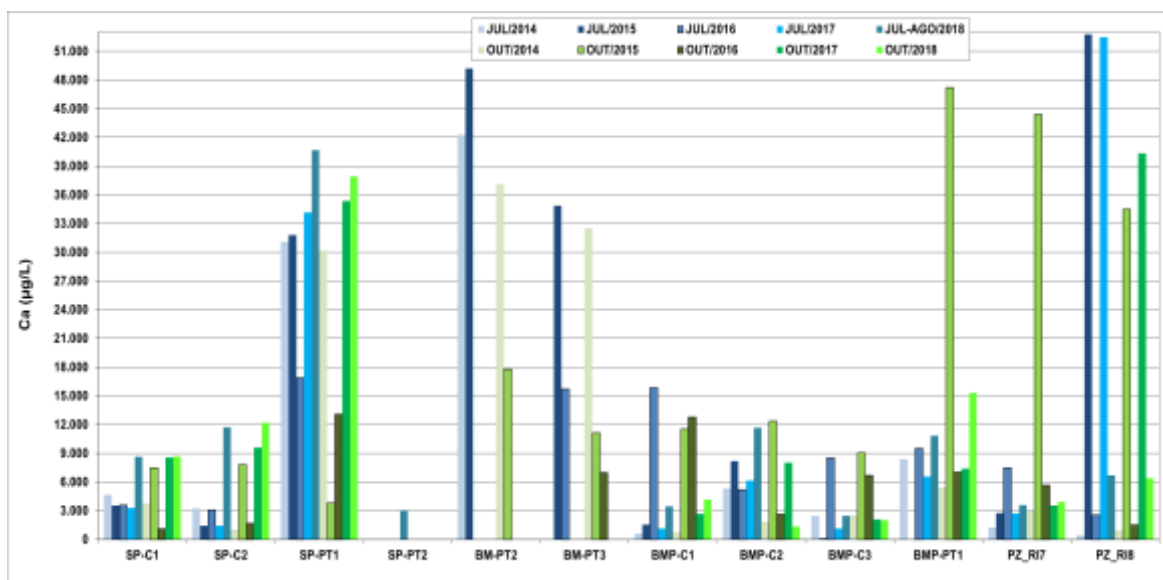


Figura 11.3.2 - 176 – Valores de cálcio para vazante e seca (2014 a 2018) na VGX.

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

Os valores de cálcio inferiores a 5.000 µg/L são compatíveis com a geologia e os solos presentes na região. Valores superiores a 20.000 µg/L podem ser atribuídos à contaminação por atividades antrópicas (PZ-RI 2 em janeiro/2014; PZ-RI4 em abril/2014; PZ-RX5 em julho/2015/2017/2018 e outubro/2017/2018; PZ-RI-3 em julho/2015/2017 e outubro/2017//2018). No entanto, apesar das anomalias registradas, não foram identificados focos de contaminação.

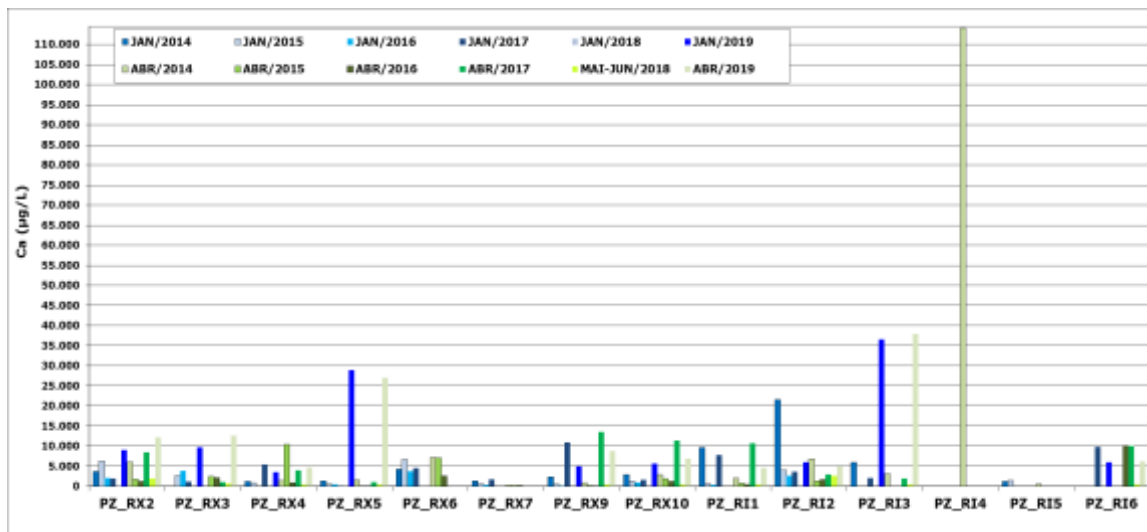


Figura 11.3.2 - 177 – Valores de cálcio para enchente e cheia (2014 a 2019) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

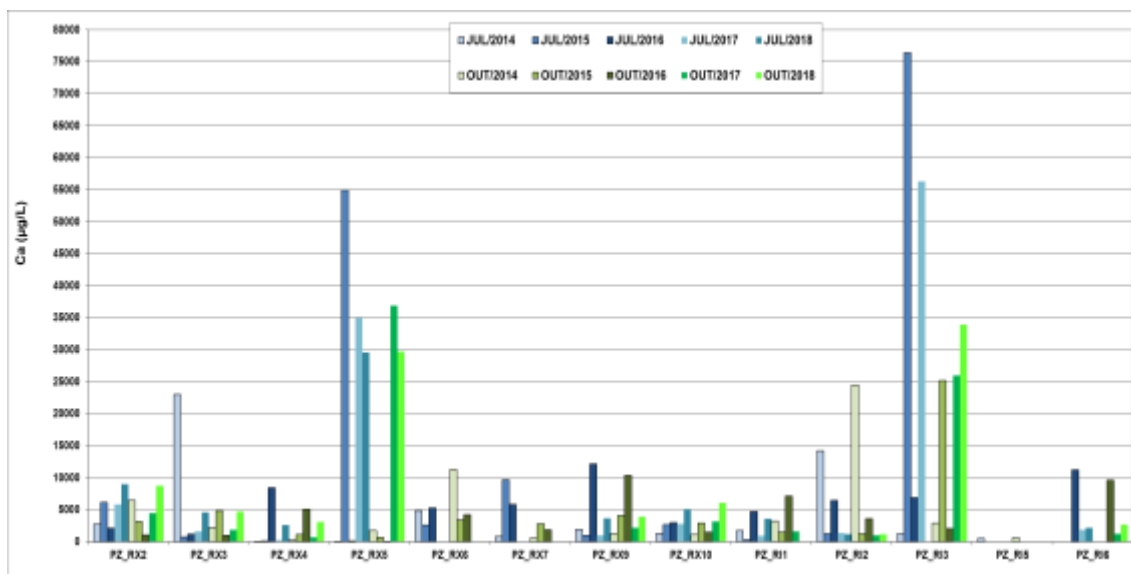


Figura 11.3.2 - 178 – Valores de cálcio para vazante e seca (2014 a 2018) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

11.3.2.2.2.6. VALORES DE TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS (TDS)

D) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Em abril de 2017, a maioria dos pontos apresentou valores mais elevados (em relação aos demais períodos de cheia e enchente monitorados) provavelmente em função da infiltração, decorrente dos volumes anômalos de chuvas registrados. O poço ALT-PT29 apresentou valor superior ao VMP = 1.000 mg/L, devido a um problema com a bomba, por um período o bombeamento da água para abastecimento foi feito em outro poço mais distante.

Vale ressaltar que, apesar do PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 mencionar que não houve cruzamento dos resultados com os valores precipitados por período, toda interpretação é baseada também nas informações referentes às precipitações. No ano de 2017, foram registrados grandes acúmulos de precipitação em Altamira, conforme demonstrado nos dados das Estações Climatológicas de Altamira (INMET), Pimental e Belo Monte (**Quadro 11.3.2 – 3**).

Quadro 11.3.2 – 3 - Dados de precipitação registrados nas estações de Altamira, Pimental e Belo Monte.

Mês	Precipitação Total Mensal (mm)		
	Estação Altamira	Estação Pimental	Estação Belo Monte BR230
nov-13	73,60	171,60	145,20
dez-13	119,00	117,70	85,30
jan-14	198,20	187,10	191,20
fev-14	461,70	572,80	544,40
mar-14	337,90	291,20	295,80
abr-14	382,80	339,40	326,70
mai-14	151,20	180,10	
jun-14	98,40	108,90	154,30
jul-14	52,30	87,40	
ago-14	168,80	127,40	67,50
set-14	79,40	29,40	32,00
out-14	92,20	114,40	48,60
nov-14	14,90	78,40	14,90
dez-14	48,90	168,50	46,60
jan-15	293,80	362,50	280,80
fev-15	263,70	352,20	257,70
mar-15	441,30	409,30	409,20
abr-15	274,80	146,30	179,60
mai-15	165,20	116,30	133,50
jun-15	88,20	92,20	98,30
jul-15	139,00	55,80	94,10
ago-15	25,40	34,20	14,20
set-15	29,00	32,80	1,20
out-15	5,10	0,40	11,50
nov-15	32,30	14,50	21,70
dez-15	18,30	108,70	40,50
jan/16	216,70	314,20	193,10
fev/16	269,20	275,00	225,60
mar/16	564,50		441,90
abr/16	458,20		353,90
mai/16	221,60	231,40	192,90
jun/16	54,40	64,90	30,20
jul/16	19,00	90,70	23,90
ago/16	42,50	84,80	
set/16	189,50	136,90	52,20
out/16	89,00	50,30	53,80
nov/16	4,50	30,20	
dez/16	371,40	473,80	
jan/17	395,20	497,70	473,80
fev/17	377,10		325,80
mar/17	240,30		
abr/17	369,20	288,90	333,60
mai/17*	216,60	217,60	258,20

Mês	Precipitação Total Mensal (mm)		
	Estação Altamira	Estação Pimental	Estação Belo Monte BR230
jun/17	122,50	103,40	133,10
jul/17	24,20	25,50	31,60
ago/17	72,30	75,60	23,00
set/17	61,30	17,90	10,10
out/17	39,80	5,50	27,10
nov-17	6,50	5,60	3,30
dez-17	305,30	25,30	305,20
jan-18	215,10	126,50	230,00
fev-18	293,30	240,80	167,30
mar-18	501,10	483,90	543,40
abr-18	324,70	277,00	363,80
mai-18	65,10	115,90	115,90
jun-18	81,60	95,40	95,40
jul-18	40,30	110,10	36,90
ago-18	38,60	34,20	12,20
set-18	22,60	92,30	39,20
out-18	38,50	39,70	18,10
nov-18	124,40	255,10	196,80
dez-18	305,90	315,40	278,40
jan-19	215,20	271,50	241,60
fev-19	181,00	228,90	282,50
mar-19	308,80		
abr-19	252,80	259,00	414,40

* Dado disponibilizada pelo INMET, referente a Estação Climatológica de Altamira. Registra-se que no mês de maio de 2017 ocorreram falhas em pelo menos em 7 dias, podendo, então, não corresponder ao total acumulado de precipitação de todo os dias do referido mês.

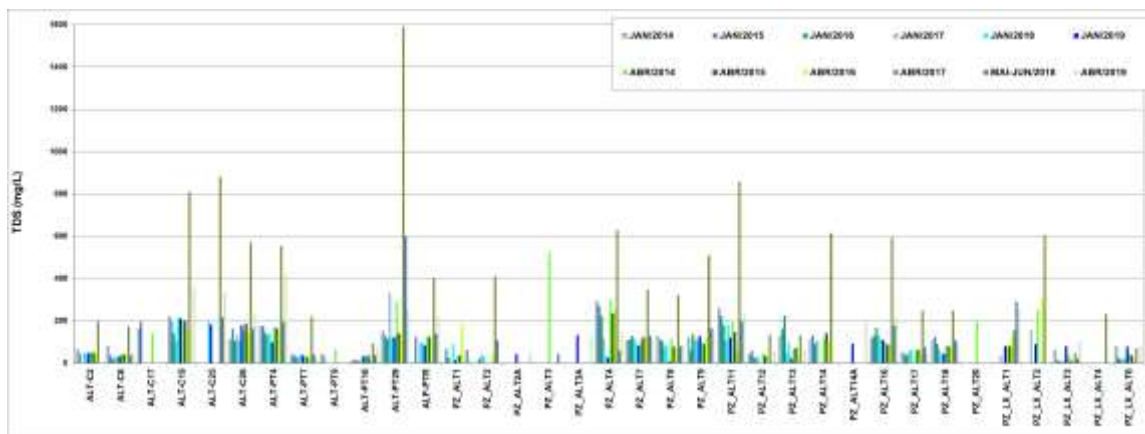


Figura 11.3.2 - 179 – Valores de TDS para enchente e cheia (2014 a 2018) na área urbana de Altamira.

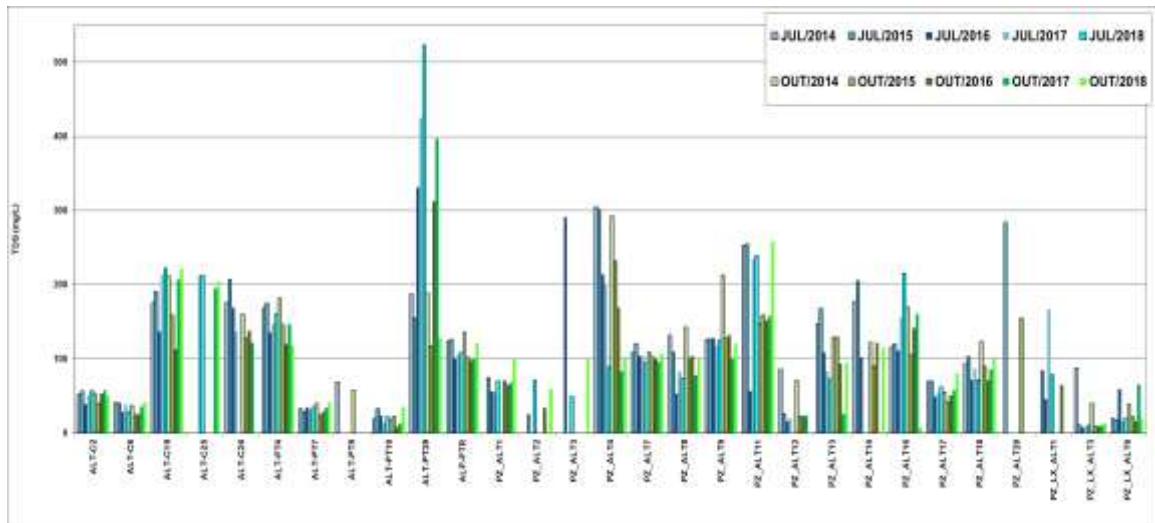


Figura 11.3.2 - 180 – Valores de TDS para vazante e seca (2014 a 2018) na área urbana de Altamira.

E) VOLTA GRANDE DO XINGU

Assim como nos pontos monitorados em Altamira, a maioria dos pontos apresentou valores maiores em abril/2017; em todos os períodos monitorados, nenhum ponto apresentou valor fora do VMP = 1.000 mg/L.

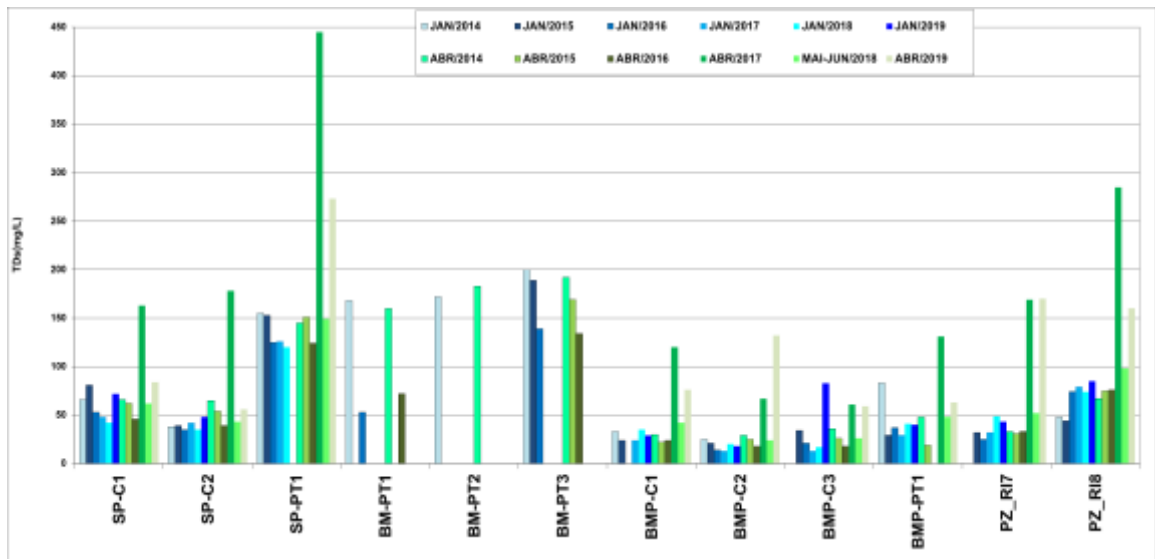


Figura 11.3.2 - 181 – Valores de TDS para enchente e cheia (2014 a 2019) na VGX.

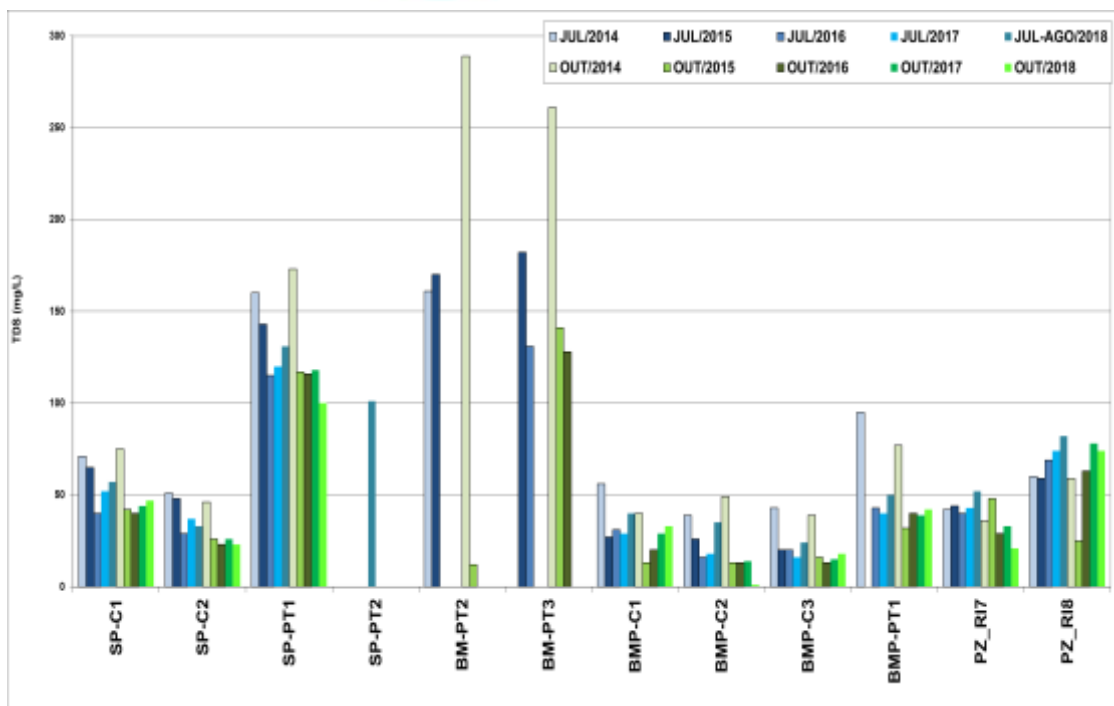


Figura 11.3.2 - 182 – Valores de TDS para vazante e seca (2014 a 2018) na VGX.

F) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

Assim como nos pontos monitorados em Altamira e na região da VGX, a maioria dos pontos apresentou valores maiores em abril/2017, com exceção dos pontos PZ-RX2 e PZ-RX3, que apresentaram valores mais elevados em abril/2019, e o PZ-RI6, em abril/2014, porém abaixo do VMP. Em todos os períodos monitorados, de enchente e cheia ou de vazante e seca, nenhum ponto apresentou valor fora do VMP = 1.000 mg/L.

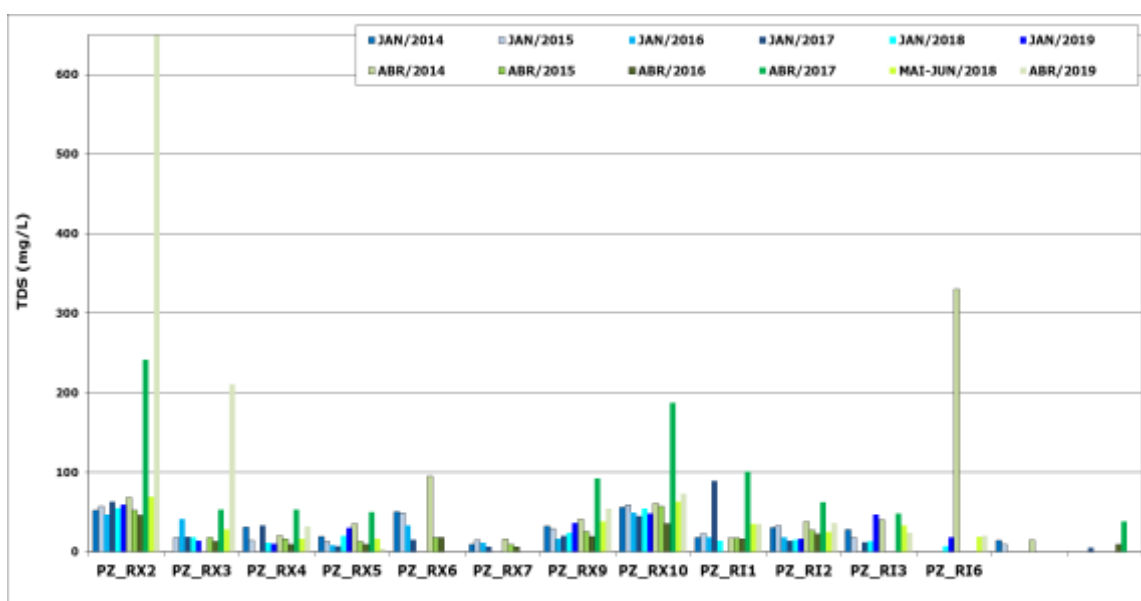


Figura 11.3.2 - 183 – Valores de TDS para enchente e cheia (2014 a 2019) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

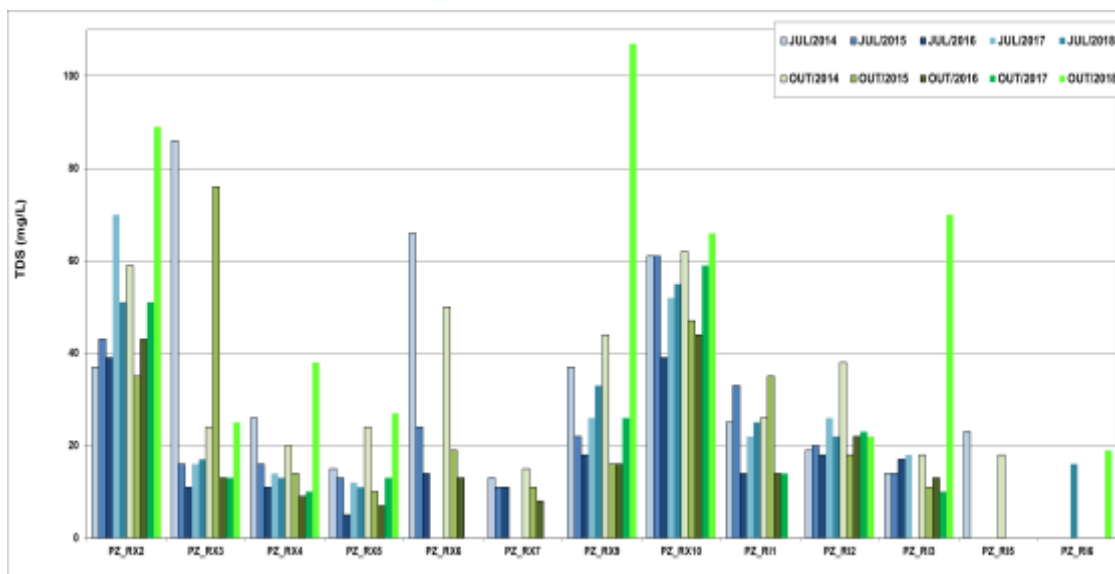


Figura 11.3.2 - 184 – Valores de TDS para vazante e seca (2014 a 2018) nos poços de monitoramento instalados no entorno dos reservatórios.

11.3.2.2.3. ESPACIALIZAÇÃO DE VARIAÇÕES DE VALORES DE FERRO, CLORETO, AMÔNIA, NITRATO, CHUMBO, pH E COLIFORMES FECAIS NA ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Este item apresenta, para a área urbana de Altamira, mapas (gerados a partir da interpolação dos resultados das análises realizadas para os pontos amostrados) com a variação de alguns parâmetros utilizados para avaliação da potabilidade da água.

11.3.2.2.3.1. FERRO E CLORETO

A) FERRO

A **Figura 11.3.2 - 185** apresenta as variações dos valores de ferro total na área urbana de Altamira para os períodos de enchente nos anos de 2014 a 2017 e a **Figura 11.3.2 - 186** para o período de enchente de 2018 e 2019. A maior parte dos pontos apresenta valores maiores que 300 µg/L (VPM), por isso, na interpolação a maior parte da área fica na classe vermelha. Em janeiro/2014 (antes do enchimento), a classe com valores superiores ao VMP chegou a 134.088 µg/L e em janeiro/2018 o valor máximo foi o menor de todos os períodos (5.219 µg/L). Em janeiro/2019, a classe com valores mais elevados foi menor que nos anos anteriores (8.619 µg/L), exceto para 2018.

Altamira está situada em região caracterizada por depósitos quaternários, pela Formação Paenatecaua (representada por basaltos, sills e diques de diabásio) e pelo grupo Curuá (folhelhos e siltitos ricos em matéria orgânica). O ferro está presente no

solo e em minerais e sua solubilidade aumenta com valores baixos de pH; segundo Richter e Azevedo Netto (1991)¹³, teores elevados de ferro são encontrados, com maior frequência nos seguintes casos: i) águas superficiais, com matéria orgânica, com ferro ligado ou combinado com a matéria orgânica e, frequentemente, em estado coloidal; ii) águas subterrâneas com pH baixo, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido, sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido; iii) águas poluídas por certos resíduos industriais ou algumas atividades de mineração.

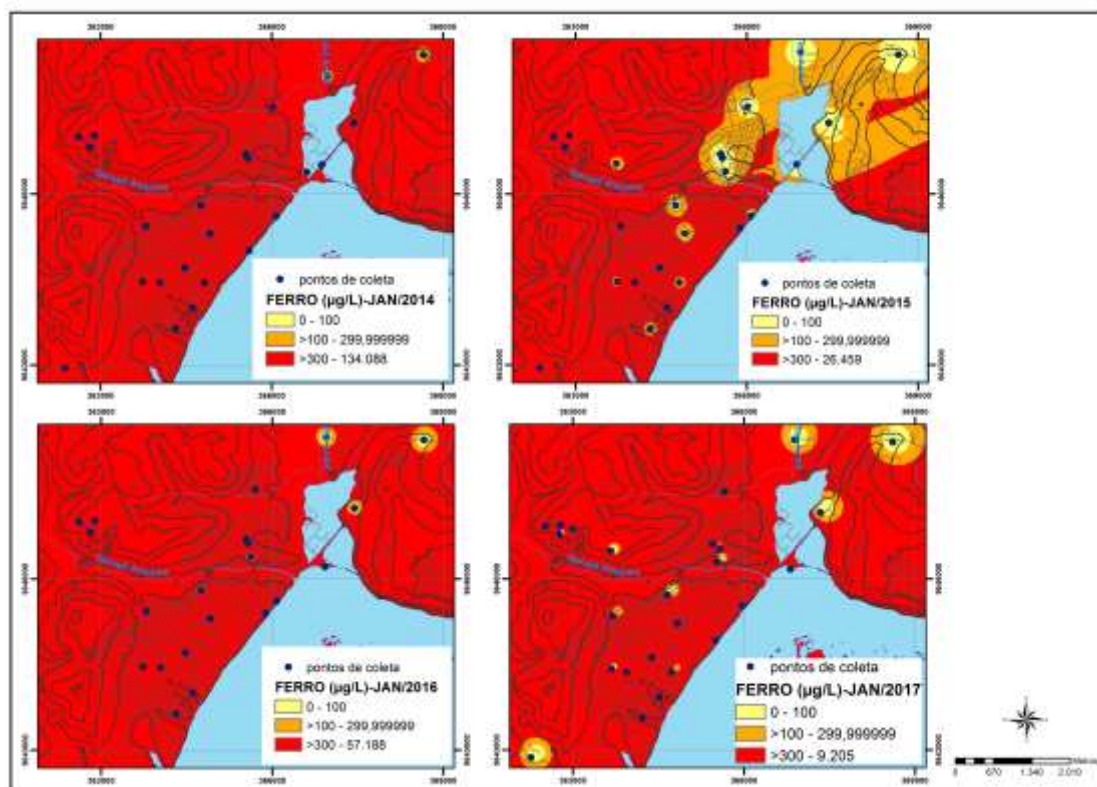


Figura 11.3.2 - 185 – Variação dos valores de ferro total nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

¹³ RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. 1991. São Paulo, Edgard Blücher.

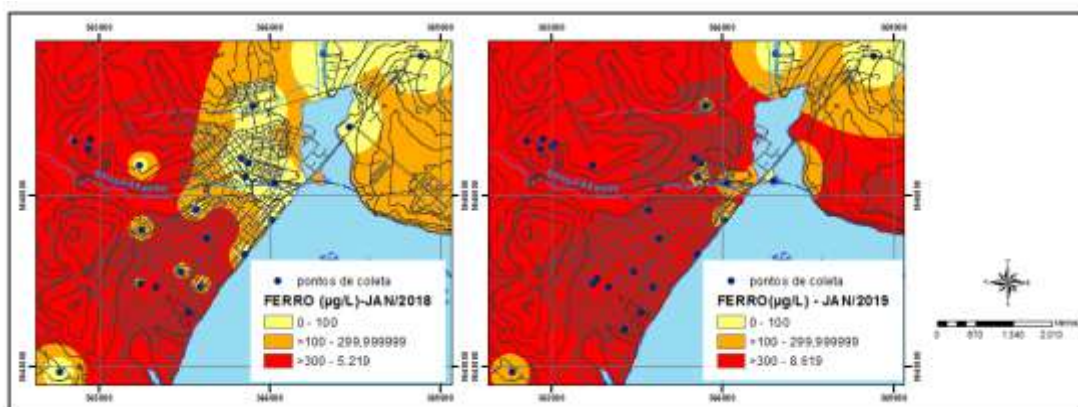


Figura 11.3.2 - 186 – Variação dos valores de ferro total no período de enchente – 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

A **Figura 11.3.2 - 187** apresenta as variações dos valores de ferro total para os períodos de cheia nos anos de 2014 a 2017 e a **Figura 11.3.2 – 188** para 2018 e 2019. Em maio-junho/2018, a classe com valores superiores ao VMP varia de 300 a 135.496 µg/L (teores possivelmente associados aos baixos valores de pH registrados no período, fato que pode estar relacionado à decomposição de matéria orgânica), enquanto em abril/2017 o valor máximo foi de 12.627 µg/L. Em janeiro/2019, a classe com valores mais elevados variou de 300 – 4.539 µg/L, a menor variação dos períodos monitorados.

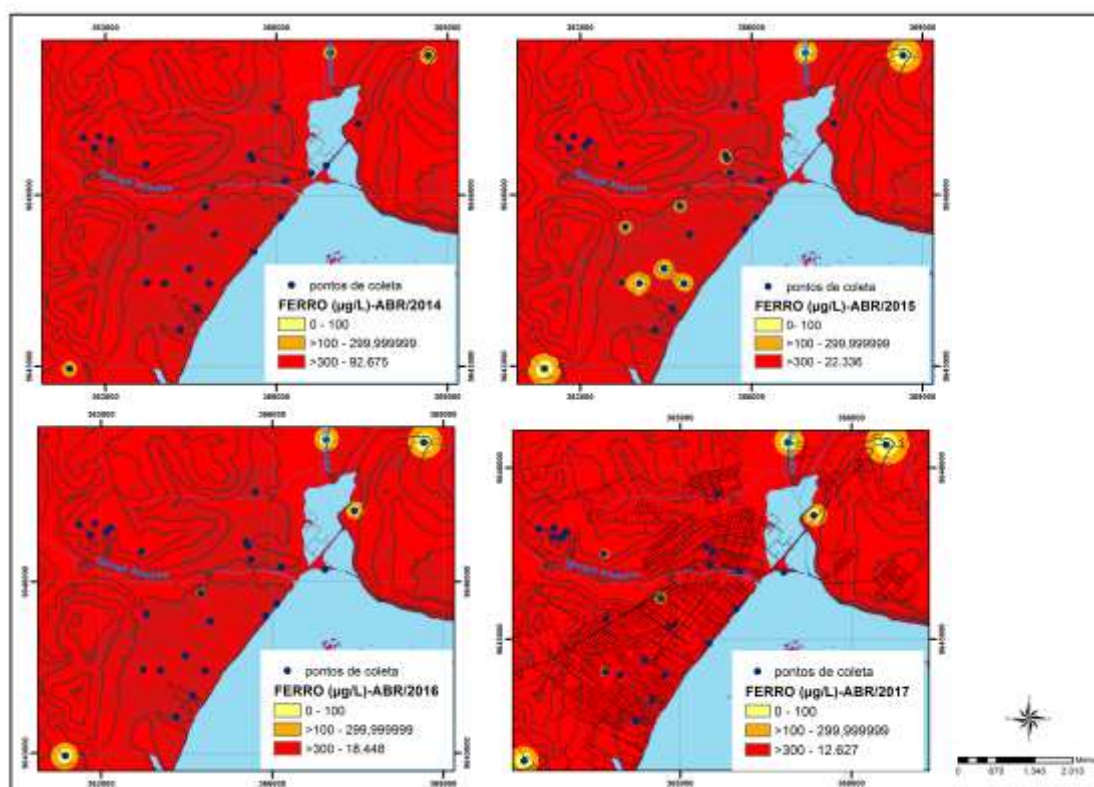


Figura 11.3.2 - 187 – Variação dos valores de ferro total nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

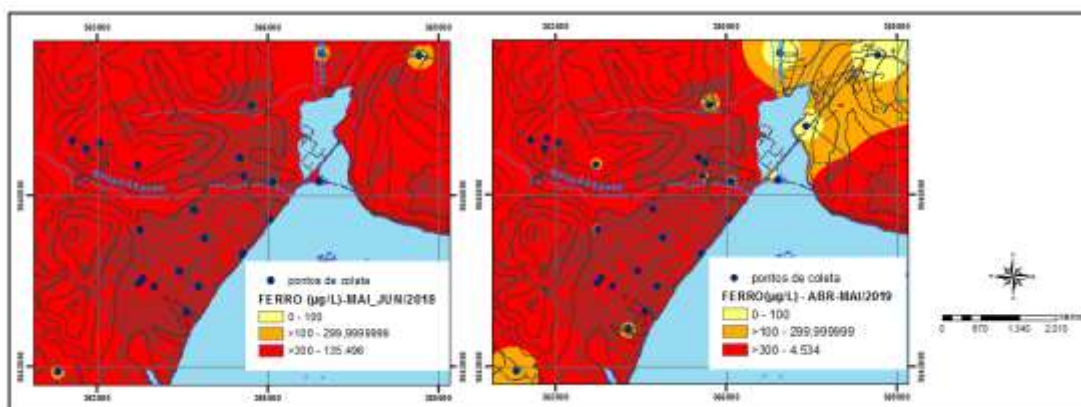


Figura 11.3.2 - 188 – Variação dos valores de ferro total no período de cheia - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

A **Figura 11.3.2 - 189** apresenta as variações dos valores de ferro total para os períodos de vazante nos anos de 2014 a 2017 e a **Figura 11.3.2 - 190** para 2018. Os períodos de vazante apresentaram concentrações de ferro gradativamente menores de 2014 a 2018; nos meses de julho de 2017 e julho/agosto de 2018, foram observadas as menores concentrações de ferro.

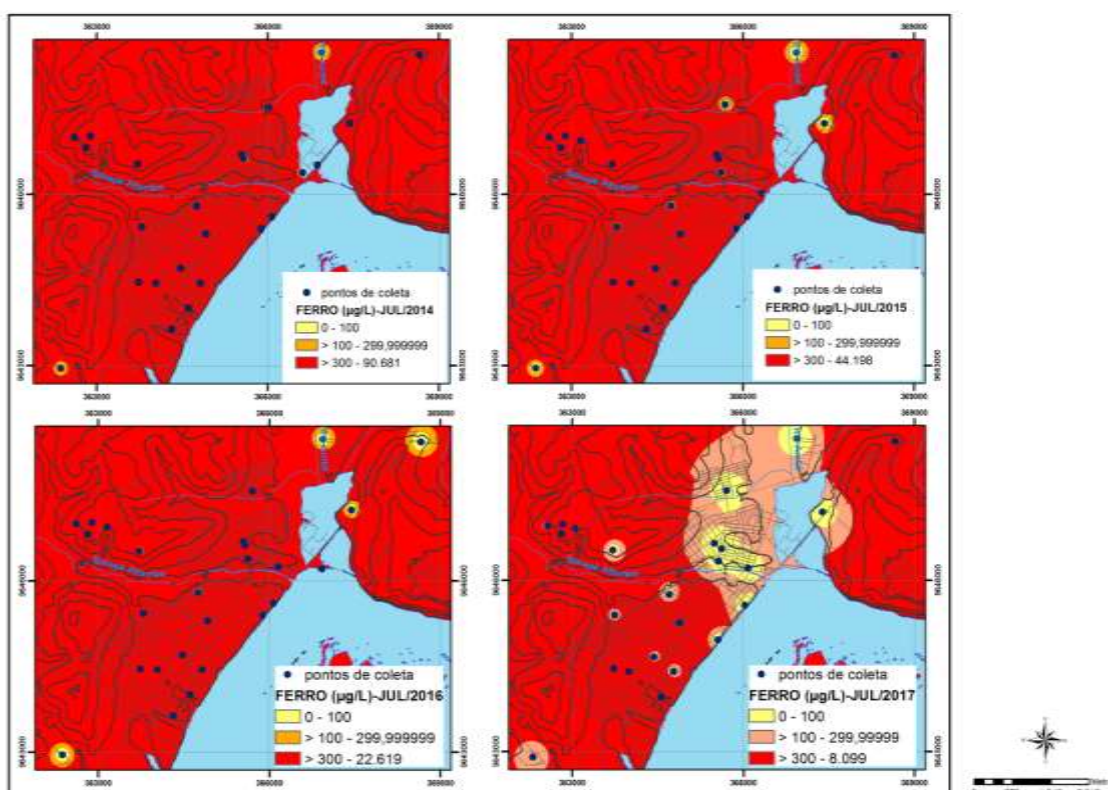


Figura 11.3.2 - 189 – Variação dos valores de ferro total nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

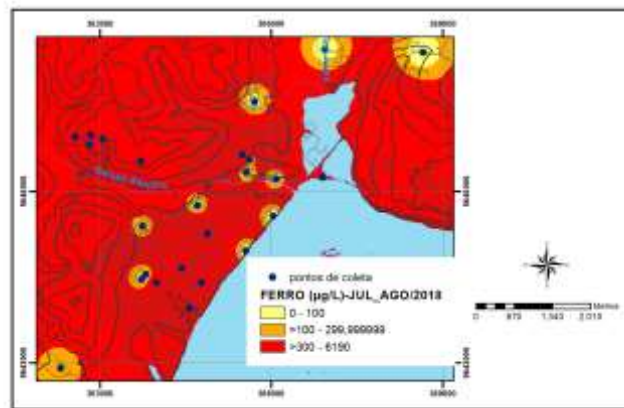


Figura 11.3.2 - 190 – Variação dos valores de ferro total no período de vazante - 2018, na área urbana de Altamira.

A **Figura 11.3.2 - 191** apresenta as variações dos valores de ferro total para os períodos de seca nos anos de 2014 a 2017 e a **Figura 11.3.2 - 192** para 2018. Assim como para os períodos de vazante, os períodos de seca monitorados também apresentaram concentrações de ferro gradativamente menores de 2014 a 2017; nas coletas de julho/2018 e outubro/2017, foram observadas as menores concentrações de ferro.

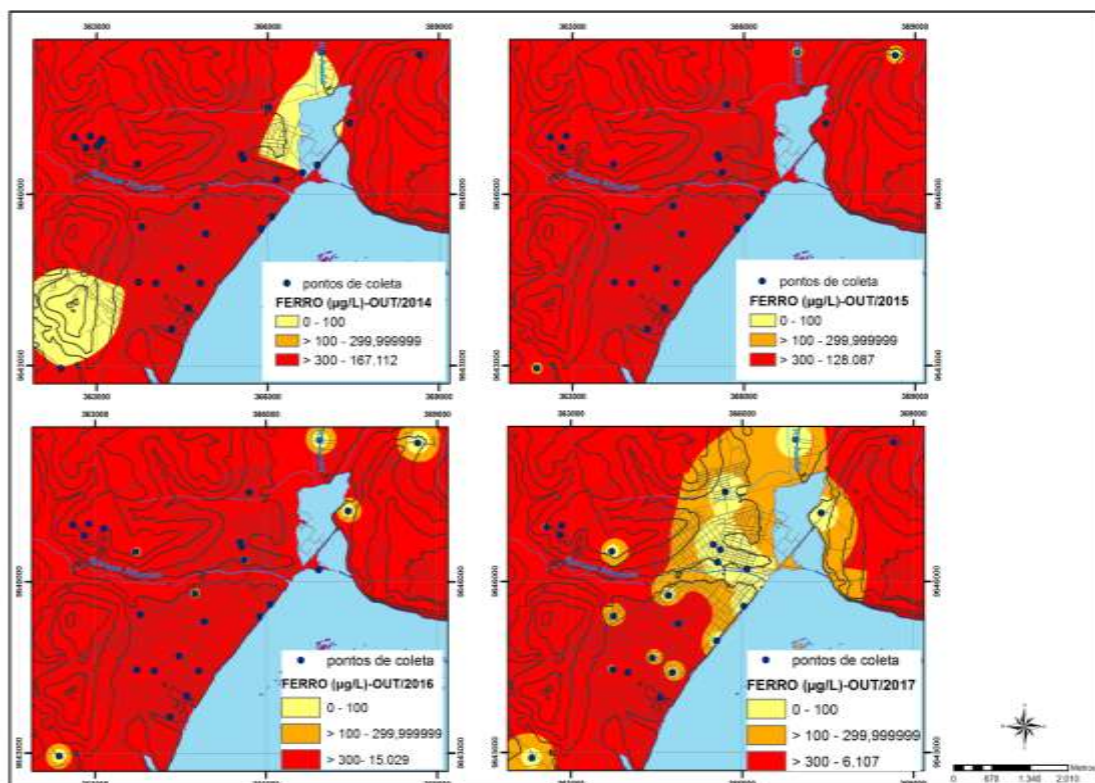


Figura 11.3.2 - 191 – Variação dos valores de ferro total nos períodos de seca - 2014, 2015, 2016 e 2017 na área urbana de Altamira.

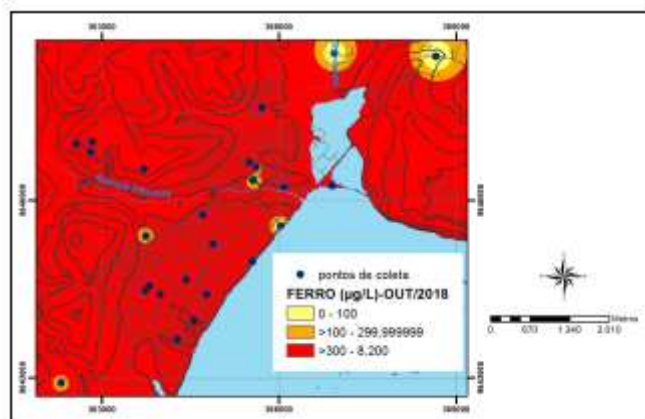


Figura 11.3.2 - 192 – Variação dos valores de ferro total no período de seca - 2018 na área urbana de Altamira.

B) CLORETO

Apesar de nenhum ponto ter apresentado valor superior ao valor máximo permitido pela legislação (VMP = 250.000 µg/L), poços de monitoramento/poços escavados com valores de cloreto mais elevados em geral correspondem àqueles que também apresentaram valores superiores ao VMP para amônia (1,5 mg/L) e para nitrato (10.000 µg/L), evidenciando a contaminação por efluentes domésticos.

Em 2016 e 2017 (após o enchimento), os valores de cloreto são similares; em janeiro/2014 (antes do enchimento) (**Figura 11.3.2 - 193**) e em janeiro/2018 e 2019 (após o enchimento), alguns pontos apresentaram concentrações maiores em relação aos demais anos monitorados, representados pelas cores laranja escuro (> 40.000 µg/L); alguns destes pontos também apresentam valores elevados de nitrato. Apesar da implantação do sistema de saneamento e as ligações domiciliares, que diminuiu a infiltração de efluentes domésticos, outra possível procedência do cloreto, junto ao sulfato, pode estar relacionada com a água da chuva, pois é uma das substâncias abundantes na precipitação atmosférica.

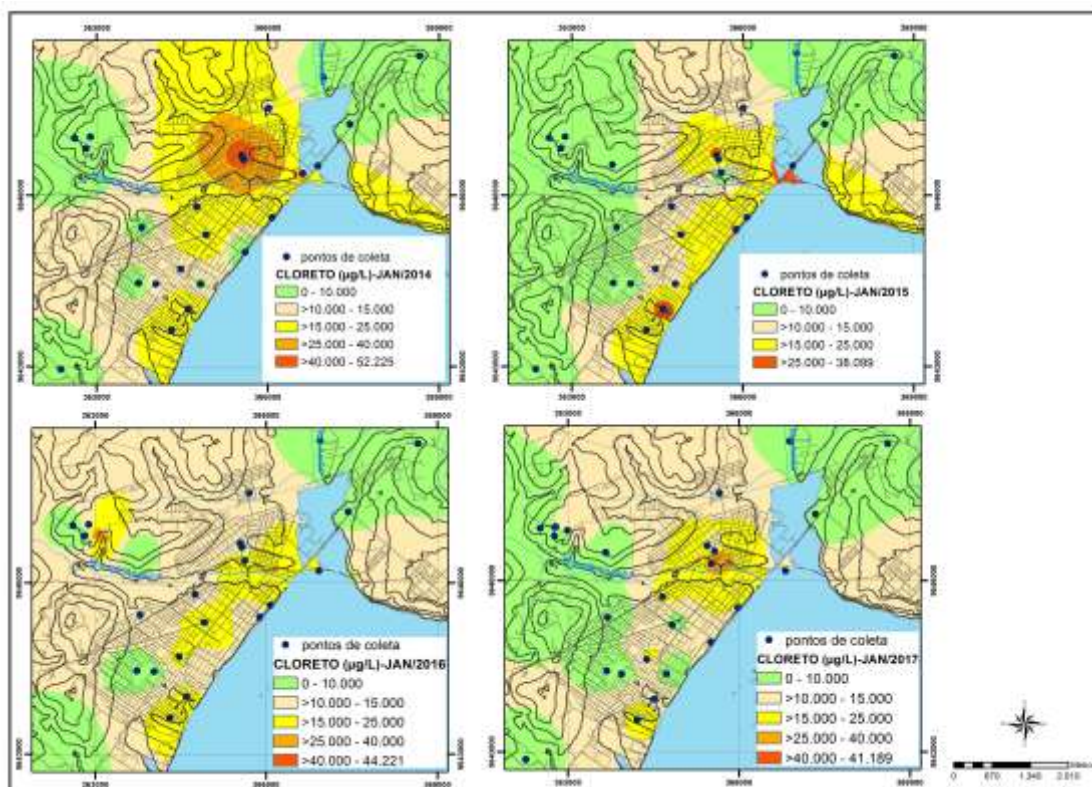


Figura 11.3.2 - 193 – Variação dos valores de cloreto nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

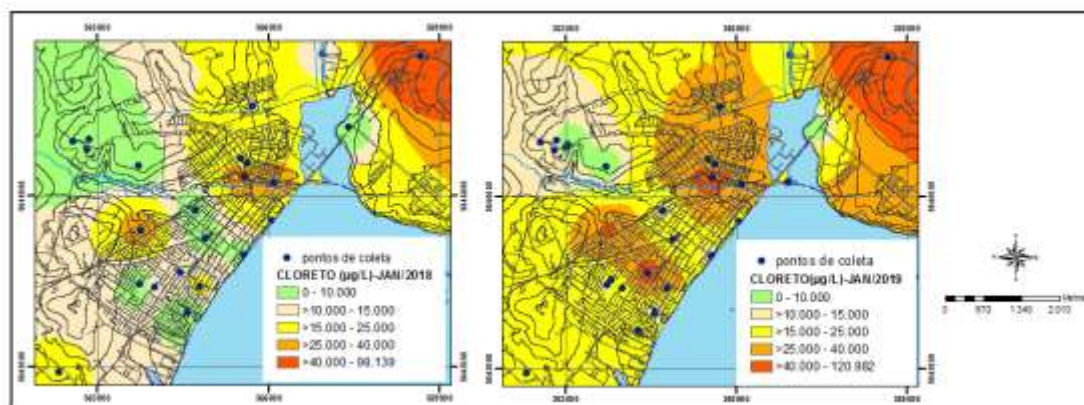


Figura 11.3.2 - 194 – Variação dos valores de cloreto no período de enchente - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de cheia monitorados de 2014 a 2019 (Figura 11.3.2 - 195 e 196), a coleta realizada em maio-junho/2018 (pós-enchimento) foi aquela em que os resultados apresentaram menores concentrações de cloreto na área urbana de Altamira, provavelmente por ter sido uma coleta realizada no fim do período de cheia-início do período de vazante.

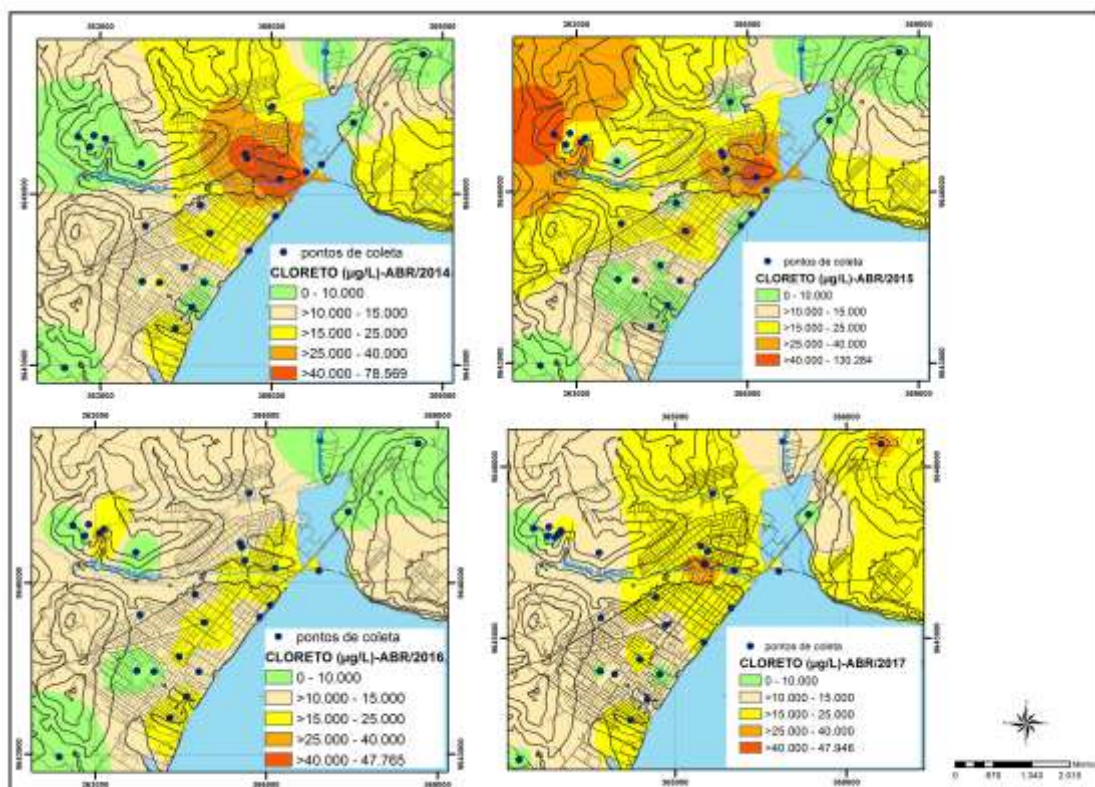


Figura 11.3.2 - 195 – Variação dos valores de cloreto nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

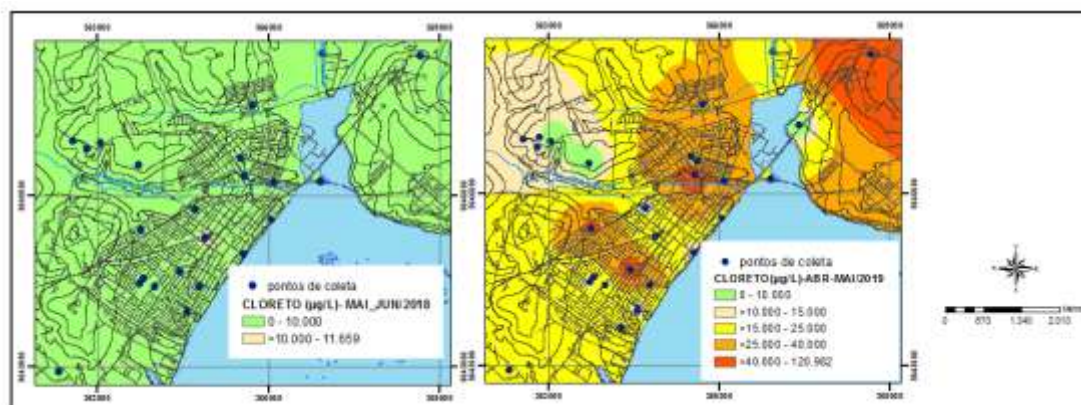


Figura 11.3.2 - 196 – Variação dos valores de cloreto no período de cheia - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de vazante e seca (Figura 11.3.2 - 197 a Figura 11.3.2 - 200), foram observados menores teores de cloreto em 2016, após o enchimento, podendo ser reflexo do registro anômalo de chuvas naquele ano; já em 2015 (antes do enchimento do reservatório) as concentrações superaram 200.000 µg/L.

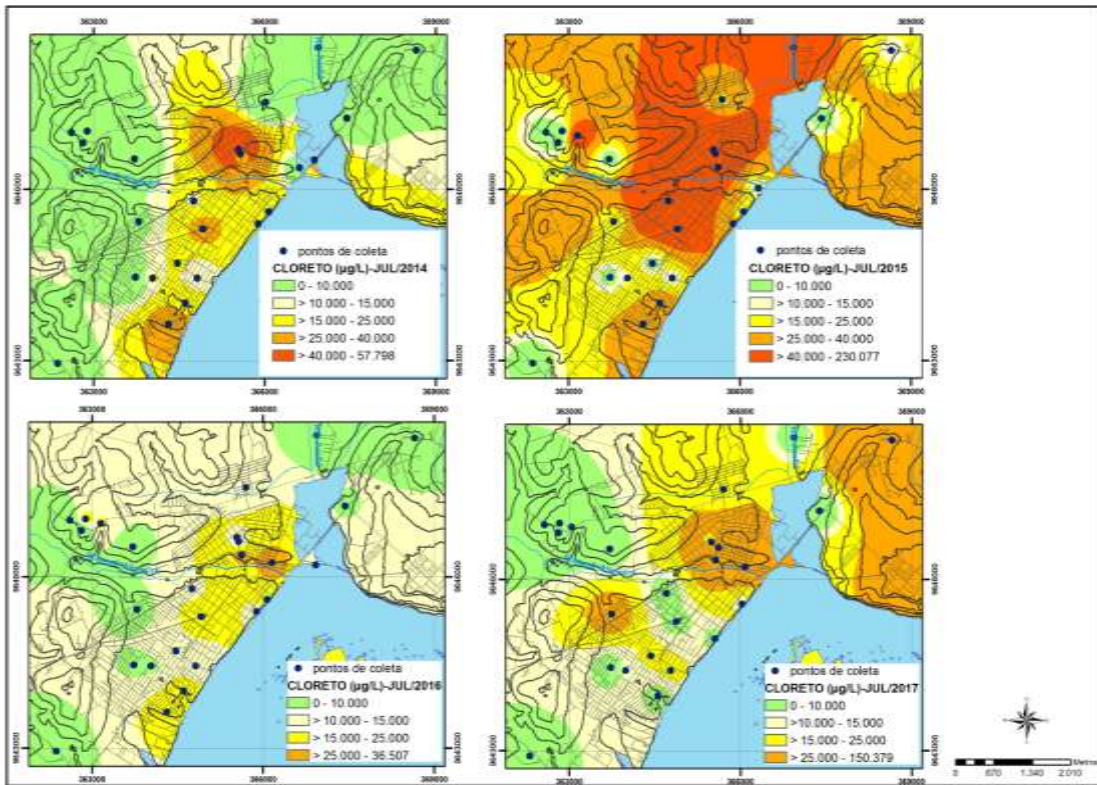


Figura 11.3.2 - 197 – Variação dos valores de cloreto nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

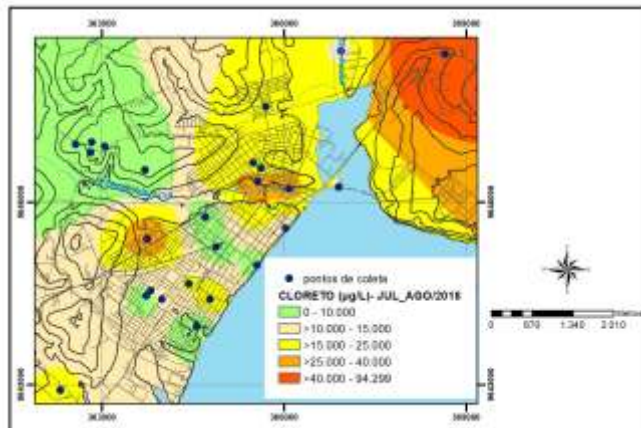


Figura 11.3.2 - 198 – Variação dos valores de cloreto no período de vazante - 2018, na área urbana de Altamira.

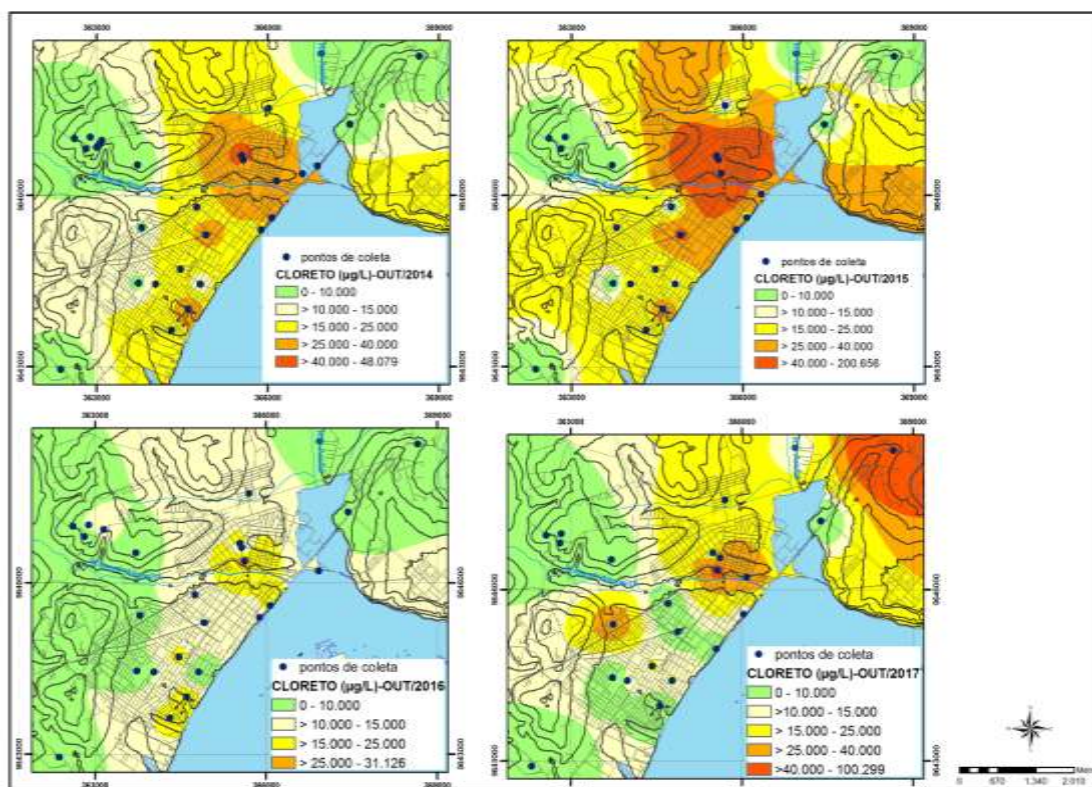


Figura 11.3.2 - 199 – Variação dos valores de cloreto nos períodos de seca - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

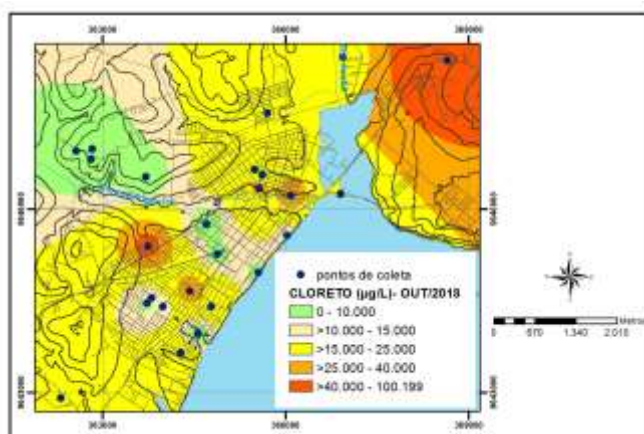


Figura 11.3.2 - 200 – Variação dos valores de cloreto no período de seca - 2018, na área urbana de Altamira.

11.3.2.2.3.2. AMÔNIA, NITRATO E COLIFORMES FECALIS

Para os períodos de enchente, foram constatados três pontos com valores de amônia acima do VMP (1,5 mg/L) em porções da cidade com alta taxa de ocupação (em 2014). Nos períodos de enchente de 2015 a 2019 (**Figura 11.3.2 - 201** e **Figura 11.3.2 - 202**), os valores foram todos menores que o limite de detecção do equipamento (em 2015 foi alterado o laboratório onde são feitas as análises: anteriormente as amostras eram encaminhadas para a Bioagri Ambiental, localizado em Parauapebas – PA, e a

partir de janeiro/2015 as análises passaram a ser feitas pela AIIEGA - Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental – SP).

As fontes de nitrogênio nas águas são diversas; esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Em áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (as duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas). Ou seja, a predominância das formas reduzidas indicam foco de poluição próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes.

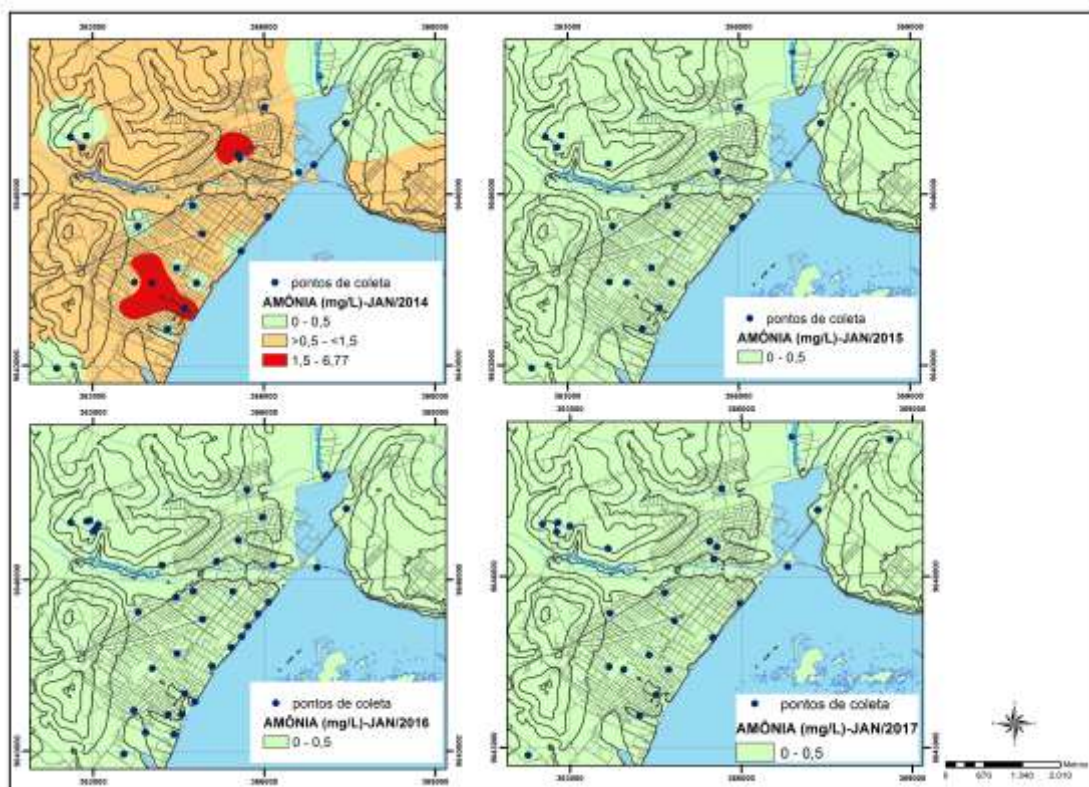


Figura 11.3.2 - 201 - Variação dos valores de amônia nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

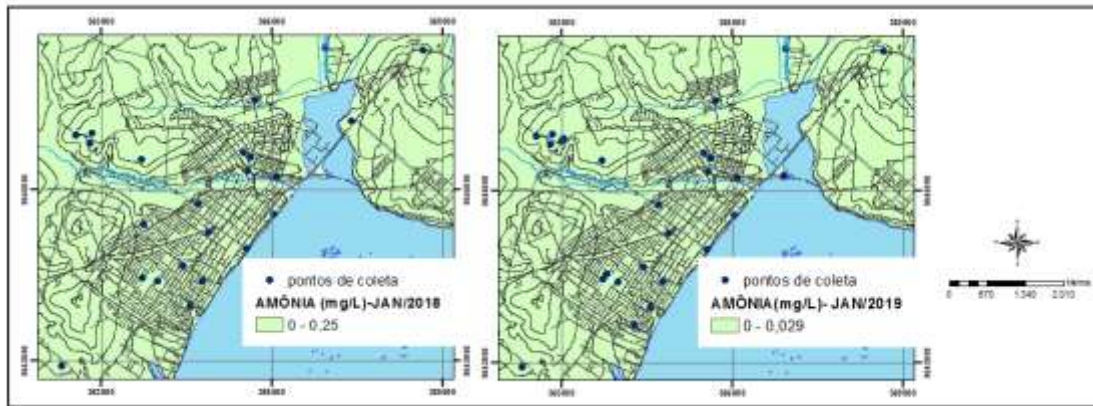


Figura 11.3.2 - 202 – Variação dos valores de amônia no período de enchente - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de cheia, também foram constatados três pontos com valores de amônia acima do VMP, em porções da cidade com alta taxa de ocupação (em abril/2014) e quatro pontos na coleta realizada em maio-junho/2018 (Figura 11.3.2 - 203 e Figura 11.3.2 - 204), evidenciando contaminação recente por esgoto doméstico.

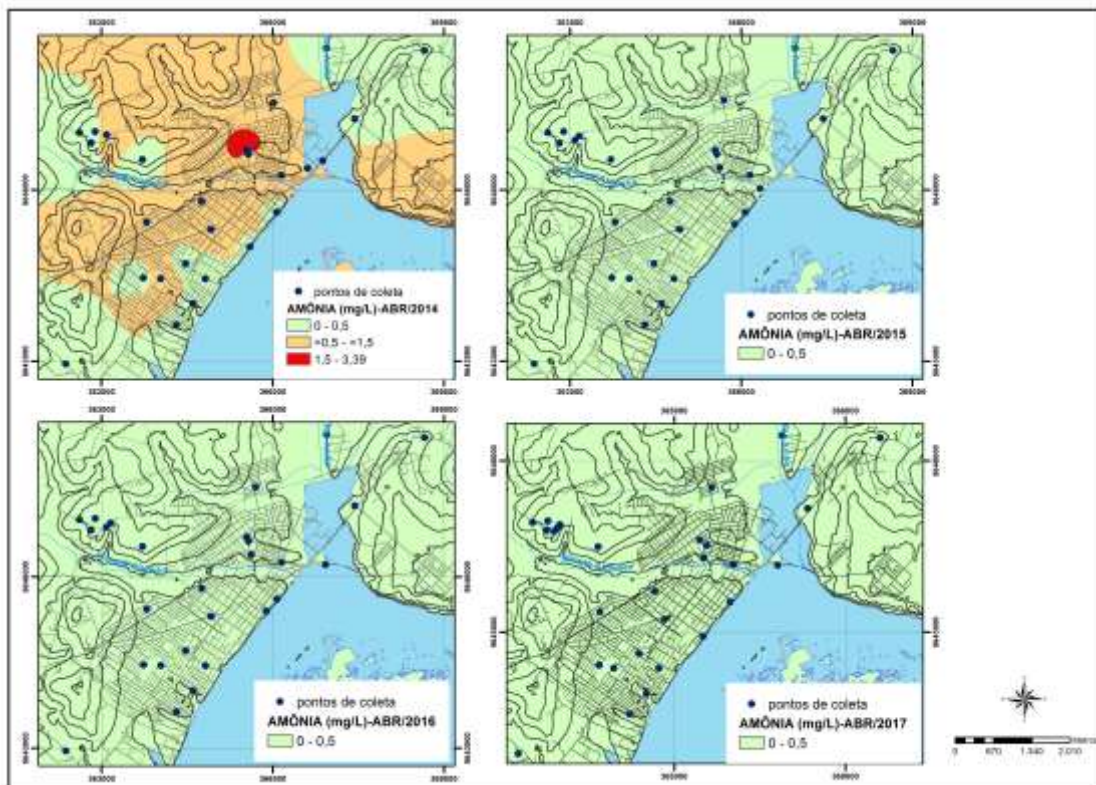


Figura 11.3.2 - 203 – Variação dos valores de amônia nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

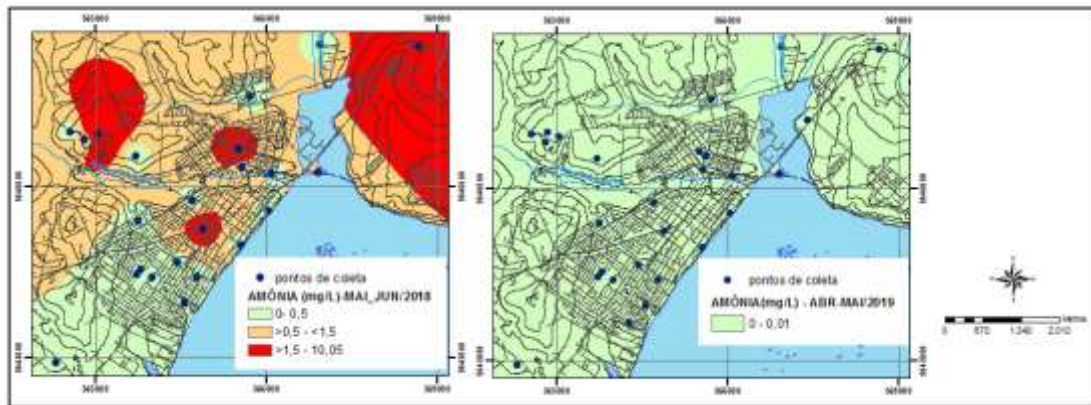


Figura 11.3.2 - 204 – Variação dos valores de amônia no período de cheia - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de vazante e seca (Figura 11.3.2 - 205 a Figura 11.3.2 - 208), foram constatados cinco pontos com valores de amônia acima do VMP em julho e outubro de 2014. Em 2015 (antes do enchimento), 2016, 2017 e 2018 (pós-enchimento), os valores foram todos menores que o limite de detecção do equipamento utilizado pelo laboratório.

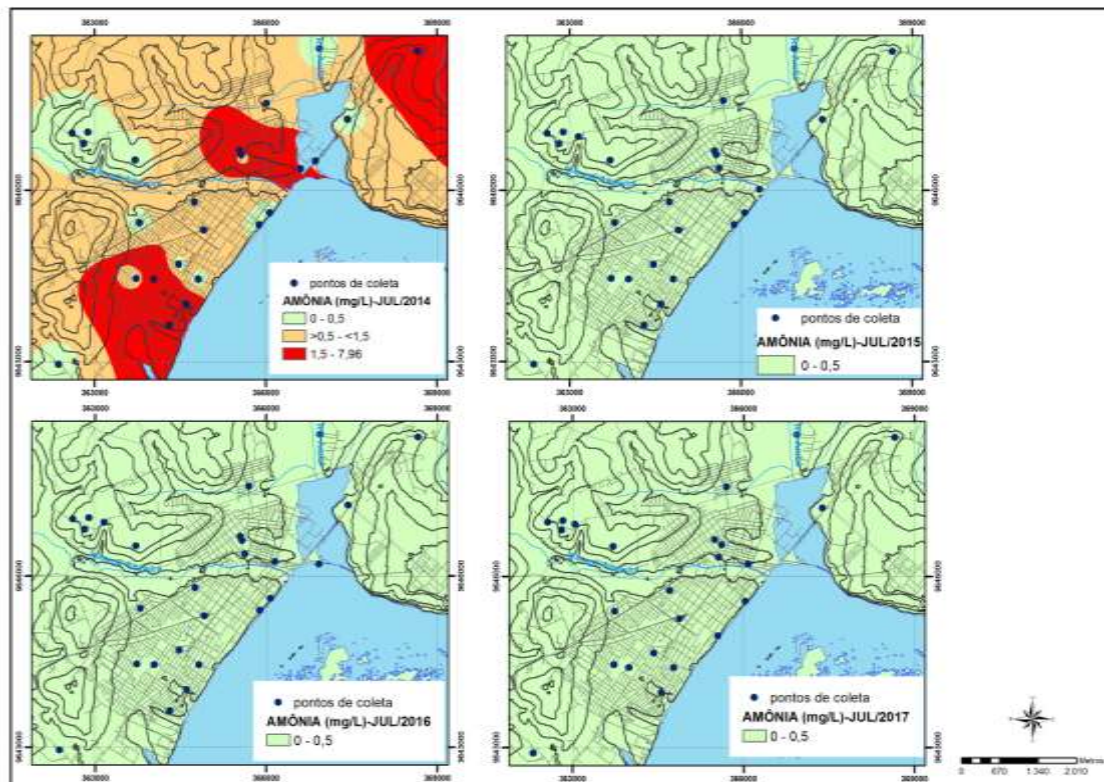


Figura 11.3.2 - 205 – Variação dos valores de amônia nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

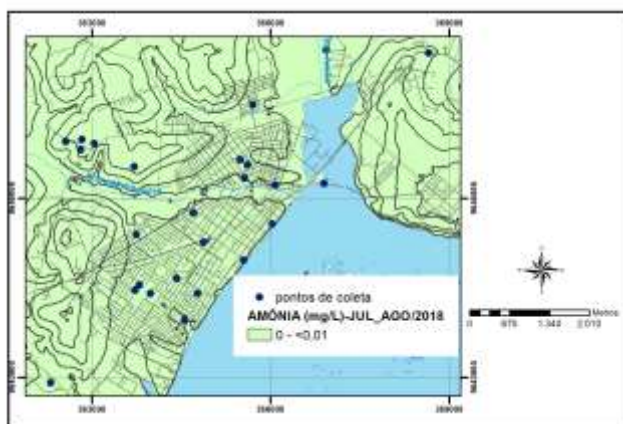


Figura 11.3.2 - 206 – Variação dos valores de amônia no período de vazante - 2014, 2018, na área urbana de Altamira.

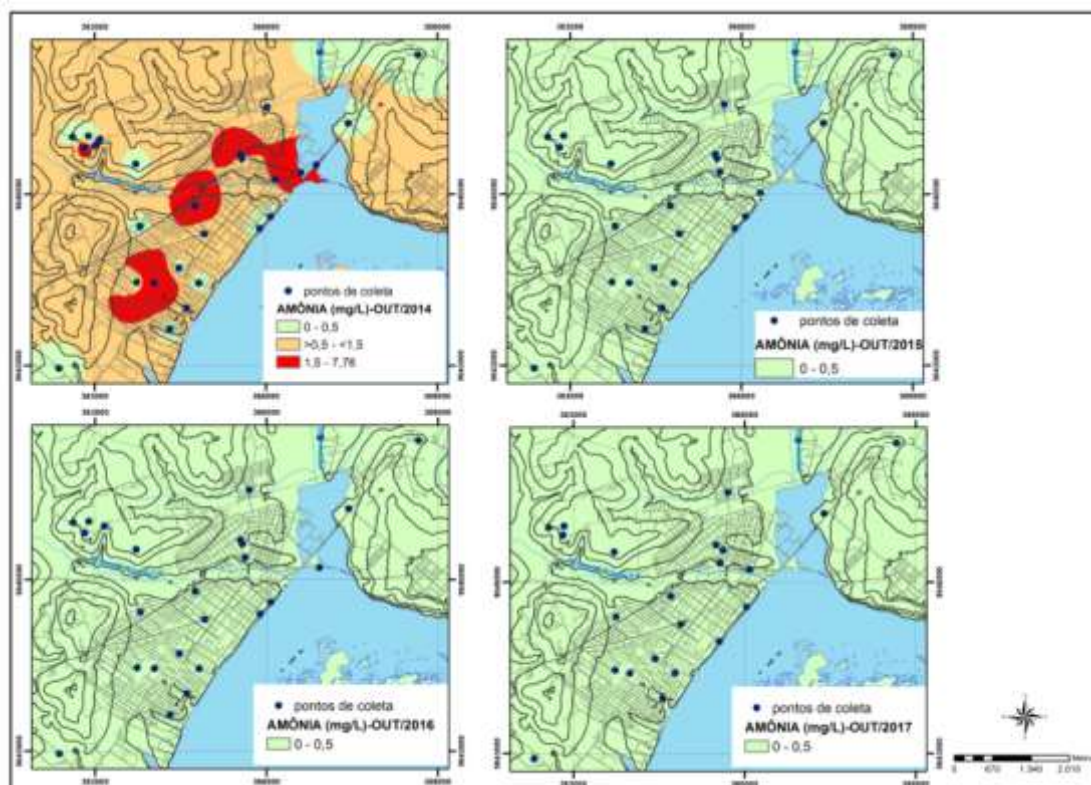


Figura 11.3.2 - 207 – Variação dos valores de amônia nos períodos de seca - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

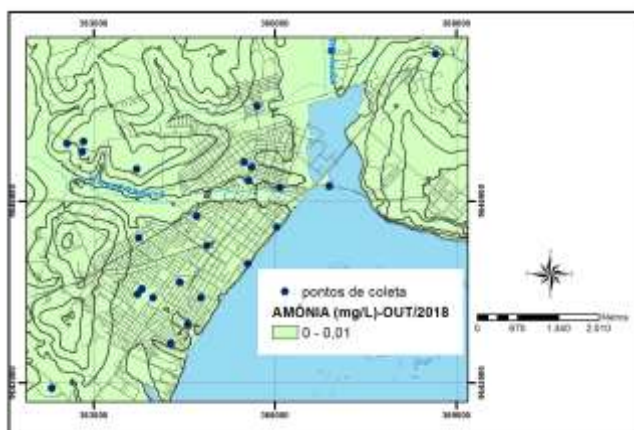


Figura 11.3.2 - 208 – Variação dos valores de amônia no período de seca - 2018, na área urbana de Altamira.

A **Figura 11.3.2 - 298** apresenta a variação dos valores de nitrato e os pontos nos quais foi registrada presença de coliformes fecais na área urbana de Altamira para os períodos de enchente em 2014 a 2017, e a **Figura 11.3.2 - 209** para o período 2018 e 2019. A variação do nitrato se manteve similar nos anos 2014, 2015, 2016 e 2017, antes, durante e após o enchimento dos reservatórios, apresentando valores um pouco mais elevados em janeiro/2018 e 2019.

Ressalta-se que mesmo com a implantação do sistema de saneamento na área urbana de Altamira, ainda será necessário um tempo para depuração do solo e da zona saturada. Portanto, resultados de algumas variáveis, como o nitrato por exemplo, ainda levará um tempo para responder positivamente em decorrência das ligações intradomiciliares, em especial na área urbana de Altamira. Espera-se que os monitoramentos futuros demonstrem a melhora gradativa dessas variáveis que estão diretamente conectadas com as ações de melhorias realizadas na região em tela.

Um dos elementos intermediários formados durante o metabolismo biológico é o nitrogênio amoniacal (considerado um indicador de poluição recente). A decomposição aeróbia finalmente leva à conversão de nitrogênio em nitrito e depois em nitrato. Nitrogênio com alto teor de nitrato e com baixo teor de amônia sugere que a poluição aconteceu há mais tempo (VESILIND; MORGAN, 2013)¹⁴.

Se o valor de nitrato for acima de 5,0 mg/L (SANTOS, 2000)¹⁵ pode ser indicativo de contaminação por atividade antrópica. Segundo Mueller & Helsel (2001)¹⁶ e Singh *et*

¹⁴ VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

¹⁵ SANTOS, A. C. N. 2000. Noções de Hidroquímica In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 2.^a edição. Fortaleza: CPRM/REFO, LA.

¹⁶ MUELLER, D.K.; HELSEL D.R. 2001 Nutrients in the nation's waters - too much of a good thing. Washington: Geological Survey. 24 p. (Circular, 1136).

al. (2005)¹⁷, o nitrato na água subterrânea acima de 5 mg/L indica a ocorrência de alguma fonte antrópica, podendo estar relacionada às fontes pontuais (esgotos) ou difusas (resíduos da agricultura). Em águas subterrâneas o nitrato origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD & CANN, 2011)¹⁸.

Em relação aos coliformes fecais, é possível notar que em janeiro/2016 (durante o enchimento do reservatório do Xingu) sua presença foi observada apenas em dois pontos, diferentemente dos anos anteriores e posteriores.

Em janeiro/2017, 14 (quatorze) pontos exibiram presença de coliformes e em janeiro/2019 em 11 (onze) pontos, incluindo os poços topograficamente mais elevados, provavelmente em função das precipitações registradas, que podem diluir e carrear dejetos de animais das vias para a zona saturada, que já recebeu a infiltração de efluentes domésticos a partir das fossas.

Para a região do antigo lixão de Altamira, o chorume também tem a parte orgânica e pode conter coliformes no lixo depositado nas células instaladas, portanto, há coliformes presentes em um ponto na região do antigo lixão em janeiro/2016 e 2018, três pontos em 2017 e quatro pontos em 2019. O mesmo pode ocorrer com a série nitrogenada. Só após décadas estas fases desaparecem do chorume, restando apenas metais.

¹⁷ SINGH, K.P.; SINGH, V.K.; MALLIK, A.; BASANT, N. 2005. Distribution of nitrogen species in groundwater aquifers of an industrial area. *Environment Geochemistry and Health*, Amsterdam 28 (5): 473-485.

¹⁸ BAIRD, C.; CANN, M. *Química Ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

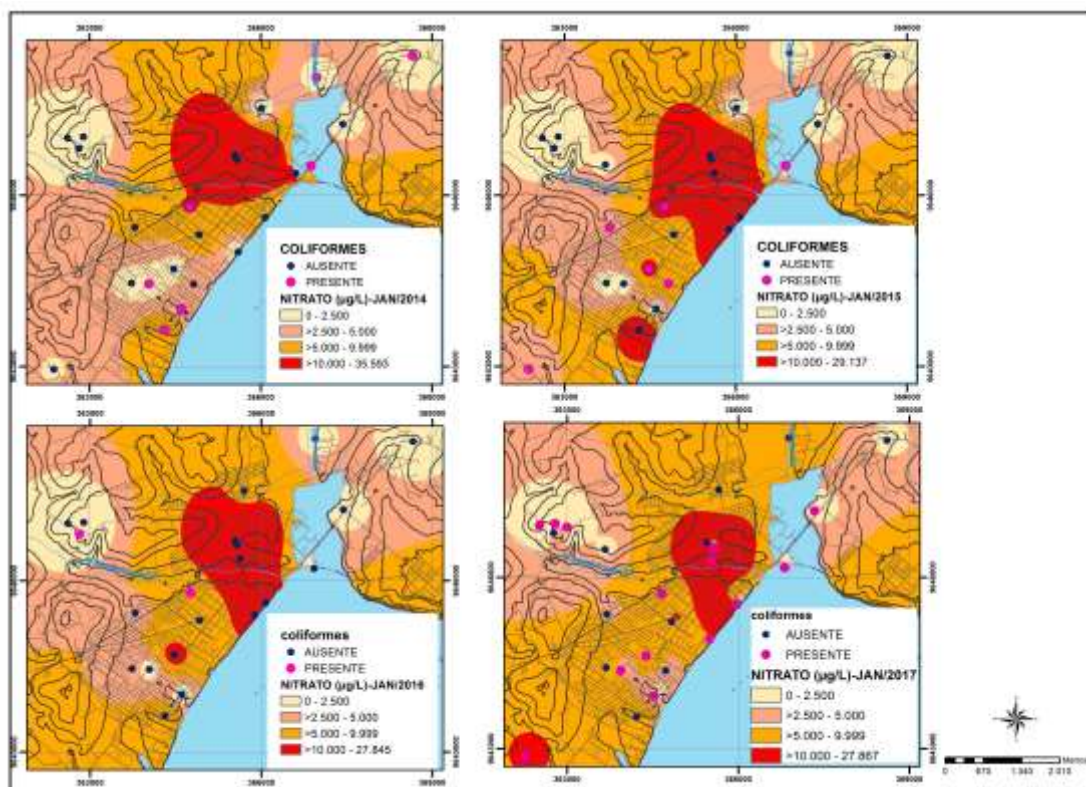


Figura 11.3.2 - 209 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

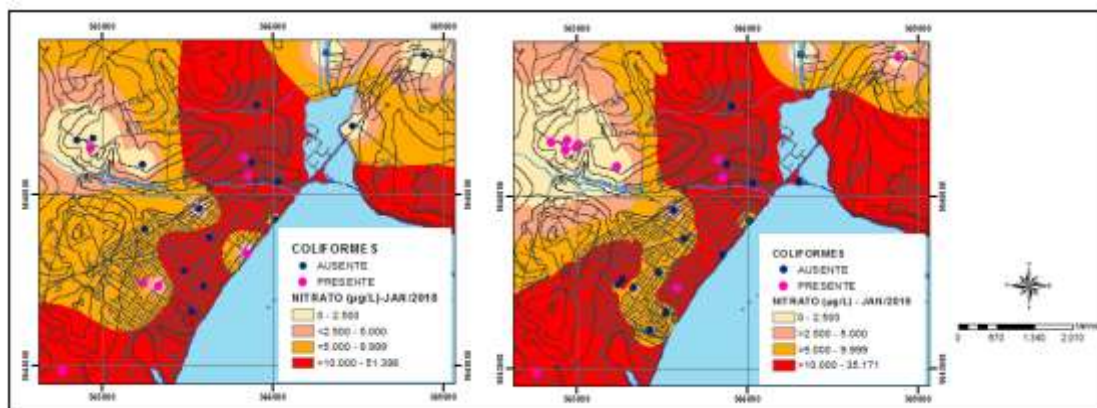


Figura 11.3.2 - 210 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais no período de enchente – 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de cheia (**Figuras 11.3.2 - 211 e 212**), a presença de coliformes é similar nas fases pré e pós-enchimento (abril/2014 = 8 pontos; abril/2015 = 11 pontos; abril/2016 = 9 pontos; abril/2017 = 12 pontos; maio-junho/2018 e abril /2019 = 8 pontos), evidenciando que a contaminação por meio de efluente doméstico infiltrado no solo a partir de fossas e valas de esgotos a céu aberto é similar antes, durante e depois do enchimento durante os períodos monitorados.

Em abril/2014 (antes do enchimento) e abril/2019, alguns pontos com valores de nitrato superiores ao VMP levaram a classe vermelha ao valor máximo >40.000 µg/L.

Em 2017, os valores superiores ao VMP não ultrapassam 28.000 µg/L, podendo ser observadas maiores concentrações de nitrato inclusive nas regiões topograficamente mais elevadas e mais afastadas da margem do reservatório, portanto, sem influência do mesmo.

Já na coleta realizada em maio-junho/2018, os teores de nitrato foram abaixo do VMP da legislação vigente, concomitante aos valores mais elevados de amônia em alguns pontos na área urbana, representando contaminação mais recente por esgoto doméstico.

Após a implantação pela Norte Energia do sistema de saneamento, não se espera que esse tipo de ocorrência permaneça, porém é necessário um tempo para depuração. A implantação do sistema de saneamento com ETE elimina a infiltração de efluentes e contaminação das águas subterrâneas por meio de esgoto doméstico, desde que as fossas negras e/ou sépticas anteriormente utilizadas sejam devidamente desativadas.

Com a implantação do sistema de abastecimento e devido tratamento na ETA, possíveis problemas com a água utilizada para abastecimento da população serão solucionados, tendo com impacto positivo a água tratada com melhor controle e qualidade da água consumida. O tratamento da água pode ser realizado para atender diversos aspectos: i) higiênicos - remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microorganismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos; ii) estéticos - correção da cor, sabor e odor; iii) econômicos - redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês.

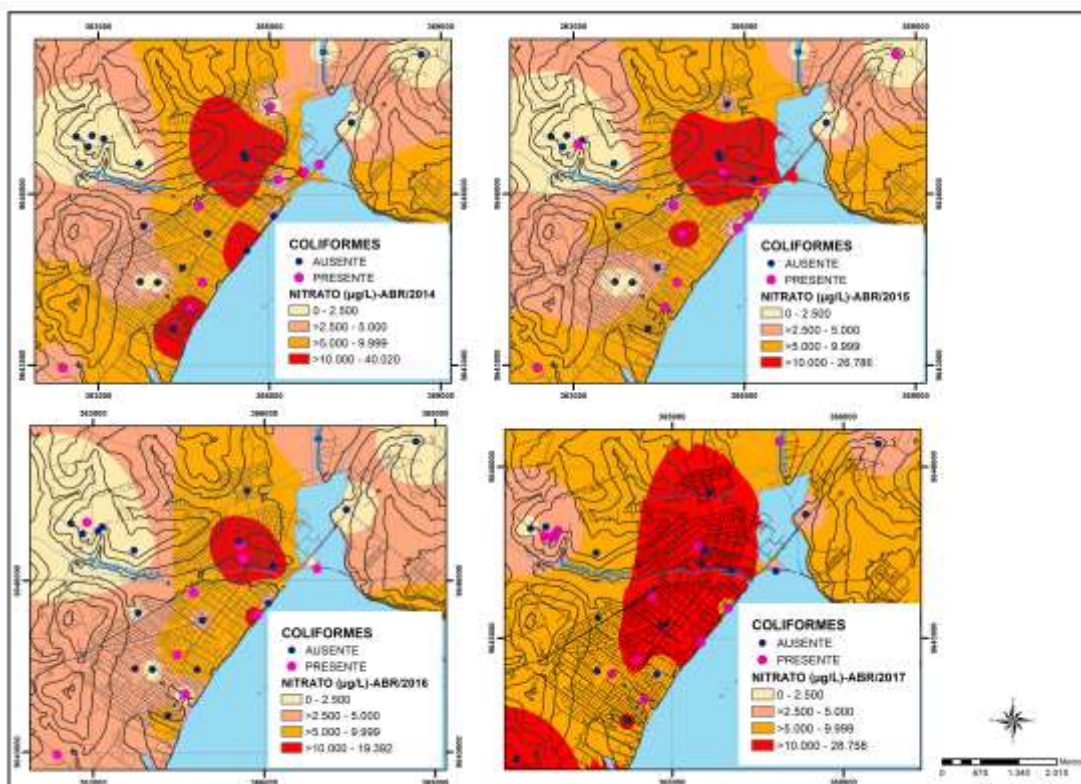


Figura 11.3.2 - 211 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

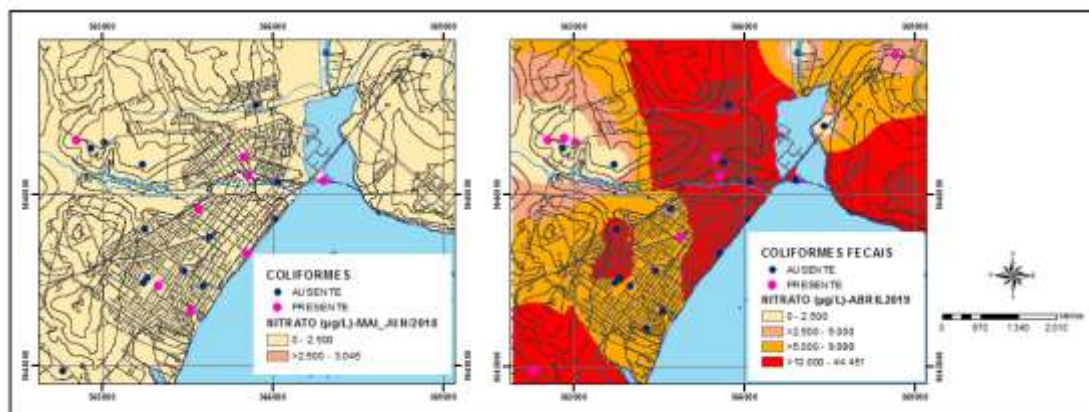


Figura 11.3.2 - 212 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais no período de cheia - 2018, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de vazante (**Figura 11.3.2 - 213 e 214**), em julho/2014 (antes do enchimento) foram detectados mais pontos com presença de coliformes fecais e em julho/2017 maiores concentrações de nitrato.

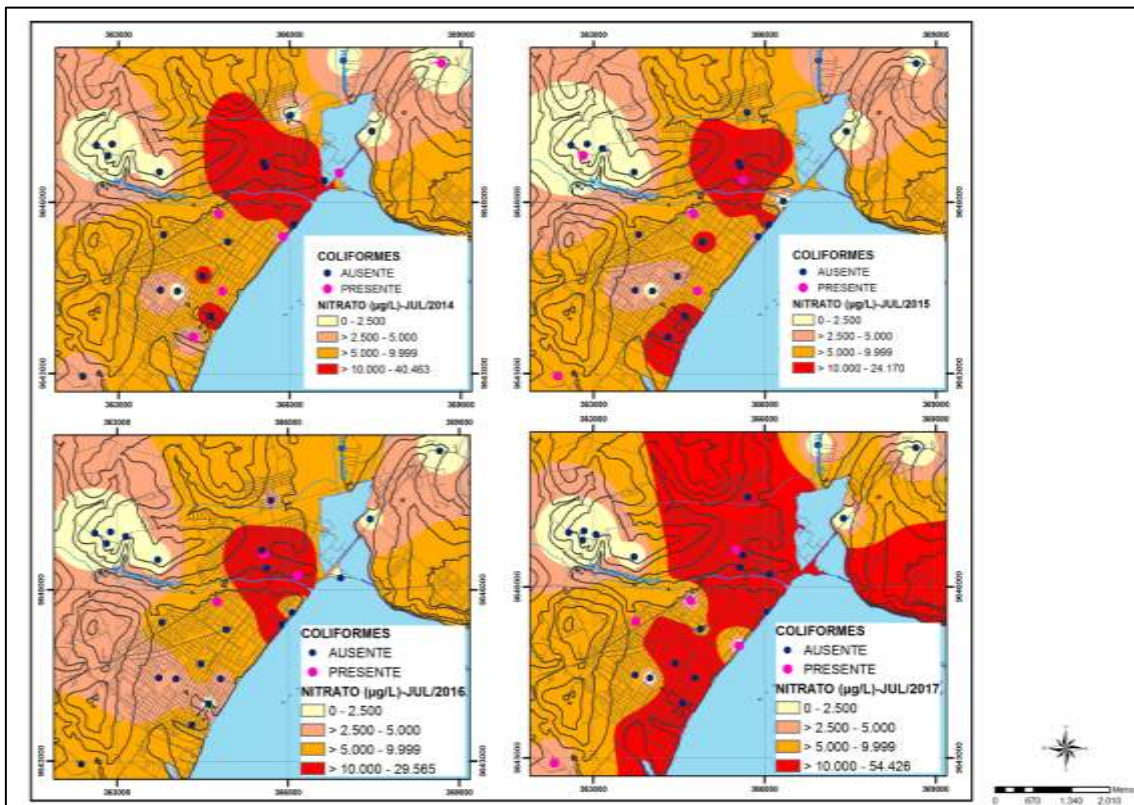


Figura 11.3.2 - 213 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

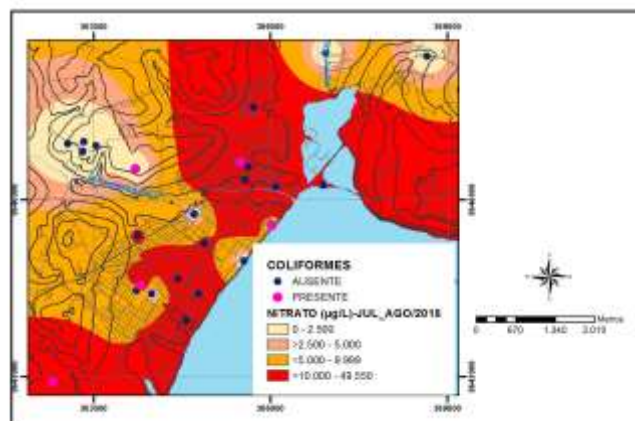


Figura 11.3.2 - 214 – Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais no período de vazante - 2018, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de seca (**Figura 11.3.2 - 215 e 216**), em outubro/2016 (após o enchimento) foram detectados mais pontos com presença de coliformes fecais que nos anos anteriores, provavelmente em função das precipitações anômalas registradas em outubro/2016, que podem ter diluído e carregado dejetos de animais das vias para a zona saturada, que já havia recebido a infiltração de efluentes domésticos a partir das fossas.

Em outubro de 2017, a presença de coliformes foi similar aos demais anos de monitoramento, porém foram registradas maiores concentrações de nitrato.

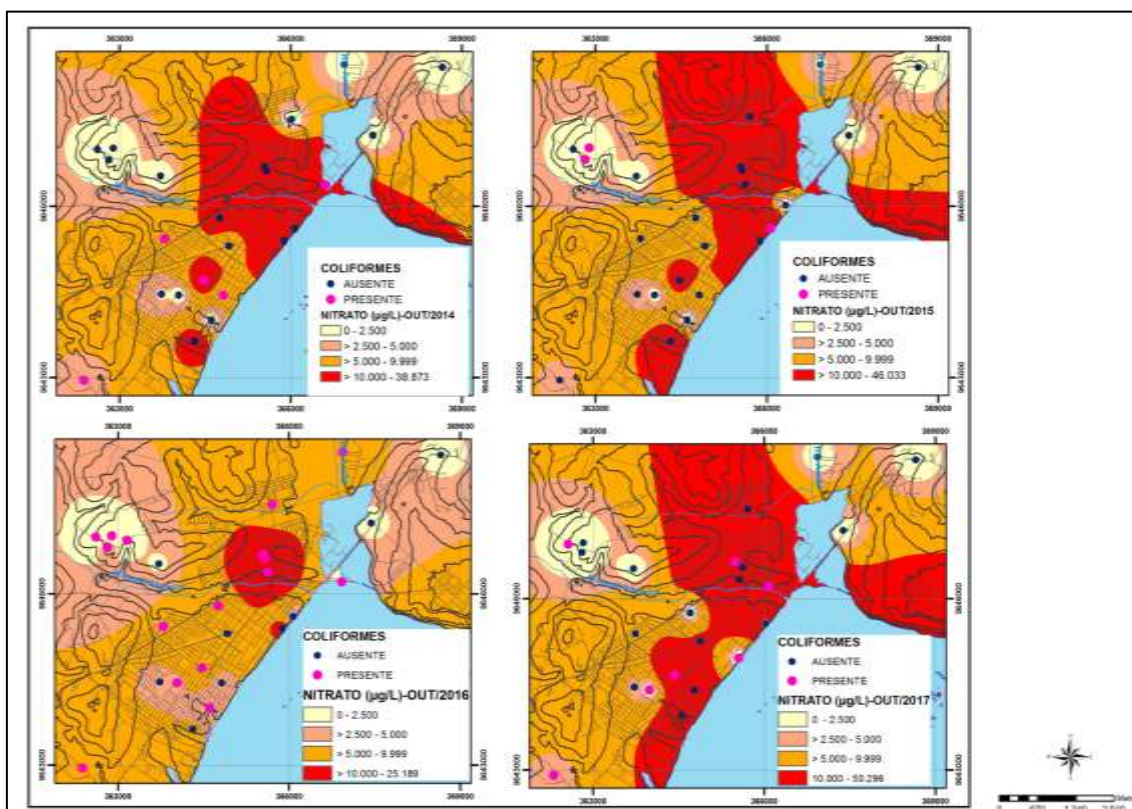


Figura 11.3.2 - 215 - Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais nos períodos de seca - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

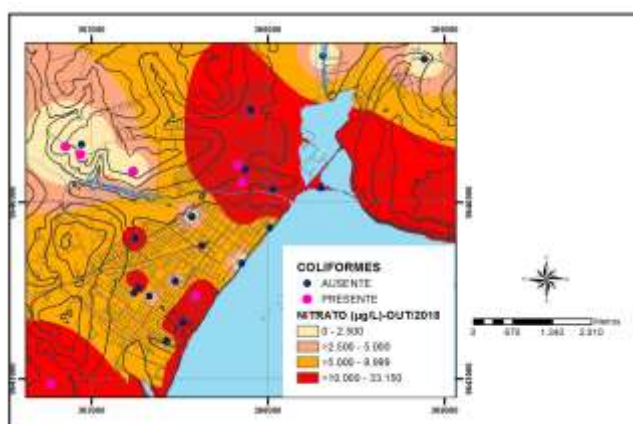


Figura 11.3.2 - 216 - Variação dos valores de nitrato e coliformes fecais no período de seca - 2018, na área urbana de Altamira.

11.3.2.2.3.3. CHUMBO

As Figuras 11.3.2 - 217 e 11.3.2 - 218 mostram as variações dos valores de chumbo, na área urbana de Altamira para os períodos de enchente de 2014 a 2018.

Em 2014 (antes do enchimento), foram registrados alguns pontos com teores de chumbo acima do VMP, inclusive nas imediações do antigo Lixão de Altamira (em janeiro/2014 no PZ-ALT7, PZ-ALT17, PZ—LX-ALT6). A contaminação pode ter tido

origem a partir do antigo Lixão (mesmo com a existência da barreira hidráulica - Igarapé Altamira), com escoamento superficial a partir de resíduos acumulados de forma irregular nas adjacências dos poços/cacimbas contaminados (como comumente observado), ou ainda pode ter sido proveniente de atividades agrícolas anteriormente desenvolvidas na porção a noroeste e nordeste da área do antigo Lixão.

Durante e após o enchimento, nos períodos de enchente de 2016, 2018 e 2019, não foram registradas não conformidades.

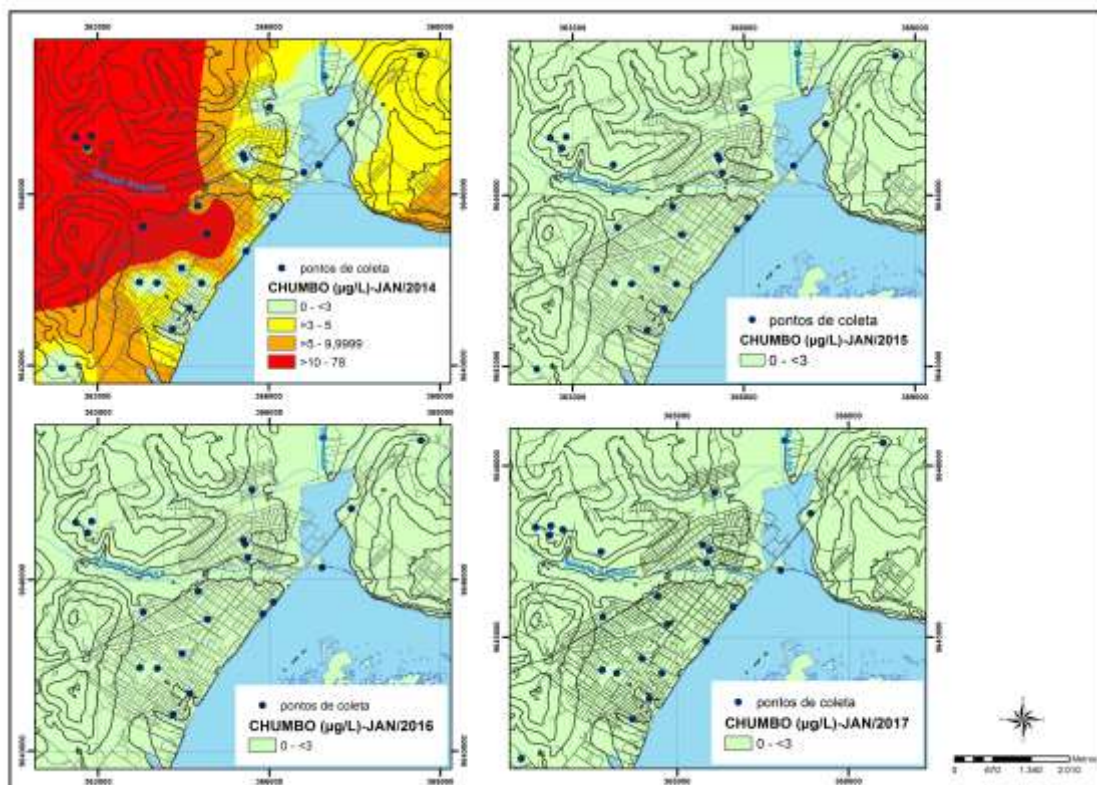


Figura 11.3.2 - 217 – Variação dos valores de chumbo nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

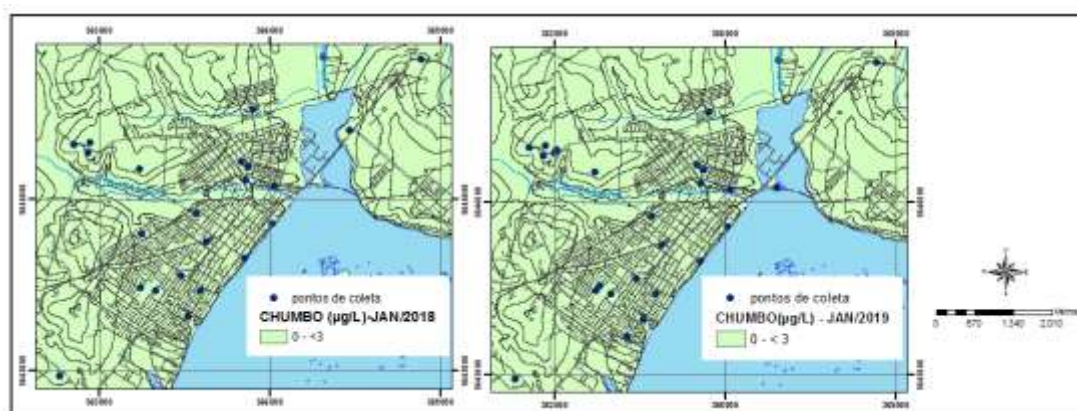


Figura 11.3.2 - 218 – Variação dos valores de chumbo no período de enchente - 2018, na área urbana de Altamira.

Para os períodos de cheia (**Figuras 11.3.2 - 219 e 220**), foram registrados alguns pontos com teores de chumbo acima do VMP - em abril/2014 nos pontos PZ-ALT3, PZ-ALT17, PZ-LX-ALT1, PZ-LX-ALT6. Durante e após o enchimento, nos períodos de enchente e cheia de 2015, 2016, 2017 e 2019, não foram encontradas não conformidades. Na coleta realizada em maio-junho/2018, dois pontos apresentaram teor de chumbo igual a 10 µg/L (PZ-LX-ALT3) e um ponto com valor igual a 40 µg/L (PZ-ALT3A).

As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas são os lixões, acidentes com substâncias tóxicas, atividades inadequadas de armazenamento, manuseio inadequado e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos, atividades minerárias que expõem o aquífero, sistemas de saneamento “*in situ*”, vazamento das redes coletoras de esgoto e o uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes, bem como a irrigação, que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea. O PZ-LX-ALT3 fica no limite externo do antigo lixão (LX), próximo à área da Cerâmica Santa Clara. No PZ-ALT3A, poço reinstalado em março/2018 nas proximidades da lagoa do bairro Jardim Independente I (em substituição ao PZ-ALT3), o chumbo é provavelmente proveniente dos efluentes lançados diretamente na lagoa daquele bairro.

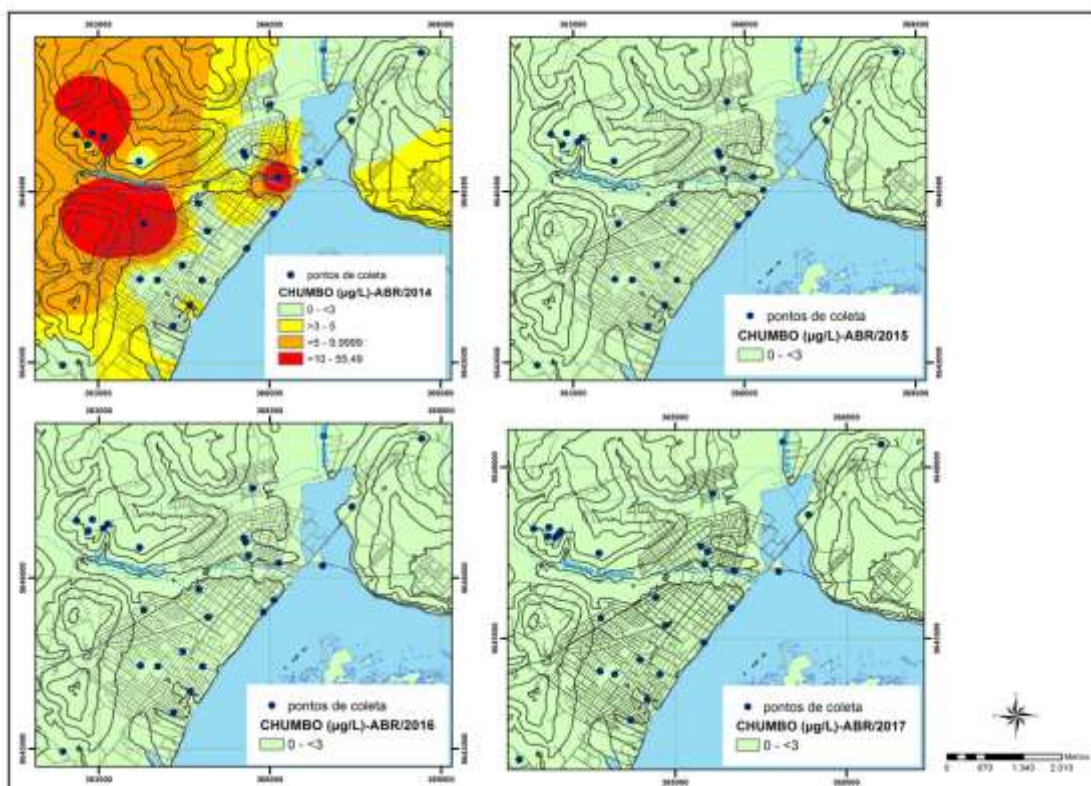


Figura 11.3.2 - 219 – Variação dos valores de chumbo nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

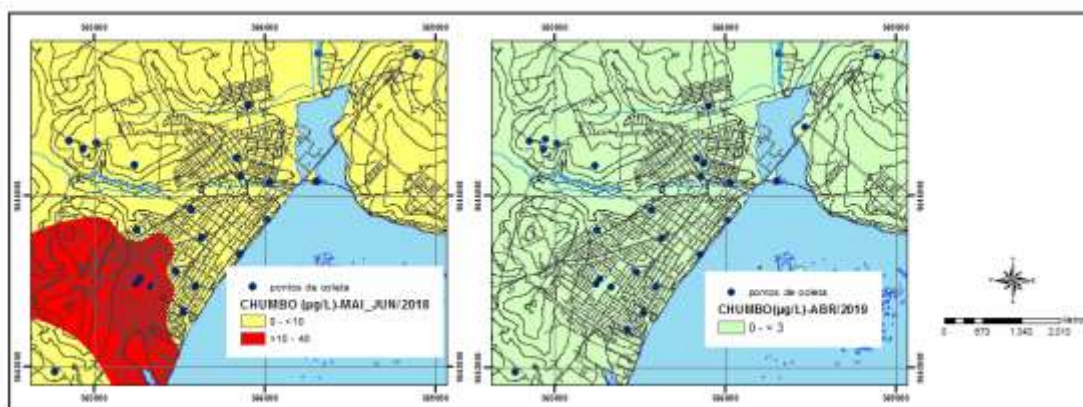


Figura 11.3.2 - 220 – Variação dos valores de chumbo no período de cheia - 2018, na área urbana de Altamira.

As **Figuras 11.3.2 - 221 a 11.3.2 - 224** apresentam variações dos valores de chumbo na área urbana de Altamira para os períodos de vazante e seca de 2014 a 2018. Em julho e outubro/2014 (antes do enchimento), foram detectados alguns pontos com valores acima do VMP. Após o enchimento, não foram registradas não conformidades.

Ressalta-se que, devido à espacialização dos poços/cacimbas amostrais que subsidia a interpolação dos dados, no mapa a área com valores acima de 10 µg/L é ampliada para gerar a superfície, porém não significando que toda a área em vermelho tenha valores altos (os valores superiores ao VMP são confirmados apenas nos poços/cacimbas amostrados e analisados; em julho/2014 nos pontos PZ-ALT14, PZ-ALT17, PZ-LX-ALT3; em outubro/2014 nos pontos PZ-ALT9, PZ-ALT11, PZ-ALT 13, PZ-ALT 17, PZ-LX-ALT3, PZ-LX-ALT6).

Valores acima de 10 µg/L de chumbo também já foram registrados em algumas das campanhas trimestrais na área de entorno dos reservatórios e, nestes casos, como são áreas pouco antropizadas, não se pode descartar a possibilidade de uma origem geogênica deste elemento.

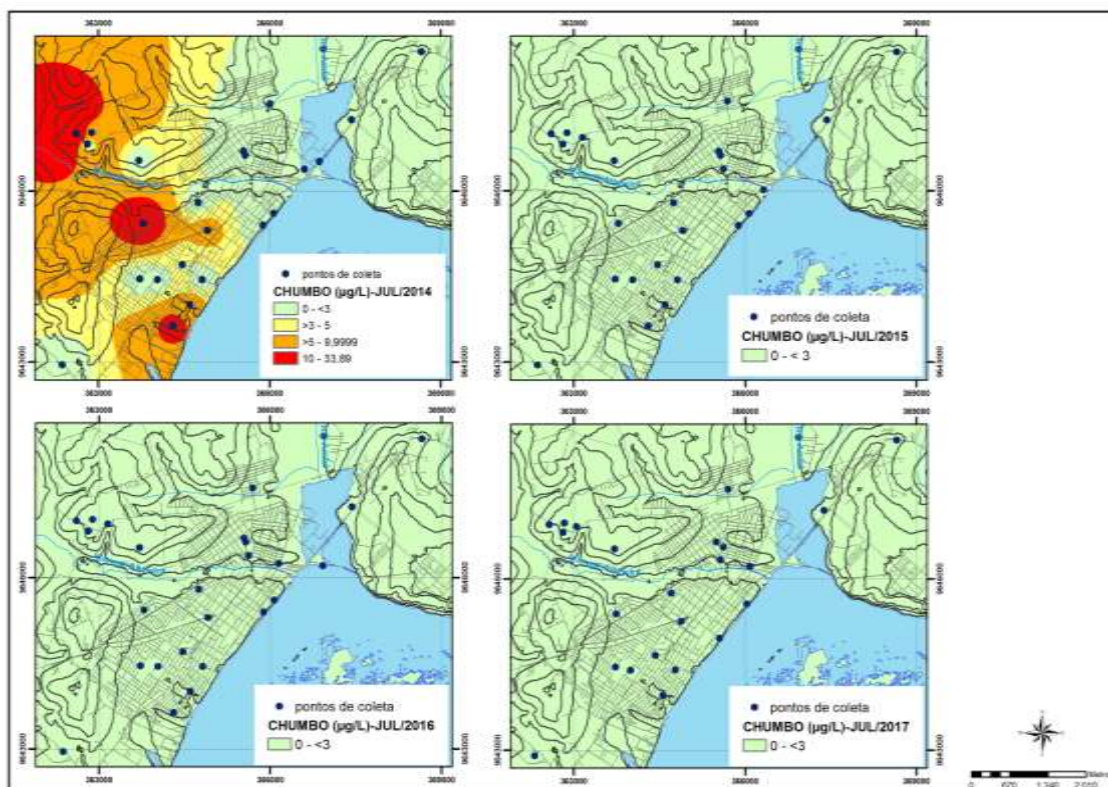


Figura 11.3.2 - 221 – Variação dos valores de chumbo nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

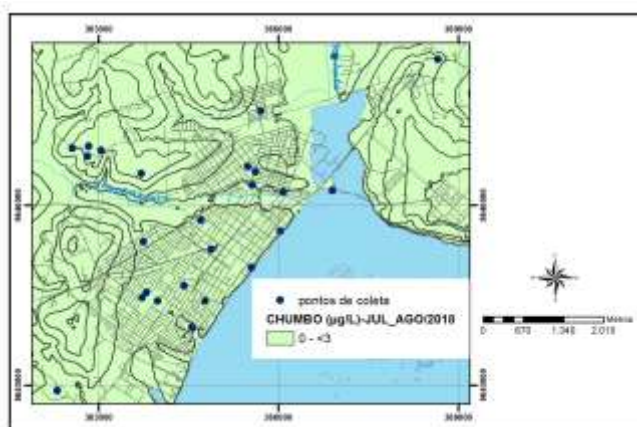


Figura 11.3.2 - 222 – Variação dos valores de chumbo no período de vazante - 2018, na área urbana de Altamira.

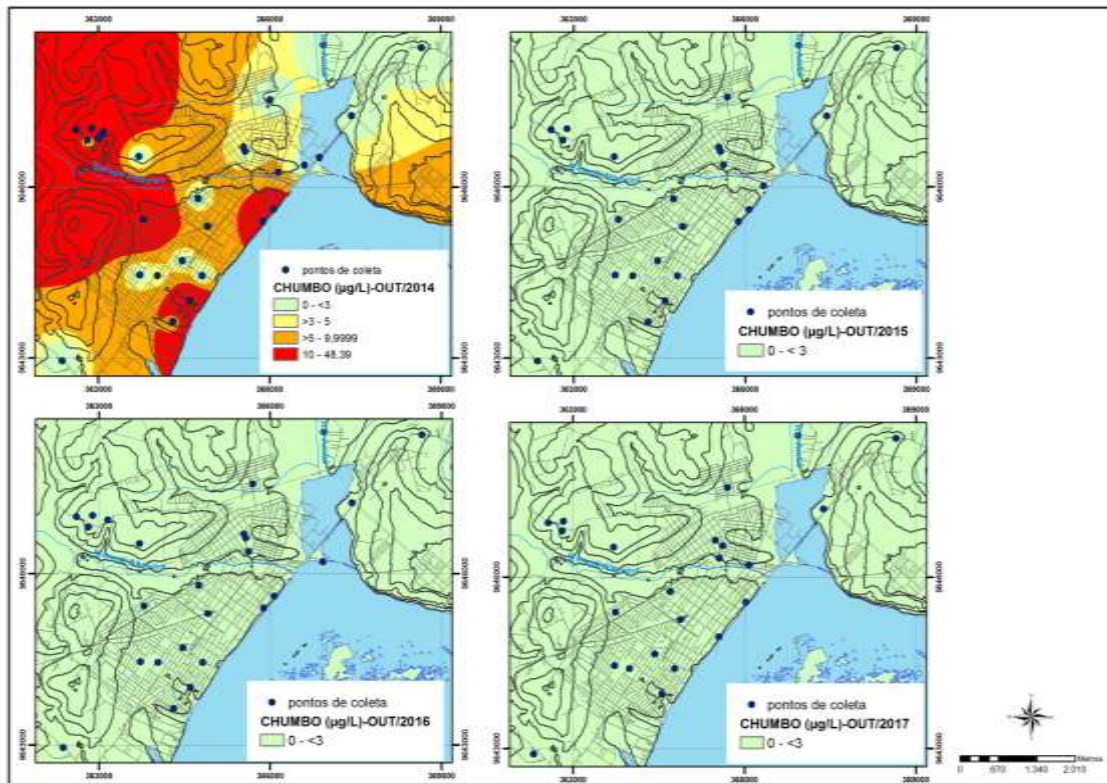


Figura 11.3.2 - 223 – Variação dos valores de chumbo nos períodos de seca – 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

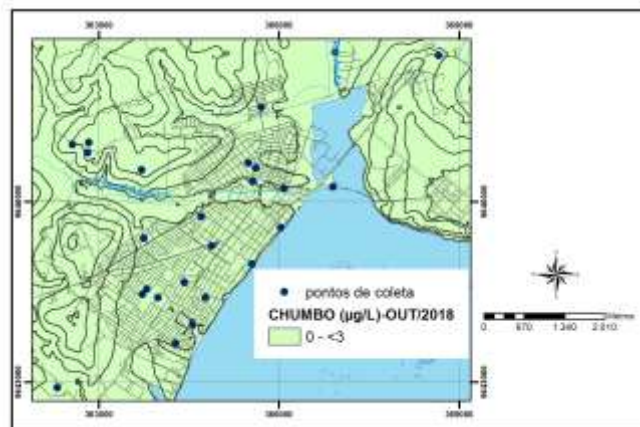


Figura 11.3.2 - 224 – Variação dos valores de chumbo no período de seca – 2018, na área urbana de Altamira.

11.3.2.2.3.4. pH

Na área urbana de Altamira, para os períodos de enchente, cheia para os anos de 2014 a 2019 (Figuras 11.3.2 - 225 a 228), bem como para os períodos de vazante e seca de 2014 a 2018 (Figuras 11.3.2 - 229 e 232), os dados mostram que a maior parte da cidade apresenta valores de pH fora do padrão de potabilidade recomendado

pela legislação vigente (6,0 - 9,5) em todos os períodos antes, durante e depois do enchimento do reservatório.

Devido ao regime de precipitação que é a principal fonte de recarga, além dos tipos de solos observados, que são naturalmente ácidos (com destaque para os latossolos), na região, as águas ácidas a levemente ácidas são comuns.

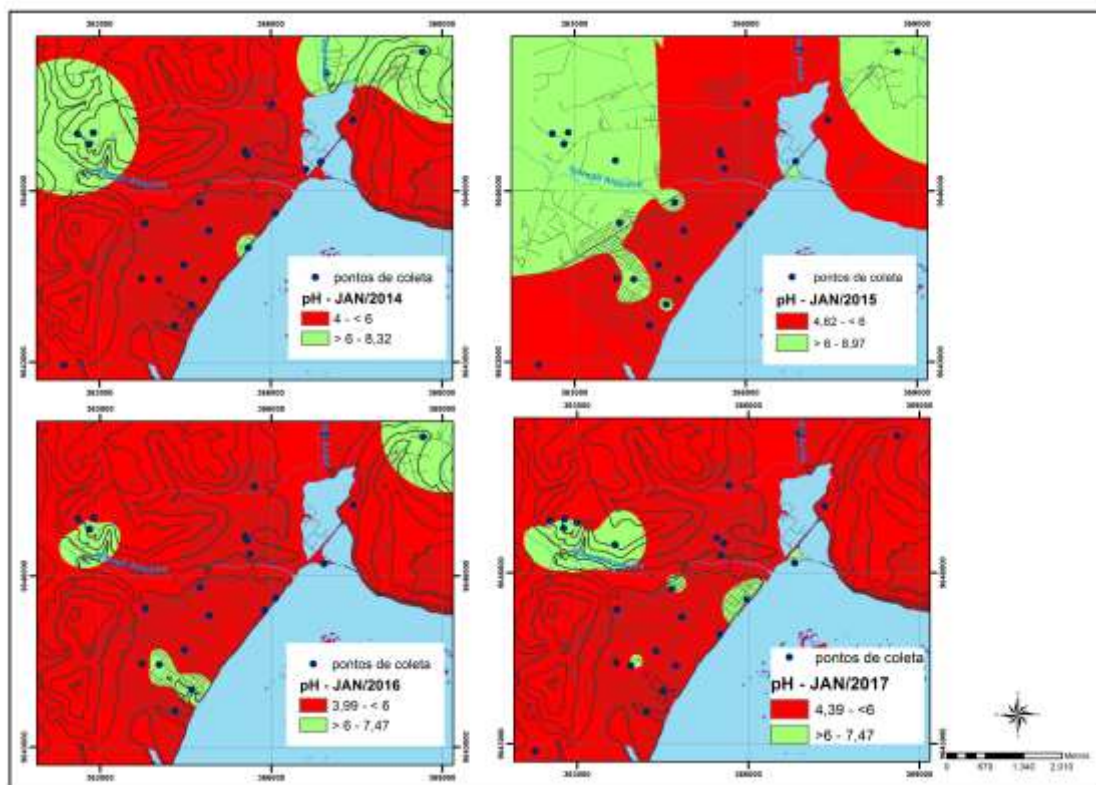


Figura 11.3.2 - 225 – Variação dos valores de pH nos períodos de enchente - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

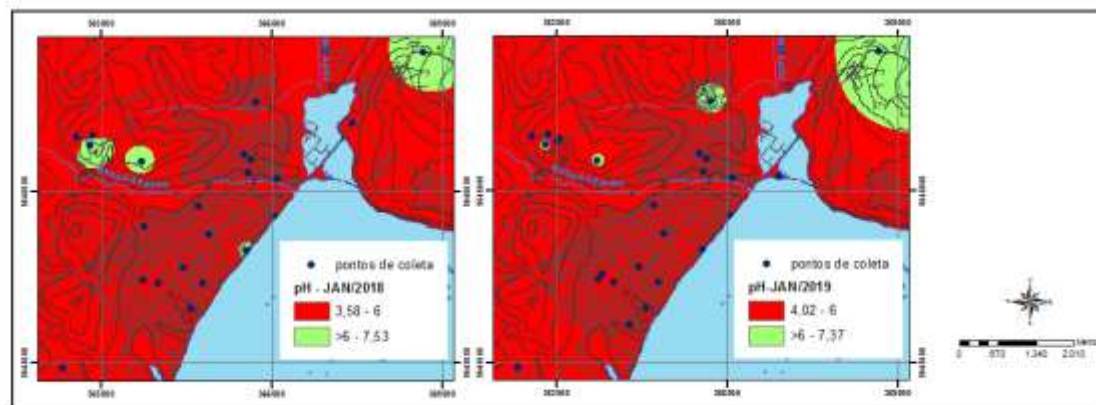


Figura 11.3.2 - 226 – Variação dos valores de pH no período de enchente - 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

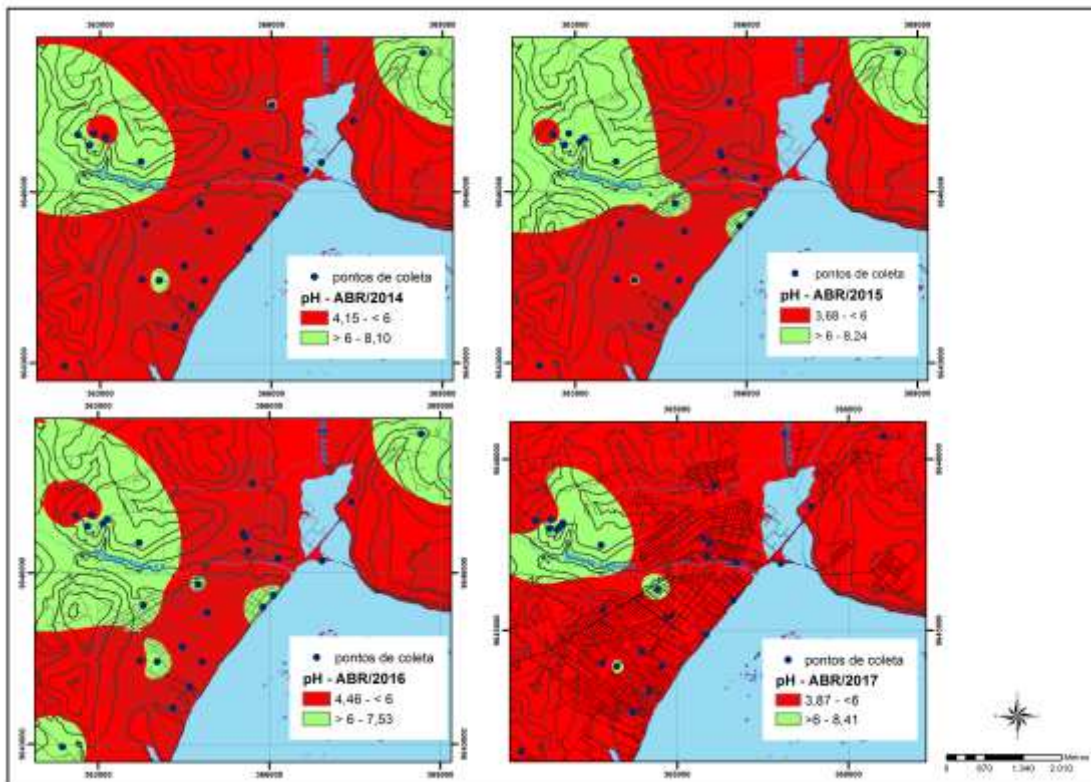


Figura 11.3.2 - 227 – Variação dos valores de pH nos períodos de cheia - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

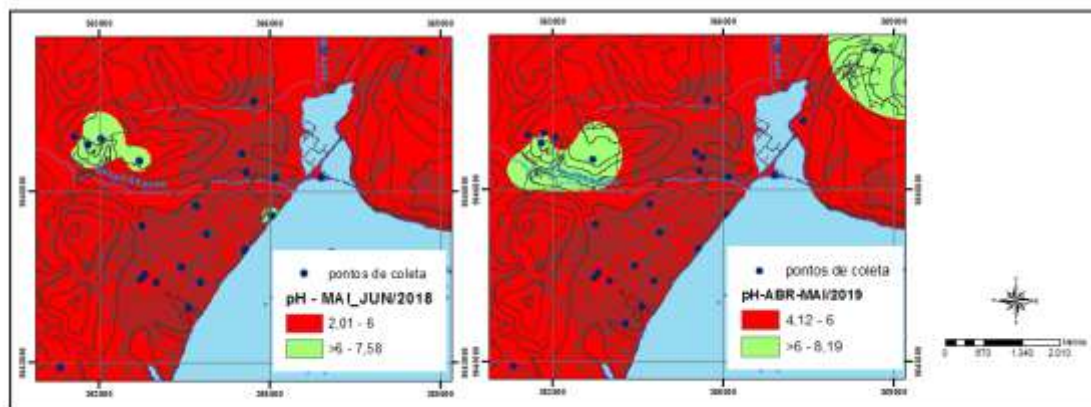


Figura 11.3.2 - 228 – Variação dos valores de pH no período de cheia – 2018 e 2019, na área urbana de Altamira.

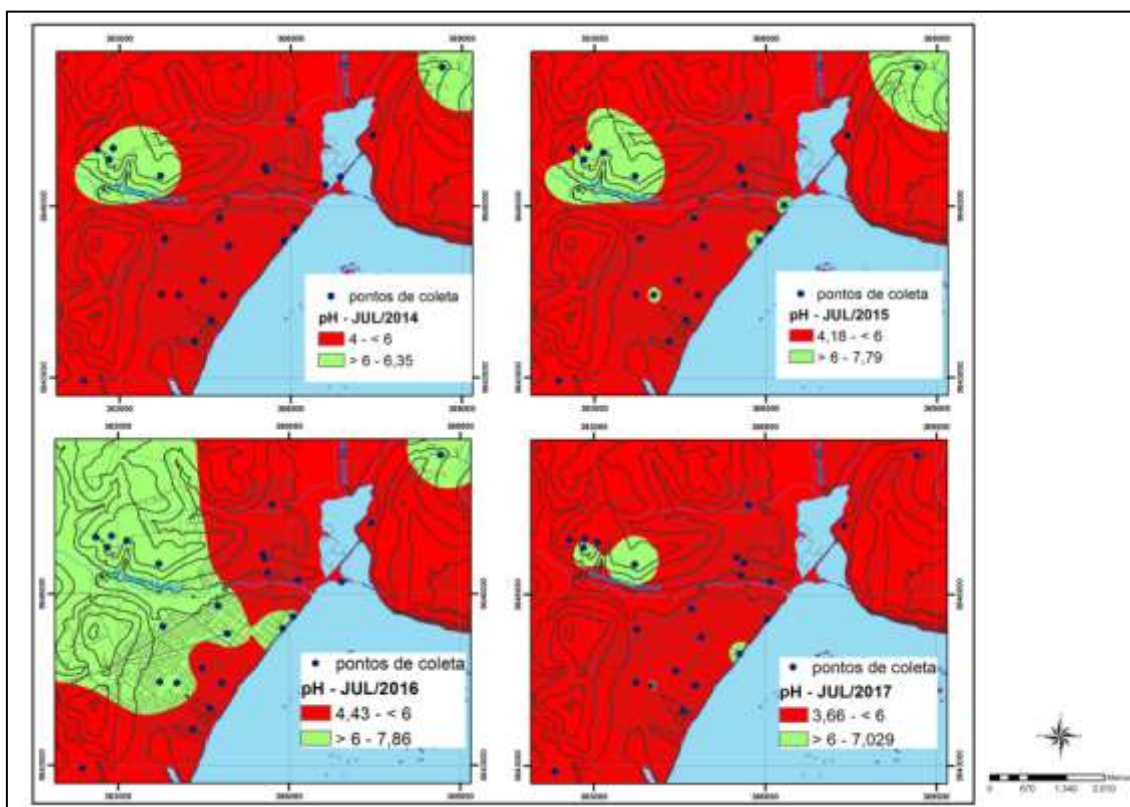


Figura 11.3.2 - 229 - Variação dos valores de pH nos períodos de vazante - 2014, 2015, 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

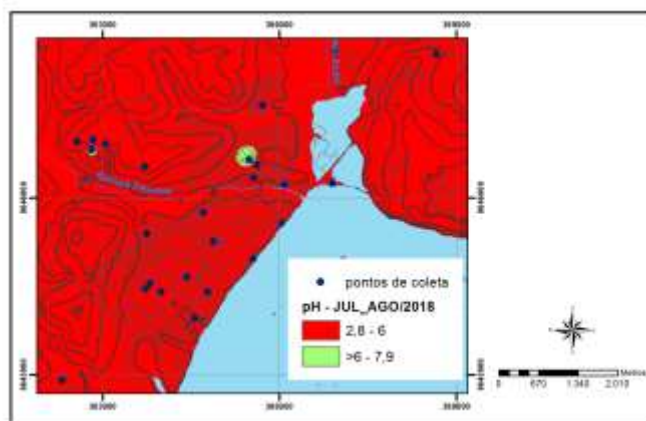


Figura 11.3.2 - 230 - Variação dos valores de pH no período de vazante - 2018, na área urbana de Altamira.

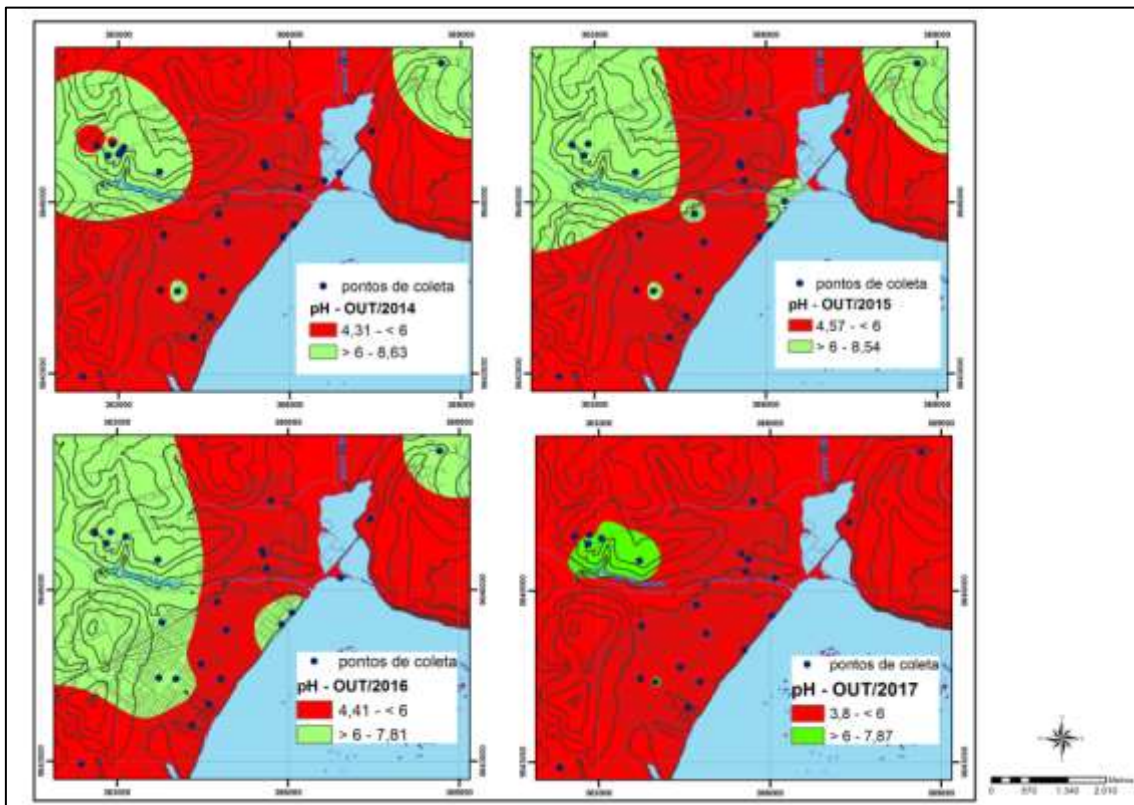


Figura 11.3.2 - 231 - Variação dos valores de pH nos períodos de seca - 2014, 2015 2016 e 2017, na área urbana de Altamira.

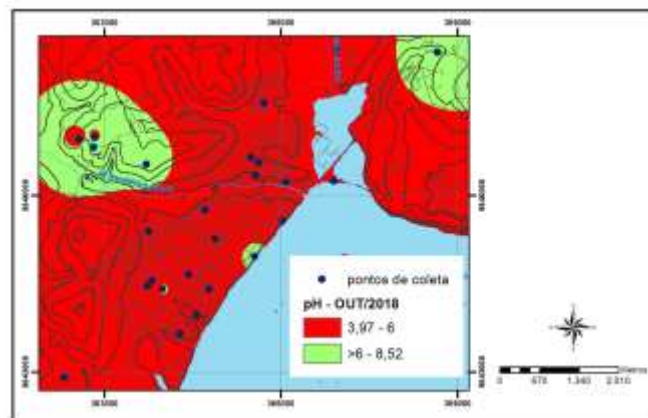


Figura 11.3.2 - 232 - Variação dos valores de pH no período de seca - 2018, na área urbana de Altamira.

11.3.2.2.4. MONITORAMENTO PARTICIPATIVO

Considerando que na região de abrangência da UHE Belo Monte existem áreas (protegidas ou não) que são habitadas e que foram estabelecidas para garantir os modos de vida e a sustentação de populações locais, tradicionais e indígenas que dependem diretamente de recursos naturais para sua subsistência e economia; a partir do primeiro semestre de 2019 foi adotado monitoramento participativo visando a interação entre diferentes agentes sociais, tais como gestores, pesquisadores,

colaboradores, comunitários e voluntários; um processo construído a partir do nível local incorporando as visões e os saberes tanto locais quanto acadêmicos, por meio da utilização de métodos de coleta, análise e avaliação que visam fortalecer o protagonismo social na gestão e no uso sustentável dos recursos naturais; neste caso, especificamente, no que se à água subterrânea e as encostas marginais.

Portanto, nos dias 07 e 08/05/2019, foram realizadas reuniões, em conjunto com a equipe de comunicação e socioambiental da Norte Energia, com as comunidades da Ressaca, Ilha da Fazenda e Garimpo do Galo, onde foi apresentado o escopo das atividades realizadas no âmbito da execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas e explicado o monitoramento participativo; sendo a campanha de coleta de dados já realizada com envolvimento de membros das comunidades da área de abrangência do empreendimento, sendo esses selecionados/indicados pelas próprias lideranças, considerando sua responsabilidade, capacidade e compromisso.

As informações e resultados dos dados obtidos durante as campanhas trimestrais serão disponibilizados para as comunidades no âmbito do ciclo de reuniões da Volta grande do Xingu realizado semestralmente nos períodos de seca e cheia nas comunidades localizadas ao longo do Trecho de Vazão Reduzida.

Seguem os Registros fotográfico das atividades referentes ao monitoramento participativo.



Figura 11.3.2 - 233 - Reunião na Comunidade Ressaca em 07/05/2019 para a escolha do responsável pelo monitoramento participativo.



Figura 11.3.2 - 234 - Representante da comunidade Ressaca participando da coleta de amostra de água em 07/05/2019.



Figura 11.3.2 - 235 - Reunião na Comunidade Ilha da Fazenda em 07/05/2019 para a escolha do responsável pelo monitoramento participativo.



Figura 11.3.2 - 236 - Representante da comunidade Ilha da Fazenda participando da coleta de amostra de água em 07/05/2019.



Figura 11.3.2 - 236-a - Reunião na Comunidade Garimpo do Galo em 08/05/2019 para a escolha do responsável pelo monitoramento participativo.



Figura 11.3.2 - 237 - Representante da comunidade Garimpo do Galo manuseando a sonda após coleta de amostra de água em 08/05/2019.

11.3.2.2.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Este item apresenta o tratamento estatístico dos dados considerando-se a recomendação do IBAMA (Of. 02001.001546/2017-50-COHID/IBAMA). Considerando que a partir de 2014 as coletas trimestrais passaram a ser realizadas nos mesmos períodos amostrais dos demais programas e projetos do PBA em execução, foram tratados os dados de janeiro/2014 a abril-maio/2019. Vale lembrar que o banco de dados (**16ºRC 11.3.2 PMQAS (30062019)**) apresenta os resultados laboratoriais de todos os pontos amostrados desde o início da execução do PBA 11.3.2 (outubro/2012 a outubro/2018).

Os resultados foram separados em quatro sítios amostrais em função das similaridades das características do meio físico dos locais amostrados: Altamira (área urbana com ocupação consolidada, com uso de fossas e posterior implantação de sistema de tratamento de esgoto pela Norte Energia); Volta Grande do Xingu - VGX (amostras coletadas em locais com ocupação, porém em menor magnitude, onde há

uso localizado de fossas); entorno do Reservatório Xingu e do Reservatório Intermediário (áreas rurais, em sua maioria com uso agrícola e/ou pastagem).

Para esse tratamento foi utilizada a Análise Multivariada de Componentes Principais (*Principal Component Analysis*). Os valores menores que os limites de detecção [LD] foram substituídos pelo próprio valor de LD (Exemplo: para valores <5, foi utilizado o valor 5), para que não houvesse vazios amostrais.

A) ÁREA URBANA DE ALTAMIRA

Para a área urbana de Altamira, foi avaliada uma matriz de ordem 535 X 16 (linhas X colunas), sendo eliminados pontos amostrais nos quais existiam dados faltantes (amostra não coletada por falta de acesso ou pelo fato de o poço/cisterna estar seco, danificado/destruído). Foram tratados apenas os que apresentaram resultados para todos os períodos analisados.

Utilizando o gráfico *screen-plot* (Figura 11.3.2 - 238) e observando os autovalores (Quadro 11.3.2 - 3) por ponto, que tendem a se estabilizar, chegou-se a sete componentes principais, as quais explicam 70% da variabilidade total dos dados. As duas primeiras componentes explicam juntas 33% da variabilidade dos dados.

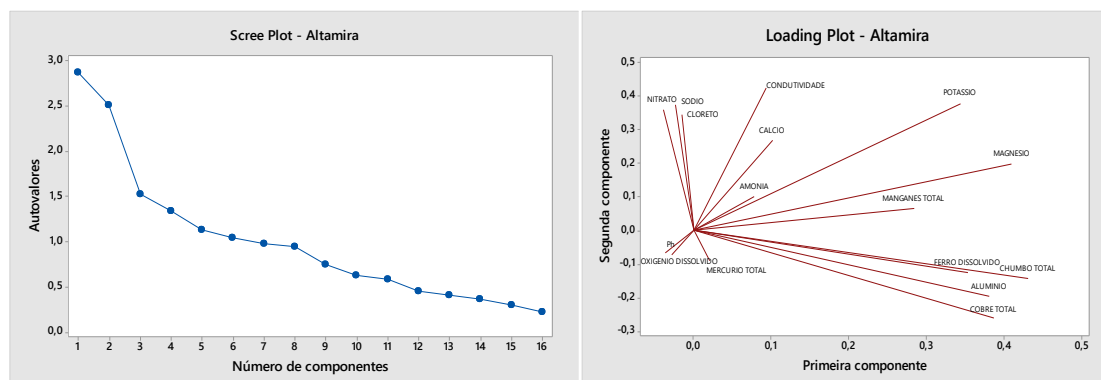


Figura 11.3.2 - 238 – Gráfico *screen-plot* das componentes principais – área urbana de Altamira.

Segundo Hair (2008)¹⁹, pesos $\pm 0,30$ a $\pm 0,40$ são considerados como atendendo ao nível mínimo para interpretação das variáveis. Segundo Liu *et al.* (2003)²⁰, pode-se classificar as cargas dos fatores das componentes principais, em valores absolutos, como fortes $>0,75$; moderadas de $0,75$ a $0,50$; e fracas de $0,50$ a $0,30$.

¹⁹ HAIR JR., J. F. et al. Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

²⁰ LIU, Cheng-Wuing; LIN, Kao-Hung; KUO, Yi-Ming. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. The Science of Total Environment, n. 313, p. 77-89, 2003

Quadro 11.3.2 - 4 – Principal Component Analysis

Resultados para: Altamira

Análise de Componentes Principais

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	2,7888	2,4367	1,4913	1,3198	1,1468	1,0324	0,9765	0,9409	0,773	0,6603
Proportion	0,174	0,152	0,093	0,082	0,072	0,065	0,061	0,059	0,048	0,041
Cumulative	0,174	0,327	0,420	0,502	0,574	0,638	0,700	0,758	0,807	0,848

Eigenvalue	0,5871	0,4933	0,4304	0,3710	0,3229	0,2286
Proportion	0,037	0,031	0,027	0,023	0,020	0,014
Cumulative	0,885	0,915	0,942	0,966	0,986	1,000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Ph	-0,029	-0,072	0,632	0,220	0,187	-0,137	-0,275
CONDUTIVIDADE	0,093	0,425	0,137	0,111	-0,062	0,082	-0,115
OXIGENIO DISSOLVIDO	-0,036	-0,067	-0,076	0,408	0,257	0,281	0,666
NITRATO	-0,040	0,360	-0,511	-0,036	-0,081	-0,116	-0,092
AMONIA	0,078	0,101	0,036	0,447	-0,580	0,364	-0,073
CLORETO	-0,015	0,345	-0,216	0,154	0,161	-0,230	-0,155
POTASSIO	0,343	0,379	0,017	-0,179	-0,040	0,133	0,167
MAGNESIO	0,409	0,200	0,126	-0,304	0,094	0,173	0,244
SODIO	-0,023	0,374	0,027	0,365	0,222	-0,112	-0,213
CALCIO	0,102	0,269	0,309	0,096	0,310	0,010	0,141
FERRO DISSOLVIDO	0,353	-0,124	0,026	0,307	-0,341	-0,021	-0,074
ALUMINIO	0,381	-0,195	-0,234	0,078	0,294	-0,028	-0,253
CHUMBO TOTAL	0,431	-0,143	-0,148	0,198	0,187	-0,119	0,013
COBRE TOTAL	0,387	-0,261	-0,088	0,103	-0,005	-0,228	-0,018
MERCURIO TOTAL	0,020	-0,089	-0,106	-0,097	0,290	0,752	-0,451
MANGANES TOTAL	0,284	0,067	0,243	-0,350	-0,219	-0,056	-0,059

Foram geradas médias (**Quadro 11.3.2 - 4**) para os elementos mais representativos com as componentes principais definidas, por período - enchente, cheia, vazante e seca - nas fases antes/durante (**Figura 11.3.2 - 239**) e após o enchimento do reservatório (**Figura 11.3.2 - 240**).

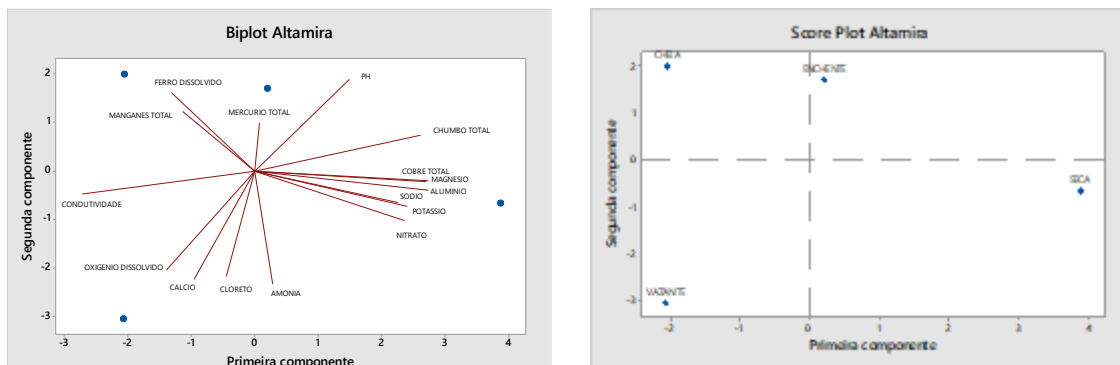


Figura 11.3.2 - 239 – Gráficos para as fases antes e durante o enchimento.

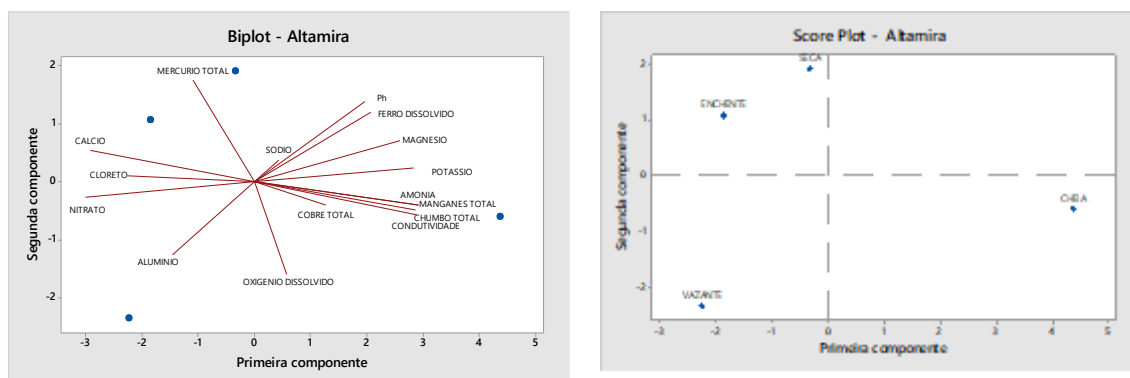


Figura 11.3.2 - 240 – Gráficos para as fases após o enchimento.

Como pode-se observar no **Quadro 11.3.2 - 5**, a seguir:

pH: não houve variação significativa nos períodos pré e pós-enchimento;

condutividade: valores médios mais altos no período de cheia após o enchimento; para os períodos de enchente, vazante e seca os valores médios mais elevados foram concentrados nas amostragens pré-enchimento;

nitrato: para os períodos de seca, valores médios mais elevados antes do enchimento. O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica;

cloreto: valores médios mais elevados nos períodos pré-enchimento, exceto para o período de enchente;

amônia: valores médios mais elevados em todos períodos nas amostragens realizadas antes do enchimento;

As correlações entre componentes principais são baixas na maior parte dos casos e apenas em poucas situações chegam a moderada (como exemplo pH 0,632, nitrato - 0,511, amônia -0,580 - em função dos valores mais elevados registrados na coleta de maio-junho/2018 e Hg +0,752, que apresenta a correlação mais forte, com valor máximo em um ponto amostral de 2,1 mg/L).

A baixa correlação estatística entre as várias componentes destacadas indica que os resultados das análises de águas são mais controlados pelas cargas de contaminação inseridas nos aquíferos freáticos que pelos aspectos naturais (como geologia e solos). Haveria uma tendência de maior estabilidade química e correlação mais forte entre os elementos com hidroquímica similar, como os pares Ca e Mg, Fe e Mn, ou Na e K, se os controles geogênicos e pedogênicos fossem mais importantes.

Quadro 11.3.2 - 5 – Médias Altamira, antes e após o enchimento

ALTAMIRA - JAN_14_A_JAN_16 – pré/durante o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,666
	ENCHENTE	5,633
	SECA	5,680
	VAZANTE	5,385
CONDUTIVIDADE	CHEIA	212,9
	ENCHENTE	183,8
	SECA	163,1
	VAZANTE	219,1
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	2,423
	ENCHENTE	2,441
	SECA	2,422
	VAZANTE	3,154
NITRATO	CHEIA	6,24
	ENCHENTE	6,26
	SECA	8,96
	VAZANTE	6,95
AMONIA	CHEIA	0,2938
	ENCHENTE	0,279
	SECA	0,516
	VAZANTE	0,639
CLORETO	CHEIA	17,93
	ENCHENTE	14,16
	SECA	20,34
	VAZANTE	25,04
POTASSIO	CHEIA	3,458
	ENCHENTE	3,330
	SECA	4,681
	VAZANTE	3,560
MAGNESIO	CHEIA	1,776
	ENCHENTE	1,888
	SECA	2,375
	VAZANTE	1,763
SODIO	CHEIA	18,65
	ENCHENTE	21,67
	SECA	22,29
	VAZANTE	20,57
CALCIO	CHEIA	9,31
	ENCHENTE	8,82
	SECA	10,21
	VAZANTE	14,66
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	1,214
	ENCHENTE	0,889
	SECA	0,833
	VAZANTE	0,816
ALUMINIO	CHEIA	1,920
	ENCHENTE	3,266
	SECA	7,53
	VAZANTE	2,445
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00427
	ENCHENTE	0,00551
	SECA	0,00620
	VAZANTE	0,003726
COBRE TOTAL	CHEIA	0,0411

ENCHENTE	0,0483
SECA	0,1008
VAZANTE	0,0384

Variable	PERIODO	Mean
MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000558
	ENCHENTE	0,000696
	SECA	0,000560
	VAZANTE	0,000569
MANGANES TOTAL	CHEIA	0,462
	ENCHENTE	0,2161
	SECA	0,2512
	VAZANTE	0,2294

ALTAMIRA - ABR_16_A_Abr/Mai_19 – após o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,392
	ENCHENTE	5,266
	SECA	5,429
	VAZANTE	5,110
CONDUTIVIDADE	CHEIA	329,4
	ENCHENTE	129,6
	SECA	153,9
	VAZANTE	164,3
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	2,506
	ENCHENTE	2,069
	SECA	1,0960
	VAZANTE	2,543
NITRATO	CHEIA	7,050
	ENCHENTE	9,13
	SECA	8,31
	VAZANTE	9,35
AMONIA	CHEIA	0,221
	ENCHENTE	0,010135
	SECA	0,010000
	VAZANTE	0,010133
CLORETO	CHEIA	15,59
	ENCHENTE	17,13
	SECA	15,81
	VAZANTE	16,38
POTASSIO	CHEIA	4,818
	ENCHENTE	4,046
	SECA	3,925
	VAZANTE	3,591
MAGNESIO	CHEIA	4,416
	ENCHENTE	3,701
	SECA	3,541
	VAZANTE	2,787
SODIO	CHEIA	17,51
	ENCHENTE	18,31
	SECA	16,30
	VAZANTE	16,44
CALCIO	CHEIA	9,854
	ENCHENTE	12,23
	SECA	11,90
	VAZANTE	11,85
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,2775
	ENCHENTE	0,1831
	SECA	0,298

	VAZANTE	0,1323		ENCHENTE	0,0404
				SECA	0,0457
ALUMINIO	CHEIA	1,773		VAZANTE	0,0447
	ENCHENTE	1,606			
	SECA	2,344	MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000868
	VAZANTE	3,688		ENCHENTE	0,0219
				SECA	0,0299
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,004155		VAZANTE	0,000987
	ENCHENTE	0,003000			
	SECA	0,003000	MANGANES TOTAL	CHEIA	0,827
	VAZANTE	0,003000		ENCHENTE	0,444
				SECA	0,579
COBRE TOTAL	CHEIA	0,0451		VAZANTE	0,553

B) VOLTA GRANDE DO XINGU

Para a região denominada Volta Grande do Xingu – VGX, foi utilizada uma matriz de ordem 206 X 16 (linhas X colunas), resultados de amostras dos períodos de 2014 a maio de 2019. Utilizando o gráfico *screen-plot* (**Figura 11.3.2 - 241**) e observando os autovalores (**Quadro 11.3.2 - 6**) por ponto, que tendem a se estabilizar, chegou-se a sete componentes principais, as quais explicam a variabilidade total dos dados.

Quadro 11.3.2 - 6 – Principal Component Analysis

Resultados para: VGX

Análise de Componentes Principais

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	2,8590	2,0675	1,5288	1,3339	1,1873	1,1198	0,8956	0,8447	0,7592	0,7126
Proportion	0,179	0,129	0,096	0,083	0,074	0,070	0,056	0,053	0,047	0,045
Cumulative	0,179	0,308	0,403	0,487	0,561	0,631	0,687	0,740	0,787	0,832

Eigenvalue	0,7083	0,5298	0,4465	0,3694	0,3503	0,2872
Proportion	0,044	0,033	0,028	0,023	0,022	0,018
Cumulative	0,876	0,909	0,937	0,960	0,982	1,000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Ph	0,256	0,122	0,443	-0,318	-0,283	-0,101	0,152
CONDUTIVIDADE	0,443	0,006	0,238	0,047	0,020	0,036	0,123
OXIGENIO DISSOLVIDO	-0,022	0,066	0,037	0,675	0,183	0,014	0,051
NITRATO	0,167	-0,117	-0,380	0,213	0,048	-0,318	0,627
AMONIA	-0,054	-0,271	0,351	0,318	0,060	0,092	0,080
CLORETO	0,039	-0,051	-0,239	-0,136	0,170	0,732	0,399
POTASSIO	0,324	-0,251	-0,303	0,142	0,058	-0,141	-0,336
MAGNESIO	0,465	-0,027	0,075	0,040	0,094	-0,235	0,071
SODIO	0,351	-0,084	-0,278	-0,062	0,174	0,201	-0,481
CALCIO	0,451	0,106	0,191	-0,046	0,185	0,271	0,074
FERRO DISSOLVIDO	-0,022	-0,439	0,291	0,082	0,076	0,090	-0,080
ALUMINIO	-0,122	-0,437	-0,113	-0,277	0,007	0,046	0,092
CHUMBO TOTAL	-0,071	-0,552	0,226	0,033	0,023	0,032	-0,026
COBRE TOTAL	-0,103	0,012	0,162	-0,196	0,619	-0,180	0,107
MERCURIO TOTAL	-0,065	-0,011	-0,021	-0,298	0,529	-0,288	-0,008
MANGANES TOTAL	0,150	-0,347	-0,184	-0,190	-0,324	-0,169	0,139

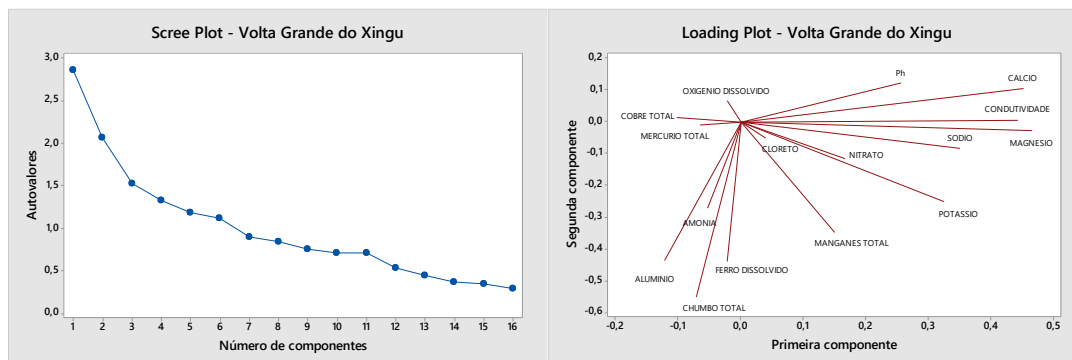


Figura 11.3.2 - 241 – Gráfico *scree-plot* das componentes principais – VGX.

Foram geradas médias (**Quadro 11.3.2 - 7**) para os elementos mais representativos com as componentes principais definidas por período enchente, cheia, vazante e seca, nas fases antes/durante (**Figura 11.3.2 - 242**) e após o enchimento do reservatório (**Figura 11.3.2 - 243**).

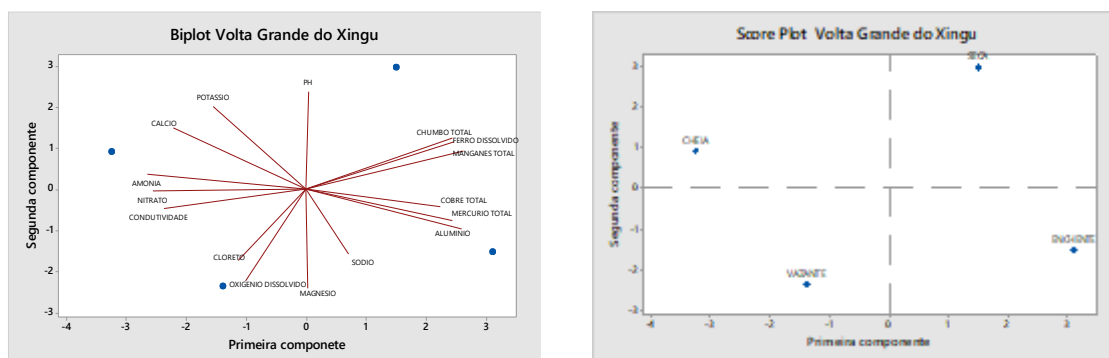


Figura 11.3.2 - 242 – Gráficos para as fases antes e durante o enchimento.

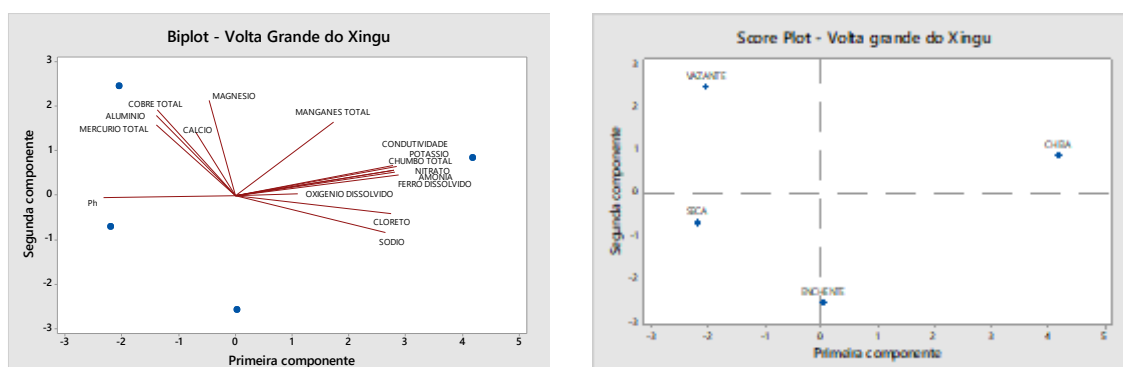


Figura 11.3.2 - 243 – Gráficos para as fases após o enchimento.

Como pode-se observar no **Quadro 11.3.2 - 7**, a seguir:

pH: os valores médios foram mais baixos em todos os períodos pós enchimento, coincidindo com maior entrada de águas das chuvas naturalmente mais ácidas;

condutividade: valores médios mais elevados nos períodos de enchente, seca e vazante após o enchimento. Flutuações nos valores de condutividade podem indicar perturbação do sistema por interferência humana como, por exemplo, por meio do

despejo de efluentes, ou por causas naturais, como inundações e secas. A quantidade de chuva também pode afetar a condutividade, tendo em vista que a água pluvial é tipicamente um pouco mais condutiva devido à dissolução de partículas suspensas no ar;

nitrato: valores médios um pouco mais elevados em todos os períodos após o enchimento;

cloreto: valores médios mais elevados no período de vazante pré-enchimento; nos demais períodos hidrológicos, valores médios mais elevados pós-enchimento;

chumbo: valores médios mais elevados para o período de cheia após o enchimento devido à presença de chumbo em duas amostras, coletadas em maio-junho/2018;

sódio, magnésio e potássio: valores médios mais elevados para todos os períodos após o enchimento;

cálcio: valores médios mais altos em todos os períodos antes do enchimento dos reservatórios;

Na região da VGX, assim como na área urbana de Altamira, as correlações são em sua maioria baixas; apenas algumas são consideradas moderadas, para nitrato 0,627, mercúrio 0,529 e oxigênio dissolvido 0,675. Tal comportamento ratifica a contaminação do aquífero freático, pois nitrato e cloreto em associação com o sódio são os principais indicadores da contaminação por efluentes domésticos, que integram os aquíferos a partir da infiltração em fossas e de esgotos lançados superficialmente.

Quadro 11.3.2 - 7 – Médias VGX, antes e após o enchimento.

VGX - JAN_14_A_JAN_16 – pré/durante o enchimento			VAZANTE		3,816
Descriptive Statistics:					
Variable	PERIODO	Mean			
Ph	CHEIA	6,420	SODIO	CHEIA	10,39
	ENCHENTE	6,137		ENCHENTE	11,39
	SECA	6,598		SECA	9,25
	VAZANTE	5,949		VAZANTE	10,07
CONDUTIVIDADE	CHEIA	167,5	CALCIO	CHEIA	15,44
	ENCHENTE	129,4		ENCHENTE	13,28
	SECA	114,4		SECA	14,82
	VAZANTE	138,8		VAZANTE	14,30
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	2,900	FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,2269
	ENCHENTE	2,945		ENCHENTE	0,442
	SECA	2,569		SECA	0,519
	VAZANTE	3,292		VAZANTE	0,2048
NITRATO	CHEIA	1,645	ALUMINIO	CHEIA	1,165
	ENCHENTE	0,588		ENCHENTE	4,25
	SECA	0,501		SECA	1,88
	VAZANTE	0,907		VAZANTE	1,418
AMONIA	CHEIA	0,1853	CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00331
	ENCHENTE	0,0433		ENCHENTE	0,00526
	SECA	0,0621		SECA	0,00607
	VAZANTE	0,0930		VAZANTE	0,00357
CLORETO	CHEIA	6,53	COBRE TOTAL	CHEIA	0,00992
	ENCHENTE	5,80		ENCHENTE	0,0258
	SECA	4,27		SECA	0,01169
	VAZANTE	18,4		VAZANTE	0,00641
POTASSIO	CHEIA	2,250	MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000365
	ENCHENTE	1,909		ENCHENTE	0,000700
	SECA	2,212		SECA	0,000550
	VAZANTE	1,996		VAZANTE	0,000550
MAGNESIO	CHEIA	3,545	MANGANES TOTAL	CHEIA	0,1042
	ENCHENTE	3,735		ENCHENTE	0,1443
	SECA	3,409		SECA	0,1468
				VAZANTE	0,1027

VGX - ABR_16_A_ABR-MAI_19 – após o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean			
Ph	CHEIA	5,517	CALCIO	CHEIA	9,87
	ENCHENTE	5,625		ENCHENTE	9,94
	SECA	6,186		SECA	9,60
	VAZANTE	5,804		VAZANTE	10,62
CONDUTIVIDADE	CHEIA	163,9	FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,645
	ENCHENTE	79,42		ENCHENTE	0,10000
	SECA	60,93		SECA	0,10000
	VAZANTE	81,11		VAZANTE	0,10000
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	2,197	ALUMINIO	CHEIA	2,155
	ENCHENTE	2,715		ENCHENTE	1,687
	SECA	0,786		SECA	2,380
	VAZANTE	2,359		VAZANTE	3,019
NITRATO	CHEIA	2,96	CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,004486
	ENCHENTE	1,259		ENCHENTE	0,003000
	SECA	0,994		SECA	0,003000
	VAZANTE	1,119		VAZANTE	0,002964
AMONIA	CHEIA	0,0400	COBRE TOTAL	CHEIA	0,01814
	ENCHENTE	0,010000		ENCHENTE	0,01365
	SECA	0,010000		SECA	0,02107
	VAZANTE	0,010000		VAZANTE	0,02393
CLORETO	CHEIA	7,58	MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000863
	ENCHENTE	7,17		ENCHENTE	0,00212
	SECA	6,06		SECA	0,001000
	VAZANTE	6,34		VAZANTE	0,0292
POTASSIO	CHEIA	3,594	MANGANES TOTAL	CHEIA	0,580
	ENCHENTE	2,885		ENCHENTE	0,1360
	SECA	2,866		SECA	0,295
	VAZANTE	2,927		VAZANTE	0,405
MAGNESIO	CHEIA	4,133			
	ENCHENTE	3,902			
	SECA	4,052			
	VAZANTE	4,337			
SODIO	CHEIA	12,24			
	ENCHENTE	12,05			
	SECA	11,20			

C) ENTORNO DOS RESERVATÓRIOS XINGU (RX) E INTERMEDIÁRIO (RI)

Para a região do entorno do Reservatório Xingu (RX) foi utilizada matriz de ordem 151 X 16 (linhas X colunas) com dados de amostras dos períodos de 2014 a maio de 2019.

Quadro 11.3.2 - 8 – Principal Component Analysis

Resultados para: RX

Análise de Componentes Principais

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	2,7709	1,8667	1,8307	1,5302	1,2847	1,2116	0,9626	0,8751	0,7579	0,6380
Proportion	0,173	0,117	0,114	0,096	0,080	0,076	0,060	0,055	0,047	0,040
Cumulative	0,173	0,290	0,404	0,500	0,580	0,656	0,716	0,771	0,818	0,858

Eigenvalue	0,5654	0,4425	0,4118	0,3841	0,2591	0,2086
Proportion	0,035	0,028	0,026	0,024	0,016	0,013
Cumulative	0,893	0,921	0,947	0,971	0,987	1,000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Ph	0,094	-0,375	0,316	-0,074	-0,115	-0,319	-0,154
CONDUTIVIDADE	0,379	-0,236	0,005	0,018	-0,017	0,232	0,225
OXIGENIO DISSOLVIDO	-0,060	0,145	0,038	0,121	-0,513	0,231	0,541
NITRATO	0,391	0,182	-0,277	0,033	-0,069	0,059	-0,320
AMONIA	0,053	-0,124	0,043	0,001	-0,551	0,149	-0,422
CLORETO	0,278	0,299	-0,149	-0,447	-0,061	-0,261	0,242
POTASSIO	0,365	-0,219	-0,087	0,307	0,097	0,374	0,125
MAGNESIO	0,432	-0,279	-0,065	0,100	0,158	0,066	-0,052
SODIO	0,157	-0,327	0,181	-0,283	0,189	-0,240	0,389
CALCIO	0,374	0,262	-0,277	-0,269	-0,149	-0,145	-0,064
FERRO DISSOLVIDO	-0,029	-0,385	0,101	-0,418	-0,338	0,067	-0,151
ALUMINIO	-0,144	-0,026	-0,063	-0,502	0,031	0,506	0,037
CHUMBO TOTAL	-0,227	-0,200	-0,476	-0,008	-0,097	0,101	0,165
COBRE TOTAL	-0,134	-0,191	-0,455	0,060	0,046	-0,218	-0,120
MERCURIO TOTAL	-0,075	0,066	0,053	-0,299	0,436	0,377	-0,221
MANGANES TOTAL	-0,172	-0,338	-0,475	-0,045	0,038	-0,119	0,074

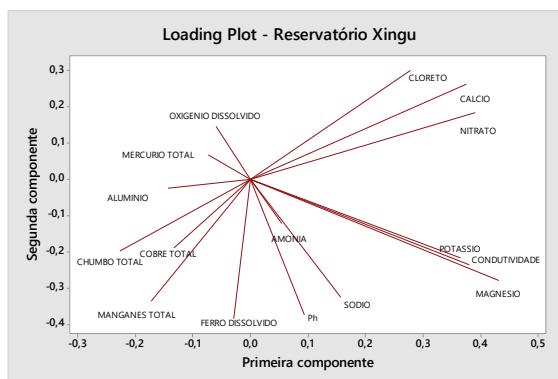
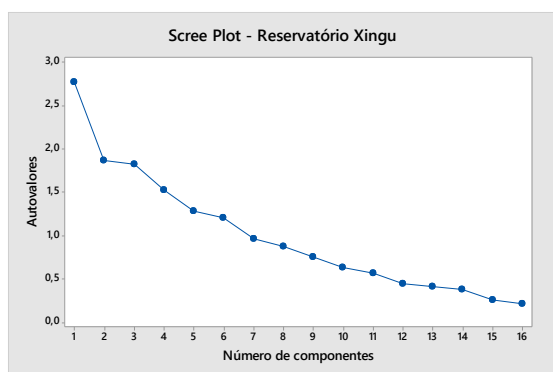


Figura 11.3.2 - 244 – Gráfico *screen-plot* das componentes principais – RX.

Com as componentes principais definidas, foram geradas médias para os elementos mais representativos (Quadro 11.3.2 - 9) por período enchente, cheia, vazante e seca, nas fases antes/durante (Figura 11.3.2 - 245) e após o enchimento do reservatório (Figura 11.3.2 - 246).

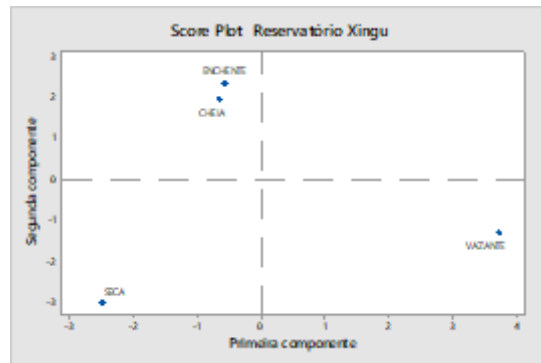
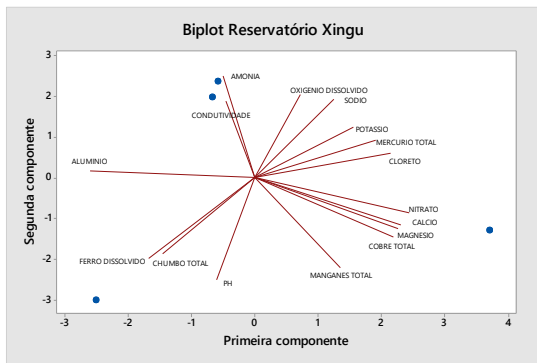


Figura 11.3.2 - 245 – Gráficos para as fases antes e durante o enchimento.

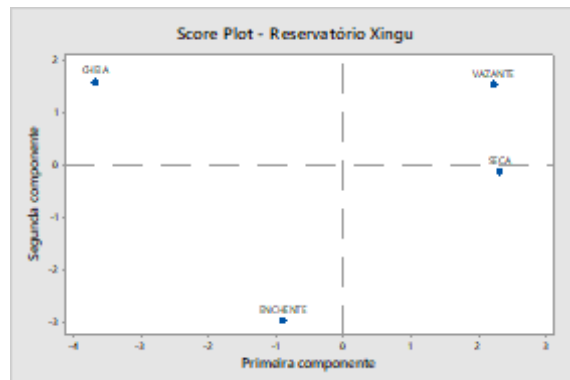
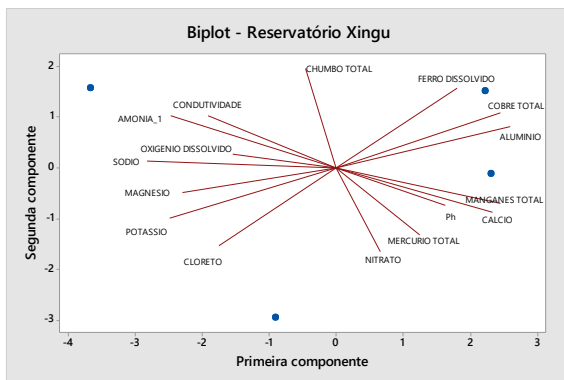


Figura 11.3.2 - 246 – Gráficos para as fases após o enchimento.

Como pode-se observar no **Quadro 11.3.2 – 9**, a seguir:

pH: a média dos valores similar em todos os períodos;

condutividade: valores médios mais altos no período de cheia e seca após o enchimento;

nitrato: valores médios mais altos em todos os períodos após o enchimento do reservatório; assim como o cloreto e, para a amônia, média de valores mais elevados em todos os períodos antes do enchimento;

ferro dissolvido: valores médios mais elevados para todos os períodos antes do enchimento;

As correlações em sua maioria também são consideradas baixas; as consideradas moderadas foram observadas para oxigênio dissolvido 0,513, alumínio 0,506 e amônia +0,551.

Quadro 11.3.2 - 9 – Médias RX, antes e após o enchimento.

RX - JAN_14_A_JAN_16 – pré/durante o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,513
	ENCHENTE	5,435
	SECA	5,821
	VAZANTE	5,627
CONDUTIVIDADE	CHEIA	66,5
	ENCHENTE	55,48
	SECA	50,69
	VAZANTE	51,58
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	3,401
	ENCHENTE	2,707
	SECA	2,025
	VAZANTE	2,696
NITRATO	CHEIA	0,539
	ENCHENTE	0,4445
	SECA	0,488
	VAZANTE	0,897
AMONIA	CHEIA	0,1067
	ENCHENTE	0,1257
	SECA	0,0550
	VAZANTE	0,0611
CLORETO	CHEIA	7,20
	ENCHENTE	4,540
	SECA	3,459
	VAZANTE	8,00
POTASSIO	CHEIA	2,062
	ENCHENTE	2,465
	SECA	1,956
	VAZANTE	2,352
MAGNESIO	CHEIA	0,662
	ENCHENTE	0,828
	SECA	0,941
	VAZANTE	1,826
SODIO	CHEIA	5,13
	ENCHENTE	6,53
	SECA	3,941
	VAZANTE	5,63
CALCIO	CHEIA	2,969
	ENCHENTE	2,128
	SECA	2,997
	VAZANTE	6,27
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,489
	ENCHENTE	0,356
	SECA	1,337
	VAZANTE	0,414
ALUMINIO	CHEIA	3,25
	ENCHENTE	3,60
	SECA	4,08
	VAZANTE	1,552
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00758
	ENCHENTE	0,01324
	SECA	0,0223
	VAZANTE	0,01096
COBRE TOTAL	CHEIA	0,00651
	ENCHENTE	0,00534
	SECA	0,01588
	VAZANTE	0,0459
MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000580
	ENCHENTE	0,000700
	SECA	0,000550
	VAZANTE	0,000700
MANGANES TOTAL	CHEIA	0,171
	ENCHENTE	0,1461
	SECA	0,266
	VAZANTE	0,319

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,081
	ENCHENTE	5,453
	SECA	5,228
	VAZANTE	5,519
CONDUTIVIDADE	CHEIA	133,8
	ENCHENTE	43,75
	SECA	81,2
	VAZANTE	41,75
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	2,616
	ENCHENTE	2,460
	SECA	0,936
	VAZANTE	2,606
NITRATO	CHEIA	1,207
	ENCHENTE	1,399
	SECA	1,250
	VAZANTE	1,312
AMONIA	CHEIA	0,0726
	ENCHENTE	0,010000
	SECA	0,007750
	VAZANTE	0,010000
CLORETO	CHEIA	7,59
	ENCHENTE	8,04
	SECA	7,36
	VAZANTE	6,54
POTASSIO	CHEIA	3,358
	ENCHENTE	3,398
	SECA	3,123
	VAZANTE	3,124
MAGNESIO	CHEIA	3,036
	ENCHENTE	3,061
	SECA	2,611
	VAZANTE	2,846
SODIO	CHEIA	8,73
	ENCHENTE	7,77
	SECA	6,50
	VAZANTE	6,91
CALCIO	CHEIA	5,37
	ENCHENTE	6,76
	SECA	6,52
	VAZANTE	6,94
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,1639
	ENCHENTE	0,1390
	SECA	0,1795
	VAZANTE	0,215
ALUMINIO	CHEIA	1,638
	ENCHENTE	1,818
	SECA	3,000
	VAZANTE	3,61
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00757
	ENCHENTE	0,003350
	SECA	0,00435
	VAZANTE	0,00785
COBRE TOTAL	CHEIA	0,01696
	ENCHENTE	0,01025
	SECA	0,0488
	VAZANTE	0,0542
MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000896
	ENCHENTE	0,00345
	SECA	0,00496
	VAZANTE	0,001006
MANGANES TOTAL	CHEIA	0,2045
	ENCHENTE	0,318
	SECA	0,428
	VAZANTE	0,318

RX - ABR_16_A_MAI_19 – após o enchimento

Para a região do entorno do Reservatório Intermediário foi utilizada matriz de ordem 77 X 16 (linhas X colunas) com dados de amostras em períodos de 2014 a maio de 2019.

Quadro 11.3.2 - 10 – Principal Component Analysis

Resultados para: RI
Análise de Componentes Principais

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	5,6229	1,9490	1,6173	1,5628	1,0536	1,0268	0,8575	0,6815	0,5206	0,3991
Proportion	0,351	0,122	0,101	0,098	0,066	0,064	0,054	0,043	0,033	0,025
Cumulative	0,351	0,473	0,574	0,672	0,738	0,802	0,856	0,898	0,931	0,956

Eigenvalue	0,3167	0,1901	0,1073	0,0573	0,0231	0,0144
Proportion	0,020	0,012	0,007	0,004	0,001	0,001
Cumulative	0,975	0,987	0,994	0,998	0,999	1,000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Ph	0,003	0,295	-0,068	-0,134	0,572	-0,420	0,306
CONDUTIVIDADE	0,060	0,274	-0,442	-0,355	-0,349	-0,046	-0,037
OXIGENIO DISSOLVIDO	0,030	-0,439	-0,422	-0,125	0,181	-0,119	0,023
NITRATO	-0,029	0,434	-0,393	-0,289	-0,184	0,122	-0,009
AMONIA	0,084	-0,386	-0,356	-0,198	0,094	-0,211	0,138
CLORETO	-0,035	0,180	-0,284	0,582	0,203	-0,203	0,123
POTASSIO	0,386	0,058	0,030	0,003	-0,047	0,175	0,306
MAGNESIO	0,407	0,075	0,032	0,014	-0,028	0,109	0,149
SODIO	-0,033	0,439	0,170	-0,225	0,346	-0,073	-0,235
CALCIO	0,048	0,212	-0,352	0,571	-0,187	-0,004	-0,091
FERRO DISSOLVIDO	0,264	-0,056	-0,034	0,020	0,080	-0,251	-0,734
ALUMINIO	0,390	0,092	0,125	0,010	-0,046	-0,190	-0,099
CHUMBO TOTAL	0,400	-0,028	0,020	0,026	0,013	-0,017	-0,161
COBRE TOTAL	0,397	-0,100	-0,088	-0,032	0,057	-0,053	0,043
MERCURIO TOTAL	-0,014	0,022	0,263	-0,015	-0,512	-0,723	0,213
MANGANES TOTAL	0,358	0,081	0,103	0,015	0,053	0,183	0,262

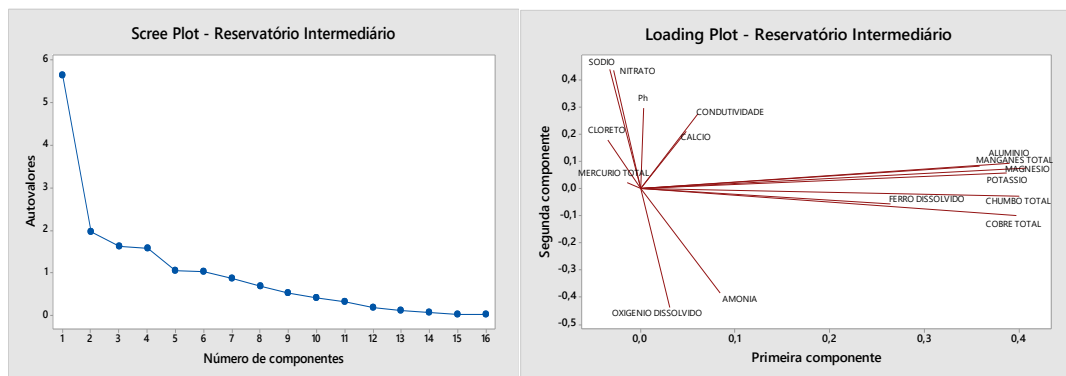


Figura 11.3.2 - 247 – Gráfico *screen-plot* das componentes principais – RI.

Com as componentes principais definidas, foram geradas médias para os elementos mais representativos, conforme apresentado no **Quadro 11.3.2 - 11** por período - enchente, cheia, vazante e seca -, nas fases antes/durante (**Figura 11.3.2 - 248**) e após o enchimento do reservatório (**Figura 11.3.2 - 249**).

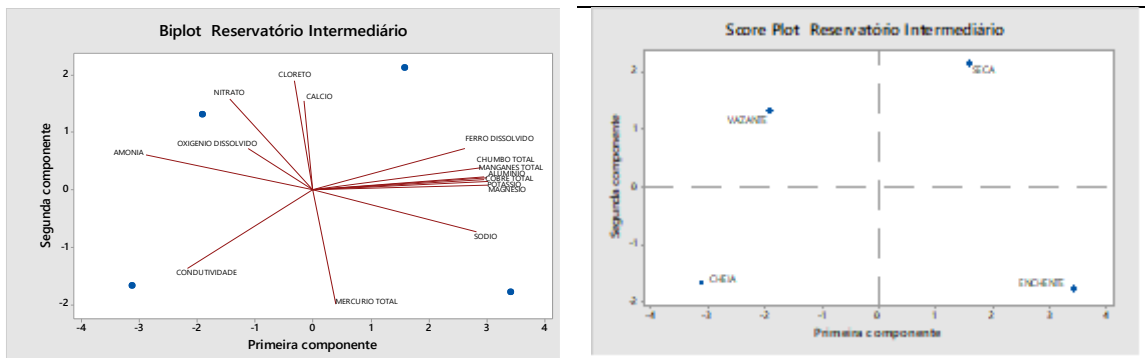


Figura 11.3.2 - 248 – Gráficos para as fases antes e durante o enchimento.

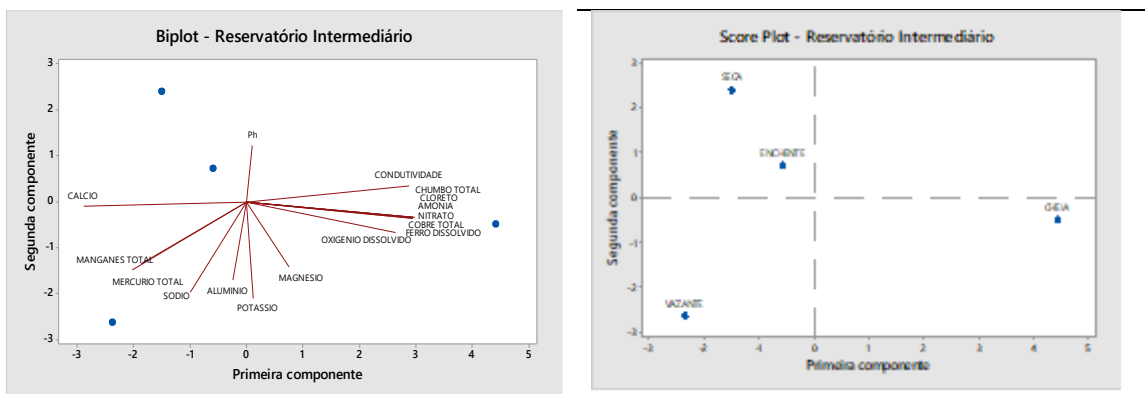


Figura 11.3.2 - 249 – Gráficos para as fases após o enchimento.

Como pode-se observar no **Quadro 11.3.2 - 11**, a seguir:

pH: a média dos valores foi similar em todos os períodos;

condutividade: apresentaram valores médios mais altos nos períodos de cheia e seca após o enchimento e nos períodos de vazante e enchente antes do enchimento;

nitrato e amônia: valores médios mais altos no período de cheia após o enchimento do reservatório; nos outros períodos hidrológicos, os valores médios foram mais elevados antes do enchimento;

cloreto: valores médios mais altos nos períodos de cheia e enchente pós-enchimento;

potássio e magnésio: valores médios mais elevados para todos os períodos antes do enchimento.

As correlações consideradas moderadas foram observadas para cálcio +0,571, pH 0,572 e mercúrio +0,783.

Quadro 11.3.2 - 11 – Médias RI, antes e após o enchimento.

RI - JAN_14_A_JAN_16 – pré/durante o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,4833
	ENCHENTE	5,396
	SECA	5,660
	VAZANTE	5,190
CONDUTIVIDADE	CHEIA	49,00
	ENCHENTE	37,89
	SECA	33,86
	VAZANTE	38,43
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	3,608
	ENCHENTE	3,033
	SECA	3,694
	VAZANTE	3,207
NITRATO	CHEIA	0,437
	ENCHENTE	0,3811
	SECA	0,467
	VAZANTE	0,444
AMONIA	CHEIA	0,0700
	ENCHENTE	0,0500
	SECA	0,0614
	VAZANTE	0,0699
CLORETO	CHEIA	4,10
	ENCHENTE	5,98
	SECA	34,5
	VAZANTE	43,0
POTASSIO	CHEIA	3,28
	ENCHENTE	15,6
	SECA	13,05
	VAZANTE	6,02
MAGNESIO	CHEIA	3,36
	ENCHENTE	19,8
	SECA	16,4
	VAZANTE	6,02
SODIO	CHEIA	3,00
	ENCHENTE	11,60
	SECA	5,97
	VAZANTE	3,018
CALCIO	CHEIA	2,465
	ENCHENTE	5,29
	SECA	8,44
	VAZANTE	13,7
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	0,2019
	ENCHENTE	1,581
	SECA	2,23
	VAZANTE	0,388
ALUMINIO	CHEIA	6,18
	ENCHENTE	45,2
	SECA	33,5
	VAZANTE	21,4
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00710
	ENCHENTE	0,0551
	SECA	0,0578
	VAZANTE	0,01313
COBRE TOTAL	CHEIA	0,00640
	ENCHENTE	0,0318
	SECA	0,0288
	VAZANTE	0,01073
MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000578
	ENCHENTE	0,000600
	SECA	0,000486
	VAZANTE	0,000507
MANGANES TOTAL	CHEIA	0,283
	ENCHENTE	1,193
	SECA	1,140
	VAZANTE	0,376

RX - ABR_16_A_MAI_19 – após o enchimento

Descriptive Statistics:

Variable	PERIODO	Mean
Ph	CHEIA	5,3227
	ENCHENTE	5,019
	SECA	5,638
	VAZANTE	5,157
CONDUTIVIDADE	CHEIA	54,00
	ENCHENTE	32,5
	SECA	37,7
	VAZANTE	29,00
OXIGENIO DISSOLVIDO	CHEIA	3,797
	ENCHENTE	2,689
	SECA	1,090
	VAZANTE	1,905
NITRATO	CHEIA	1,285
	ENCHENTE	0,999
	SECA	0,842
	VAZANTE	0,887
AMONIA	CHEIA	0,1167
	ENCHENTE	0,010000
	SECA	0,00836
	VAZANTE	0,010000
CLORETO	CHEIA	7,90
	ENCHENTE	6,39
	SECA	5,81
	VAZANTE	5,96
POTASSIO	CHEIA	3,017
	ENCHENTE	2,785
	SECA	2,428
	VAZANTE	3,381
MAGNESIO	CHEIA	2,670
	ENCHENTE	2,715
	SECA	2,460
	VAZANTE	2,679
SODIO	CHEIA	10,21
	ENCHENTE	9,76
	SECA	9,14
	VAZANTE	13,37
CALCIO	CHEIA	6,37
	ENCHENTE	8,71
	SECA	8,17
	VAZANTE	8,78
FERRO DISSOLVIDO	CHEIA	1,010
	ENCHENTE	0,10000
	SECA	0,10009
	VAZANTE	0,10009
ALUMINIO	CHEIA	9,21
	ENCHENTE	3,798
	SECA	6,75
	VAZANTE	13,30
CHUMBO TOTAL	CHEIA	0,00953
	ENCHENTE	0,003000
	SECA	0,003000
	VAZANTE	0,003000
COBRE TOTAL	CHEIA	0,01733
	ENCHENTE	0,005000
	SECA	0,005000
	VAZANTE	0,005000
MERCURIO TOTAL	CHEIA	0,000787
	ENCHENTE	0,00545
	SECA	0,01091
	VAZANTE	0,0464
MANGANES TOTAL	CHEIA	0,2391
	ENCHENTE	0,1975
	SECA	0,397
	VAZANTE	0,788

Por se tratar de populações de dados complexas, cuja variabilidade depende de muitas variáveis (geologia, pedologia, possibilidade de contaminação, quantidade de chuva acumulada, dentre outras), as análises de componentes principais em quatro grupos de aquíferos foi considerada a técnica estatística mais adequada para tratamentos dos dados existentes.

A falta de sistemática dos processos, que resulta na determinação da composição química das águas freáticas, retrata as baixas correlações positivas e negativas entre as componentes discriminadas pelo método aplicado. Aparentemente a contaminação, que é um fator aleatório, ocasional e assistemático, desempenha papel importante na determinação da composição química atual das águas subterrâneas rasas.

11.3.2.2.6. ANÁLISES REALIZADAS EM AMOSTRAS COLETADAS NOS BAIRROS JARDIM INDEPENDENTE I E II, EM PONTOS ADICIONAIS – PÓS ENCHIMENTO

Durante o ano de 2019, de acordo com o recomendado no PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 (atualização da análise dos 13º, 14º e 15º RCs, de 06/05/2019), foi continuado o monitoramento com amostragens em dois poços tubulares utilizados para abastecimento doméstico localizados no bairro Jardim Independente I e em uma cisterna no bairro Jardim Independente II, conforme identificação constante no **Quadro 11.3.2 - 11**.

Quadro 11.3.2 - 12 – Identificação dos pontos de coletas para a qualidade da água

PONTO	Prof. (m)	ENDEREÇO
JI1-PT1	23,0	R. Ademétrio de Abucater, 1313
JI1-PT2	18,0	R. Severo de Sousa, 3828
JI2-C1	4,35	R. 1º de Maio, 3840

A cisterna (JI2-C1) apresentou presença de coliformes totais em sete das 11 (onze) coletas realizadas, sendo que os termotolerantes, em oito das 11 (onze) coletas (**Figura 11.3.2 - 250**). Em julho e outubro/2017, a concentração de coliformes totais, nitrato e cloreto aumentou significativamente, muito provavelmente em função da infiltração de efluentes domésticos, uma vez que a área não tem nenhum tipo de proteção sanitária (a cisterna sequer possui tamponamento adequado). Além disso, o nível freático é muito raso, não permitindo que parte da contaminação seja eliminada durante a percolação pela própria função filtro da zona saturada do aquífero. Na campanha realizada em maio-junho/2018, os laudos laboratoriais não apresentam valores, apenas ausência ou presença para os coliformes, portanto não foram quantificados no gráfico.

Nas coletas realizadas em de abril/2017 a janeiro/2018, e de julho a outubro/2018, os valores de nitrato foram superiores ao VPM e os valores de cloreto também indicam que ainda pode ser em função da infiltração de efluentes domésticos, ainda lançados, clandestinamente, no Jardim Independente II. As análises realizadas em 2019

mostram redução dos valores de nitrato e cloreto em relação ao período de julho/2017 a outubro/2018, sendo que a remoção da casa que se localizava mais próxima ao poço escavado provavelmente diminuiu a infiltração de esgoto doméstico.

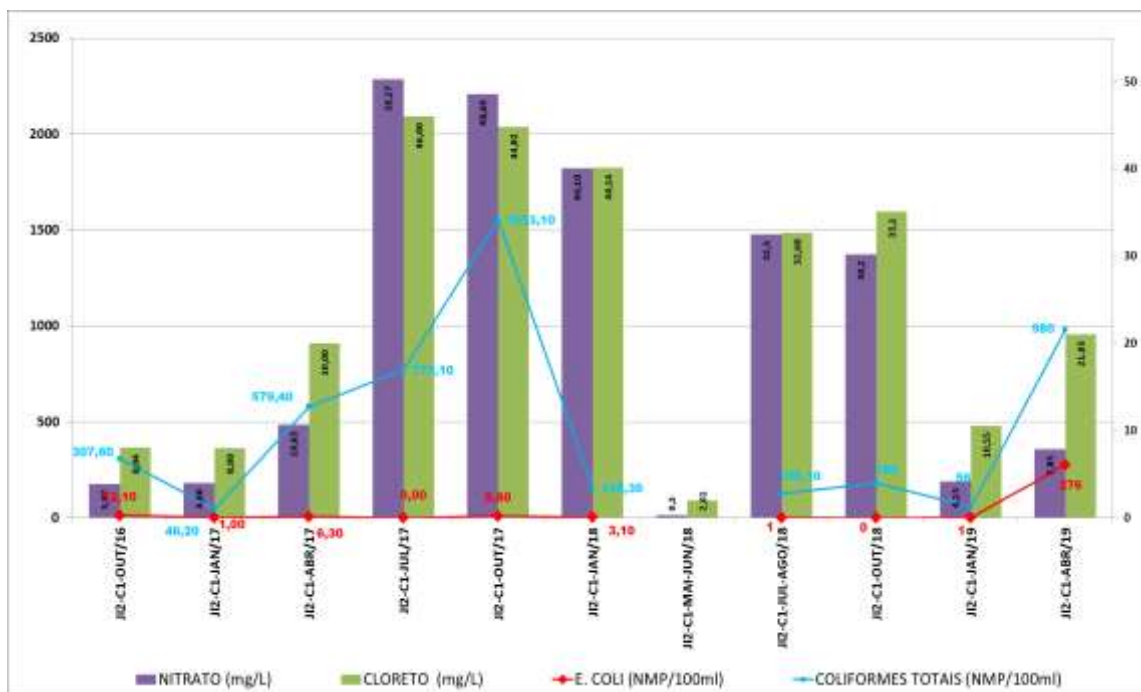


Figura 11.3.2 - 250 – Resultados das análises das amostras coletadas trimestrais no ponto JI2-C1 - nitrato, cloreto, coliformes totais, *E. Coli*.

Os valores de pH variaram entre 3,68 e 6,38. Condutividade (CE) e Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) mantiveram valores próximos nas amostragens, exceto em abril/2017, cujos valores apresentaram alteração significativa, provavelmente devido à infiltração das águas das chuvas (Figura 11.3.2 - 251). O gráfico apresenta a precipitação acumulada nos dois meses anteriores à coleta e em abril/2017 o volume acumulado foi de aproximadamente 617 mm, mais elevado que nos outros períodos.

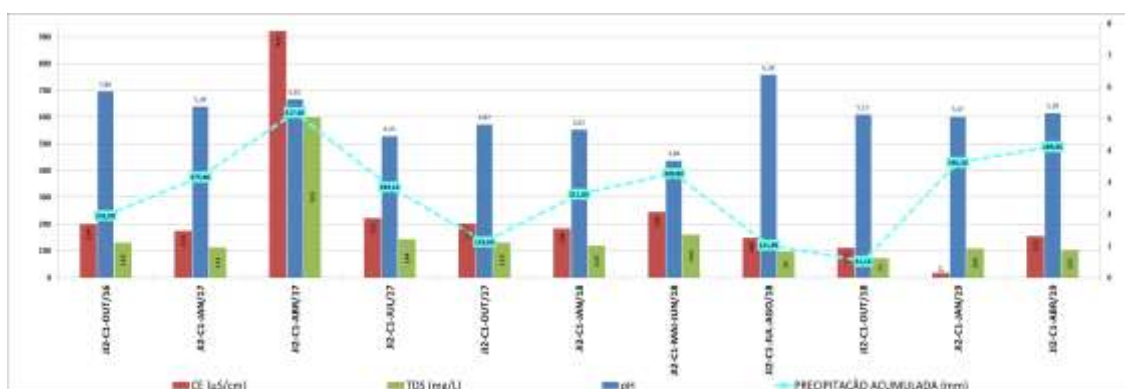


Figura 11.3.2 - 251 – Resultados das análises das amostras coletadas no ponto JI2-C1 - condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TDS), pH e precipitação acumulada.

O ponto (JI1-PT1) apresentou presença de coliformes totais e termotolerantes em janeiro/2017 e coliformes totais em janeiro/2018 (**Figura 11.3.2 - 252**); a concentração de nitrato em nenhum período ficou fora do VMP, pela legislação vigente, porém, associado aos valores de cloreto, indica contaminação pelo escoamento de águas superficiais contaminadas principalmente com os efluentes domésticos (esgoto) lançados *in natura* diretamente na lagoa. Na campanha realizada em maio-junho/2018, os laudos laboratoriais não apresentam valores, apenas ausência ou presença para os coliformes, portanto não foram quantificados no gráfico, porém o laudo apresenta como resultado presença de coliformes termotolerantes.

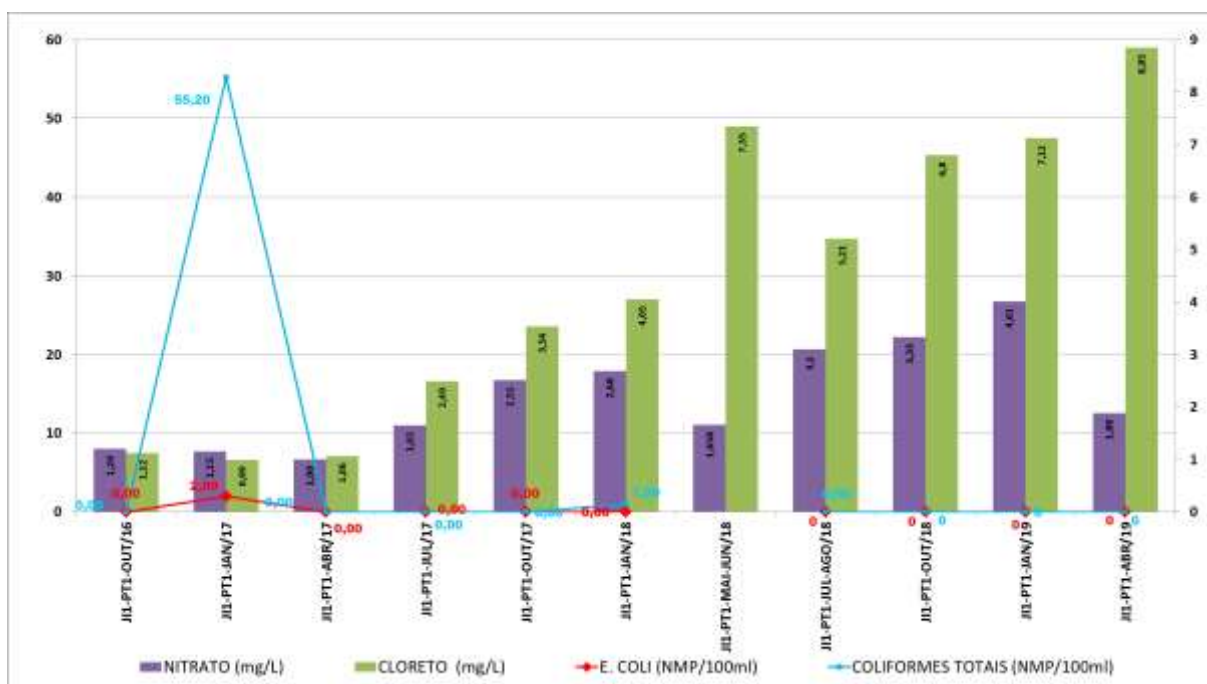


Figura 11.3.2 - 252 – Resultados das análises das coletadas trimestrais – ponto JI1-PT1 – nitrato, cloreto, coliformes totais, E. Coli.

Os valores de pH variaram entre 3,11 e 5,89 nas amostragens realizadas. Os valores de CE e TDS mantiveram-se próximos nas amostragens de outubro/2016, janeiro, julho e outubro/2017 e outubro/2018; em abril/2017, maio-junho/2018 e julho-agosto/2018, os valores apresentaram alteração significativa provavelmente devido à influência da infiltração das águas pluviais.

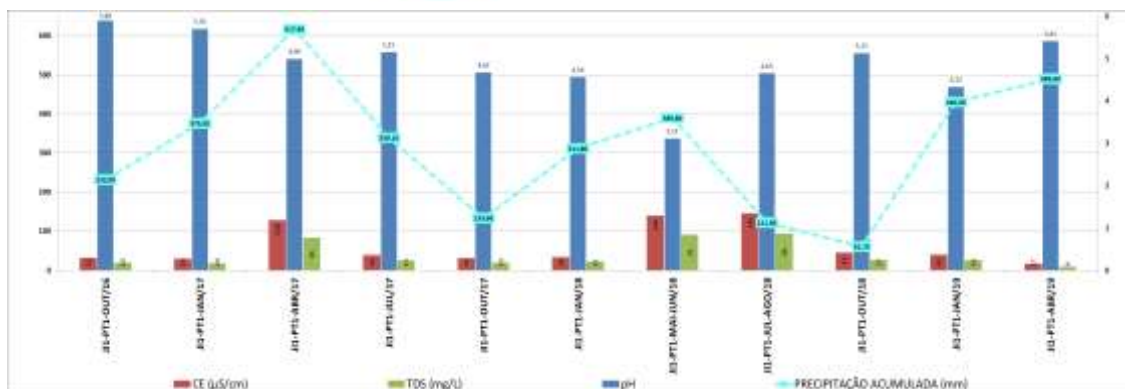


Figura 11.3.2 - 253 - Resultados das análises das coletadas trimestrais no ponto JI1-PT1 - condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TDS), pH e precipitação acumulada.

O ponto JI1-PT2 (**Figura 11.3.2 – 254**) apresentou presença de coliformes totais em cinco das onze coletas realizadas (com aumento significativo em janeiro/2019), porém não apresentou presença de coliformes termotolerantes em nenhuma amostragem realizada. A concentração de nitrato e cloreto, que indica contaminação por esgoto doméstico, aumentou significativamente em abril/2017, pois, no pico da estação chuvosa, os níveis dos aquíferos, tanto no nível mais profundo, como no mais raso, se aproximam devido à elevação da carga hidráulica no mais profundo, podendo ocorrer a mistura da água na zona saturada caso o poço tubular não tenha sido bem cimentado durante sua instalação (a cimentação consiste no enchimento do espaço anelar existente entre o revestimento e a parede do poço, visando evitar contaminação).

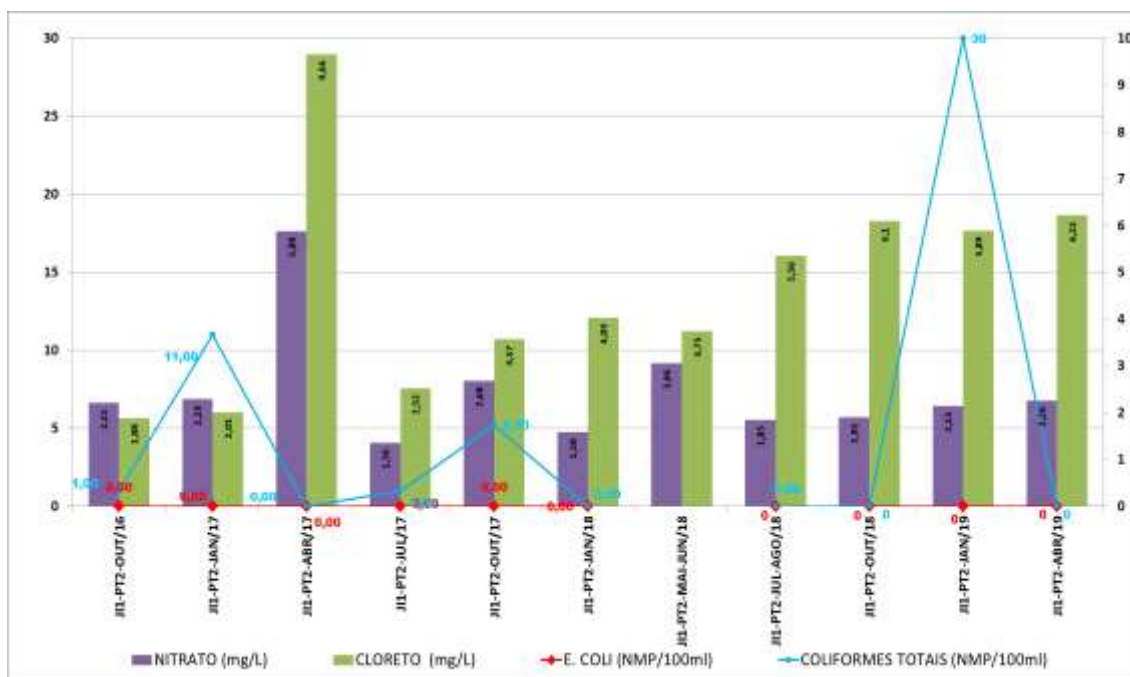


Figura 11.3.2 - 254 - Resultados das análises das coletadas trimestrais no ponto JI1-PT2 - nitrato, cloreto, coliformes totais, E. Coli.

Os valores de pH variaram entre 2,1 e 6,2. Os valores de CE e TDS mantiveram-se similares nas amostragens na maioria das coletas realizadas, porém em abril/2017, outubro/2018 e abril/2019, os valores foram mais elevados.

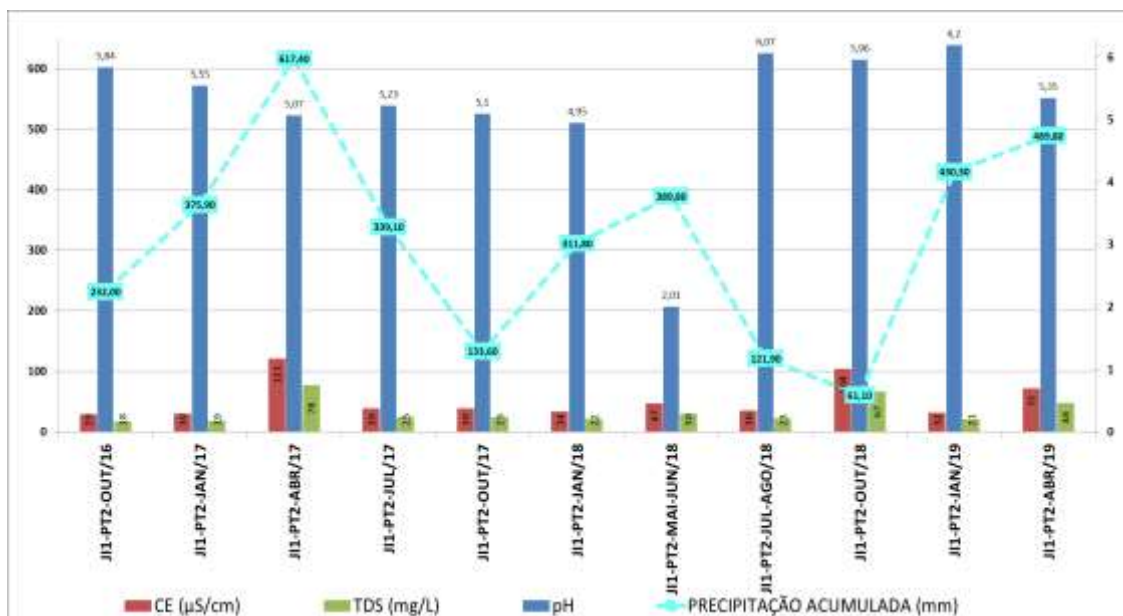


Figura 11.3.2 - 255 - Resultados das análises das coletadas trimestrais no ponto JI1-PT2 - condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TDS), pH e precipitação acumulada.

11.3.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

A planilha de atendimento aos objetivos do Projeto de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas é apresentada na sequência.

OBJETIVOS GERAIS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Acompanhar as possíveis alterações na qualidade das águas subterrâneas que possam ocorrer pela implantação do empreendimento.</p>	<p>Em andamento - Rede de monitoramento implantada e execução das coletas trimestrais em andamento. Atividades de manutenção da rede definidas. Atividades de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas contínuas, com coletas trimestrais sendo realizadas conforme recomendado pelo IBAMA no Parecer Técnico nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 (atualização da análise dos 13º, 14º e 15º RCs, de 06/05/2019).</p>

11.3.2.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

A planilha de atendimento às metas do Projeto de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas é apresentada na sequência.

META	STATUS DE ATENDIMENTO
Identificar as condições dos poços tubulares superficiais existentes e caracterizar a qualidade da água por meio da determinação de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos.	Em andamento - A caracterização da qualidade da águas é realizada por meio das coletas e análises laboratoriais.
Enquadrar as águas dentro da classificação proposta, indicando seus possíveis usos.	Em andamento - A classificação, de cada ponto amostrado foi apresentada nos relatórios semestrais consolidados em diagramas de Piper; os valores obtidos foram comparados ao valor máximo permitido (VMP) de acordo com a PRC Nº 5/2017, Anexo XX, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
Acompanhar as variações sazonais da qualidade da água.	Em andamento - Os dados com as variações são apresentados semestralmente nos relatórios consolidados. Considerando os parâmetros medidos <i>in situ</i> e as análises laboratoriais são elaborados gráficos e mapas para visualização das variações.
Monitorar as possíveis interferências do empreendimento na qualidade da água subterrânea.	Em andamento - Atividade desenvolvida até o junho/2019, tendo sido ampliadas até o final de 2019, conforme recomendado pelo IBAMA no Parecer Técnico nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 (atualização da análise dos 13º, 14º e 15º RCs, de 06/05/2019), entendendo que só será possível analisar a associação do rebaixamento do NF ao estabelecimento do TVR na VGX, e da elevação do NF no entorno do Reservatório Xingu (em especial na área urbana de Altamira), após todas as UGs estarem em pleno funcionamento e o hidrograma de consenso testado e caracterizado ao menos um ano com regime de chuvas similar à média histórica. E ainda, sugere que o monitoramento seja continuado em frequência trimestral até avaliação final da implantação do Hidrograma (6 anos após o início da operação em plena carga da UHE-BM) quando o órgão reavaliará os resultados e emitirá o parecer final

META	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Detalhar as fontes de poluição relacionadas ou não ao empreendimento hidrelétrico.</p>	<p>Em andamento - Possíveis fontes de poluição são descritas nos relatórios semestrais sempre que identificadas.</p>
<p>Fornecer subsídios e orientação às comunidades e gestores governamentais na tomada de decisões para o planejamento, execução e gestão de programas relacionados aos recursos hídricos subterrâneos.</p>	<p>Em andamento - Atividade contínua, realizada por todo o período de monitoramento, cronograma ampliado até o final de 2019, conforme recomendado pelo IBAMA no Parecer Técnico nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 (atualização da análise dos 13º, 14º e 15º RCs, de 06/05/2019), entendendo que só será possível analisar a associação do rebaixamento do NF ao estabelecimento do TVR na VGX, e da elevação do NF no entorno do Reservatório Xingu (em especial na área urbana de Altamira), após todas as UGs estarem em pleno funcionamento e o hidrograma de consenso testado e caracterizado ao menos um ano com regime de chuvas similar à média histórica.</p>

11.3.2.5. ATIVIDADES PREVISTAS

Considerando o Ofício OF nº 518/2019/COHID/CGTEF/DILIC, bem como o PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC (SEI 4979775) referente à atualização da análise dos RCs, que recomendou a continuidade do monitoramento, para o segundo semestre de 2019 estão previstas duas coletas trimestrais (julho e outubro, respectivamente).

Cabe informar que, visando adensar a rede de monitoramento para dar maior atenção e ênfase aos dados referentes à dinâmica e qualidade das águas subterrâneas no TVR, foram incorporados à malha amostral dos referidos PBA's (11.3.1 e 11.3.2) mais 4 pontos de monitoramento na região do Trecho de Vazão Reduzida (TVR), mais precisamente nas comunidades: Nova Conquista, Jericoá, Rio das Pedras e Terra Preta. Informa-se ainda que esses novos pontos já foram contemplados na campanha realizada em julho e os resultados serão apresentados a partir do próximo Relatório Consolidado previsto para ser entregue ao Ibama em janeiro de 2020.

11.3.2.6. ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O Cronograma das atividades previstas, apresentado a seguir para o Projeto de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas, sofreu adequação ou modificação em função do PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 para o período após o enchimento.

Atividades / Produtos																																																						
Item	Descrição	2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025				2026								
		Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2
CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO:																																																						
11.3.2 PROJETO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS																																																						
1	COLETAS DE AMOSTRAS DE ÁGUA																																																					
1.1	Realização de coletas																																																					
1.2	Atividades de inspeção e manutenção da rede de monitoramento																																																					
1.3	Verificação dos arredores dos poços/cacimbas monitorados, a fim de se identificar possíveis locais ou focos de contaminação próximos, como fossas, igarapés contaminados, postos de abastecimento de combustíveis, resíduos sólidos acumulados a montante dos poços, entre outros																																																					
2	PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS																																																					
2.1	Análise de amostras																																																					
3	RELATÓRIOS SEMESTRAIS																																																					
3.1	Elaboração de relatórios																																																					
3.2	Comparação dos resultados das análises de água aos valores estipulados pela legislação																																																					
3.3	Classificação das águas subterrâneas segundo os Diagramas de Piper																																																					
3.4	Espacialização de variáveis na área urbana de Altamira para avaliação da potabilidade da água																																																					
3.5	Revisão da frequência de coletas, da malha amostral e do conjunto de variáveis posterior à análise e entrega de dados																																																					

11.3.2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este 16º RC apresentou os resultados da continuidade das atividades executadas ao longo do primeiro semestre de 2019, em cumprimento ao recomendado no PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775; ponderando-se as recomendações feitas no referido parecer. Portanto, foram revisados mapas e figuras nas quais os pontos de monitoramento não estavam visíveis; o termo cisterna/cacimba (termo local) foi alterado por poço escavado.

No item que trata os valores de nitrato, nitrito e amônia os gráficos foram separados para melhor visualização conforme recomendado no referido parecer.

Foi esclarecido que, apesar do PT nº 54/2019-COHID/CGTEF/DILIC – SEI 4979775 mencionar que não houve cruzamento dos resultados com os valores precipitados por período, toda interpretação é baseada também nas informações referentes às precipitações. No ano de 2017, foram registrados grandes acúmulos de precipitação em Altamira, conforme demonstrado nos dados das Estações Climatológicas de Altamira (INMET), Pimental e Belo Monte. Vale ressaltar que as vazões afluentes do rio Xingu têm maiores influência das chuvas da cabeceira da bacia; embora o ano de 2017 tenha apresentado baixas vazões, foram registrados grandes acúmulos de precipitação em Altamira, conforme demonstrado nos dados de precipitação das Estações Climatológicas de Altamira (INMET), Pimental e Belo Monte.

Segundo FREITAS & ALMEIDA (1998)²¹, as águas subterrâneas geralmente apresentam, como fontes de contaminação antropogênicas, os despejos domésticos, industriais e/ou chorume de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos além de metais de transição e outras substâncias. Segundo Freitas *et al.* (2001)²², estes ambientes, além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (NORDBERG *et al.*, 1985)²³, são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

Na área urbana de Altamira, considerando os dados das coletas trimestrais realizadas antes, durante e após o enchimento do Reservatório Xingu, não foi observada alteração na qualidade das águas subterrâneas proveniente da implantação do reservatório. As variações dos parâmetros analisados *in situ*, tais como temperatura, CE e TDS, são similares às que já ocorriam antes do enchimento em função da

²¹FREITAS, M.B.; ALMEIDA, L.M. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. CD-ROM, São Paulo: Sonopress-Rimo. 1998.

²²FREITAS, M.B.; BRILHANTE O.M.; ALMEIDA L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. de Saúde Pública* 17(3): 651-660. 2001.

²³NORDBERG, G.F., GOYET, R.A.; CLARKSON, T.W. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. *Environ. Health Perspect.*, 63: 169-180. 1985.

sazonalidade. Na coleta realizada em maio-junho/2018, os valores de pH de alguns pontos foram mais baixos e de OD mais elevados, provavelmente pelo fato de a coleta ter sido realizada no final do período de cheia, início do período de vazante na região.

Os resultados das análises físico-químicas sugerem como principal foco de contaminação a infiltração de efluentes domésticos, devido à utilização de fossas e sumidouros ou fossas negras, seguido pelo acúmulo de precipitação por período, pois quanto maior o volume de chuvas no período, maior a solubilização e/ou dissolução. Com a implantação do sistema de abastecimento de água (e devido tratamento antes da distribuição) e de esgotamento sanitário na área urbana de Altamira, espera-se que possíveis problemas decorrentes do uso das águas subterrâneas para abastecimento seja solucionado.

A existência de dois aquíferos na região do bairro Jardim Independente I, sem conexão hidráulica, é evidenciada pela composição química das águas. A avaliação da qualidade das águas dos dois aquíferos corrobora com o modelo de fluxo e de isolamento hidráulico (CAMPOS *et. al.*, 2018)²⁴. Resumidamente, os dados e análises mostram que há um aquífero suspenso, materializado por i) diferença de carga hidráulica deste com o aquífero local; ii) padrões de qualidade das águas distintos entre os mesmos; e iii) existência de um aquitarde constituído por camada de argila interposto entre ambos, com espessura entre 3,5 e 8 metros, portanto sem conexão direta do aquífero suspenso com o reservatório (IBAMA/ANA, 2018)²⁵.

No entorno dos reservatórios, os poços podem conter águas freáticas influenciadas pela composição das águas superficiais, fato corroborado pelos valores de pH em poços marginais aos reservatórios que apresentam pHs maiores no início do ano de 2017, quando deveriam ter pHs menores devido ao grande acumulado de chuvas no período.

Em relação à execução do monitoramento de forma participativa, dar-se-á continuidade ao envolvimento comunitário por meio da participação dos representantes, indicados pela comunidade, nas coletas trimestrais de dados e amostras, bem como com a realização de encontros comunitários através do ciclo de reuniões da Volta Grande realizados semestralmente nos períodos de seca a e cheia para disseminar e validar as informações produzidas.

²⁴ CAMPOS, J.E.G.; FIORI, J.P.O.; SANTOS, L.M.; KULLER, M.L.; AGUIAR, F.F. Estudo de potenciometria para a verificação de existência de aquífero suspenso; caso do bairro Jardim Independente I (Altamira, PA). In: XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. <http://www.abas.org/xxcabas/anais/12178.pdf>. São Paulo. 2018.

²⁵ Ibama/Ana. Parecer Técnico. Avaliação final da possível relação de causa-efeito entre o Reservatório Xingu e o nível de água que aflora no baixio (ou "lagoa") do bairro Jardim Independente I – PT nº 14/2018-COHID/CGTEF/DILIC (SEI nº 1709389, 1901379 e 1901443) e o PT nº 23/2018- COHID/CGTEF/DILIC (SEI nº 1816690). 2018.

11.3.2.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL – CTF
José Eloi Guimarães Campos	Geólogo, Dr.	Coordenador dos programas	7896/D – CREA/DF	264969
Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori	Geóloga, Me.	Profissional Sênior	10699/D – CREA/DF	293922
Leonardo de Melo Santos	Geólogo	Profissional Sênior	12544/D – CREA/DF	1698978
Claudiane de Farias Araújo	Consultora para atuação no monitoramento participativo.	Geógrafa, finalizando especialização em Pedagogia Invertida em Territórios da Transamazônica e Xingu.	--	
Veldson de Souza Pinto	Técnico de Campo	Suporte nas atividades de campo, com conhecimento das atividades e da área de realização dos estudos	-	-
Mariana de Araujo Ferreira	Profissional de Geoprocessamento	Profissional com experiência em atividades de geoprocessamento e processamento de banco de dados	18762/D – CREA/DF	-
Elisvaldo dos Santos Pinto Pereira	-	Representante da comunidade da Ressaca no monitoramento participativo	-	-
Francisco Monteiro de Freitas Filho	-	Representante da Comunidade Ilha da Fazenda no monitoramento participativo	-	-
Paulo Maicon Pantoja da Costa	-	Representante da Comunidade Garimpo do Galo no monitoramento participativo	-	-
Aldemir Gomes dos Santos	-	Representante da Comunidade Maranhenses no monitoramento participativo	-	-

11.3.2.9. ANEXOS

Anexo 11.3.2 - 1 - Métodos do Projeto de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas do PBA da UHE Belo Monte

Anexo 11.3.2 - 2 - Mapa de localização da rede de monitoramento em Altamira

Anexo 11.3.2 - 3 - Mapa de localização da rede de monitoramento na região do Reservatório Xingu e TVR

Anexo 11.3.2 - 4 - Mapa de localização da rede de monitoramento na região do Reservatório Intermediário

Anexo 11.3.2 - 5 - Laudos laboratoriais da Coleta Trimestral 27 (janeiro/2019)

Anexo 11.3.2 - 6 - Laudos laboratoriais da Coleta Trimestral 28 (abril-maio/2019)