

## 2.9. PROGRAMA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS

### 2.9.1. Introdução

Neste relatório são contempladas as campanhas de amostragem de água superficial, realizadas no período de julho/2015 a junho/2016. Em agosto/2016 o IBAMA por meio do parecer técnico PAR.02001.003191/2016-52 COPAH/IBAMA, autorizou a suspensão do Programa com base no banco de dados gerado e análises ao longo de cinco anos.

As amostragens foram realizadas no entorno do empreendimento, a fim de avaliar uma possível influência deste sobre a qualidade dos corpos hídricos adjacentes (rio Saboó e canal estuarino de Santos), durante a fase de operação do empreendimento.

Os resultados obtidos nas amostras de água superficial foram comparados com as condições e padrões de qualidade estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Artigos 18 ou 21, de acordo com a salinidade). Ressalta-se que os corpos d'água amostrados foram considerados como Classe 1, em atendimento ao artigo 42 da Resolução CONAMA 357/05, visto que não estão enquadrados segundo o Decreto Estadual 10.755/77.

No presente relatório são detalhadas as atividades de campo, metodologias empregadas, análises realizadas, resultados obtidos e integração dos dados para o período de julho de 2015 a junho de 2016.

### 2.9.2. Objetivo

Monitorar a qualidade da água do Rio Saboó e do Canal do Estuário para garantir que as atividades desenvolvidas durante a implantação e a operação do Terminal, não resultem na sua degradação.

### 2.9.3. Metas

Para atingir os objetivos especificados acima, foram estabelecidas as seguintes metas para este monitoramento:

- Realizar 05 campanhas bimestrais para análises dos parâmetros físico-químicos;
- Realizar 01 campanha anual para análises de parâmetros referentes aos artigos 18 e 21 da Resolução Conama nº357/2005;
- Verificar 100% das atividades que possam causar interferência nos corpos hídricos adjacentes ao Terminal, analisando de forma a correlacionar os desvios apontados nos resultados dos monitoramentos.

### 2.9.4. Indicadores

Os indicadores para o atendimento das metas são apresentados a seguir:

- Número de campanhas bimestrais realizadas;
- Número de campanhas anuais realizadas;
- Número de atividades que possam causar interferência nos corpos hídricos verificadas/analizadas

## 2.9.5. Metodologia

### 2.9.5.1. Localização dos pontos amostrais

Em cada campanha realizada, as amostras de água superficial são coletadas em cinco (05) pontos, localizados no entorno do Terminal Portuário da BTP, sendo 02 deles no estuário próximo ao empreendimento (PA-02 e PA-03) e 03 no Rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05). A descrição da localização dos pontos e as respectivas coordenadas georreferenciadas são apresentadas na Tabela 2.9.5.1-1, enquanto a localização geográfica é apresentada na Figura 2.9.5.1-1, a seguir. Para o georreferenciamento dos pontos, são utilizados receptores GPS da marca Garmin, modelos GPSmap.

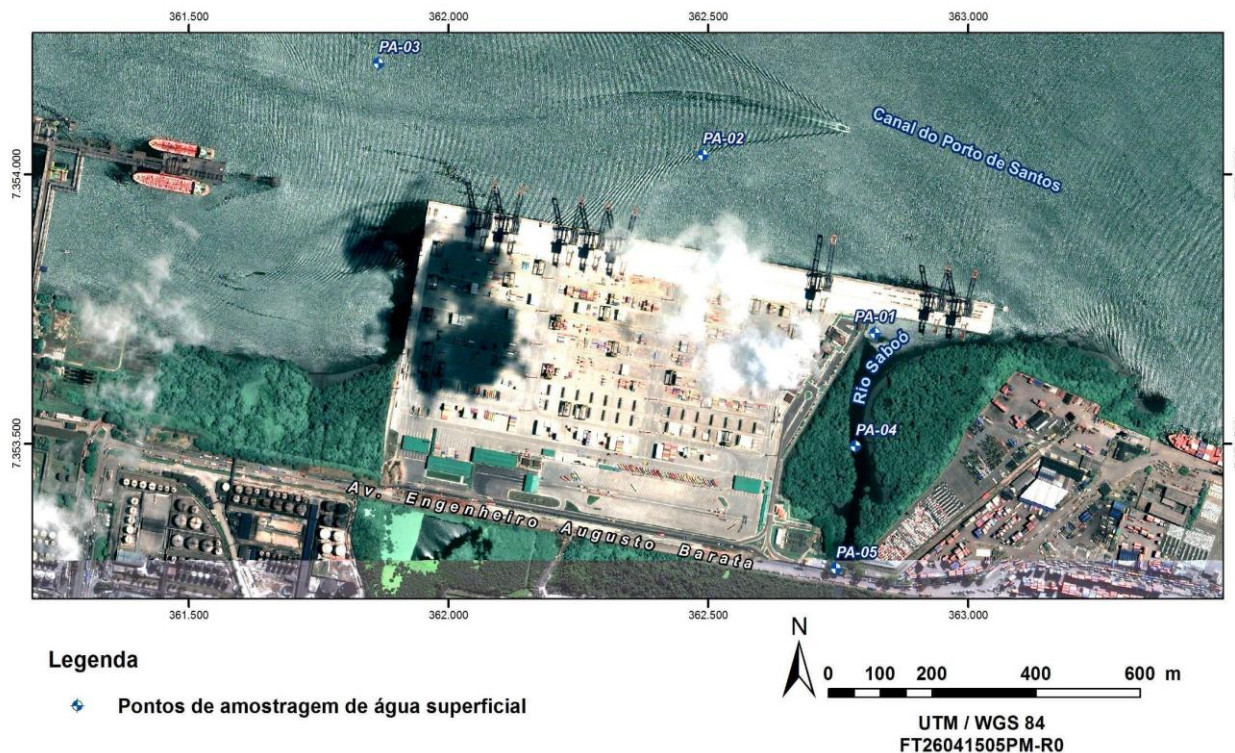
Tabela 2.9.5.1-1 – Pontos amostrados e suas respectivas coordenadas de localização georreferenciadas.

Nome do Ponto	Coordenadas UTM			Descrição dos Pontos de Amostragem
	Zona	Eastings (mE)	Northings (mN)	
PA-01	23K	362.867	7.353.718	Foz do rio Saboó
PA-02	23K	362.425	7.353.963	Estuário de Santos
PA-03	23K	361.844	7.354.178	Estuário de Santos
PA-04	23K	362.781	7.353.494	Centro do rio Saboó
PA-05	23K	362.750	7.353.277	Montante do rio Saboó, próximo à Av. Eng <sup>o</sup> . Augusto Barata

\* Coordenadas referenciadas ao datum horizontal SIRGAS 2000.

Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.1-1 – Localização geográfica dos pontos amostrais de água superficial.



Fonte: CPEA (2016).

Convém ressaltar que, a partir da campanha de outubro/2014, o ponto de amostragem de água superficial PA-05, realizado no rio Saboó, foi realocado para o outro lado da Av. Eng. Augusto Barata (Figuras 2.9.5.1-2 e 2.9.5.1-3), por conta da restrição de acesso em função das obras do Programa de Macrodrenagem da Zona Noroeste, realizado pela Prefeitura de Santos, às margens do ponto de amostragem PA-05.

Figura 2.9.5.1-2. Ponto de amostragem de água superficial PA-05 realocado (rio Saboó).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.1-3. Ilustração da realocação do ponto amostral PA-05 em função das obras do Programa de Macrodrenagem da Zona Noroeste – Prefeitura de Santos.



Fonte: CPEA (2016).

Em campanhas anteriores o acesso indicado já era restrito, porém a equipe de campo em conversas com o segurança da obra e explicações sobre a importância do trabalho conseguia o acesso até o local do ponto. No entanto, o acesso foi se tornando cada vez mais difícil e limitado. Maiores detalhes sobre este empreendimento co-localizado são discutidos no item 2.9.6.4 deste documento.

## 2.9.5.2. Amostragem de água superficial

### 2.9.5.2.1. Procedimentos adotados

A equipe técnica da Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais (CPEA), a qual é acreditada na norma NBR ISO/IEC 17.025:2005 para tal atividade, foi responsável pelas amostragens de água superficial entre os meses de julho de 2015 e junho de 2016.

Para a coleta das amostras de água, são utilizadas garrafas do tipo *Van Dorn*, cujo funcionamento consiste na abertura da garrafa na superfície dentro da embarcação, sendo que na profundidade desejada, a mesma é desarmada por meio de um peso de metal (mensageiro) coletando a amostra correspondente à região pretendida. A água amostrada é obtida na profundidade do meio da coluna de água, calculada a partir da medição da profundidade do local, descontando-se 01 metro da profundidade total.

Os procedimentos de amostragem seguem os métodos de:

- Águas superficiais (nascentes, minas, córregos, represas, lagos, rios e estuários): ISO 5667-6 – *Water quality – Sampling – Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams*;
- CETESB, ANA (2011) – Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras.

A partir da campanha de dezembro de 2014, as amostragens tiveram sua periodicidade alterada para campanhas bimestrais e anuais (listagem de parâmetros previstos na CONAMA 357/05). Assim, no período compreendido neste relatório (julho/2015 a junho/2016), foram realizadas 06 (seis) campanhas, sendo 05 bimestrais e 01 anual (outubro/2015). Conforme apresentado na Tabela 2.9.5.2.1-1.

Tabela 2.9.5.2.1-1 – Periodicidade das amostragens realizadas entre agosto de 2015 e junho de 2016.

Campanhas	ago/15	out/15	dez/15	fev/16	abr/16	jun/16
Bimestral						
Anual						

Fonte: CPEA (2016).



O dossiê fotográfico da amostragem de água superficial é apresentado nas Figuras 2.9.5.2.1-1 a 2.9.5.2.1-14.

Figura 2.9.5.2.1-1 – Proximidades do ponto de amostragem PA-01.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-2 – Proximidades do ponto de amostragem PA-02.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-3 – Proximidades do ponto de amostragem PA-03.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-4 – Proximidades do ponto de amostragem PA-04.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-5 – Proximidades do ponto de amostragem PA-05.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-6 – Georreferenciamento com auxílio de um receptor GPS da marca Garmin, modelo GPSmap 60CSx.



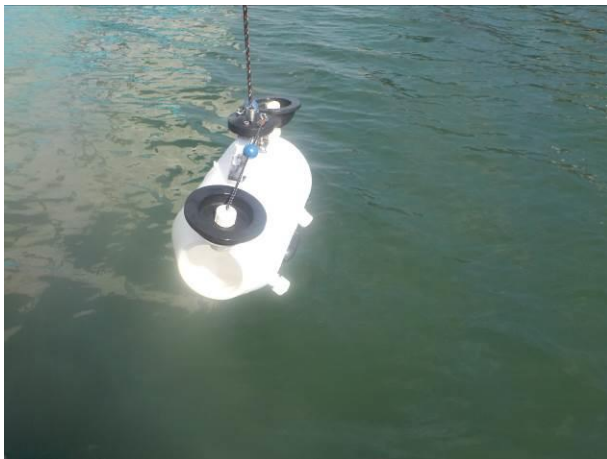
Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-7 – Medição da altura da coluna d'água do ponto amostral, com auxílio de um profundímetro.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-9 – Garrafa do tipo Van Dorn utilizado para amostragem de água superficial.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-11 – Amostragem de água superficial por imersão direta dos frascos sem preservantes.



Figura 2.9.5.2.1-8 – Sonda multiparamétrica da marca HANNA, modelo HI 9828, utilizada para medição físico-química *in situ*, de água superficial.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-10 – Transferência da amostra de água superficial, coletada com a Garrafa do tipo Van Dorn, para os frascos de análise laboratorial.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-12 – Transferência da amostra de água superficial, coletada com frascos sem preservantes, para os frascos com preservantes.



Fonte: CPEA (2016).



Figura 2.9.5.2.1-13 – Lavagem da garrafa *Van Dorn*, com água deionizada, para realização do branco de campo/equipamento.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.5.2.1-14 – Preservação das amostras em caixas térmicas com gelo.



Fonte: CPEA (2016).

Para todas as campanhas, as amostras de água superficial são coletadas em uma mesma condição de maré (vazante). A Tabela 2.9.5.2.1-2 apresenta os horários de coleta de cada amostra para cada campanha em relação ao evento de maré para o período de julho/2015 a junho/2016.

Tabela 2.9.5.2.1-2 – Horários de amostragem das campanhas de julho/15 a junho/16 em comparação aos horários previstos na tábua de maré para o Porto de Santos.

Campanhas	Nomenclatura dos Pontos	Hora da coleta	Tábua de Maré *		Campanhas	Nomenclatura dos Pontos	Hora da coleta	Tábua de Maré *	
			Hora	Altura (m)				Hora	Altura (m)
Agosto/2015	-	-	12:30	1,2	Fevereiro/2016	-	-	04:02	1,4
	PA-05	12:49	-	-		PA-04	08:40		
	PA-04	13:00	-	-		PA-01	08:53		
	PA-01	13:13	-	-		PA-03	09:11		
	PA-02	13:24	-	-		PA-02	09:33		
	PA-03	13:33	-	-		PA-05	10:11		
Outubro/2015**	-	-	19:36	0,6	-	-	10:30	0,2	
	-	-	10:56	1,1	-	-	09:13	0,8	
	PA-05	11:48	-	-	PA-05	09:47			
	PA-04	12:10	-	-	PA-04	10:04			
	PA-01	12:25	-	-	PA-01	10:11			
	PA-03	12:42	-	-	PA-02	10:37			
Dezembro/2015**	PA-02	13:04	-	-	PA-03	10:56			
	-	-	18:41	0,6	-	-	13:41	0,4	
	-	-	06:56	1,2	-	-	11:02	1,1	
	PA-05	08:45	-	-	PA-04	11:18			
	PA-04	08:58	-	-	PA-05	11:27			
	PA-01	09:08	-	-	PA-01	11:36			
Junho/2016	PA-02	09:34	-	-	PA-02	11:43			
	PA-03	09:53	-	-	PA-03	11:51			
	-	-	13:02	0,6	-	-	15:38	0,4	
	-	-							

\* Previsão de Maré (DHN) para Porto de Santos (Torre Grande) – alturas máxima e mínima previstas.

\*\* corrigido para o horário de verão.

Fonte: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>.

Durante o período de julho/2015 a junho/2016, as amostragens foram realizadas em marés de sizígia e quadraturas, em períodos de vazante, preferencialmente nos momentos com maior altura de maré, pois na região do Rio Saboó em eventos de baixa-mar a navegação até os pontos de amostragem PA-04 e PA-05, fica prejudicada em função da baixa profundidade do Rio Saboó.

Desta forma, conforme já apresentado no Relatório Técnico Consolidado anterior, em resposta ao Parecer Técnico do IBAMA (PAR. 005050/2013) justificando-se a dificuldade para o atendimento do que foi solicitado quanto às coletas ocorrerem em momento próximo à maré mais baixa, reitera-se que as amostragens ocorram nos momentos de início da condição de maré vazante, conforme realizado no presente relatório, garantindo assim uma profundidade suficiente para a embarcação chegar aos locais de amostragem.

#### 2.9.5.2.2. Medição de parâmetros físico-químicos *in situ*

Durante as amostragens de água superficial, são realizadas *in situ*, medições em triplicata dos parâmetros físico-químicos (pH,  $E_H$ , condutividade, oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura) com uma sonda multiparamétrica (marca HANNA modelo HI 9828). O equipamento é devidamente calibrado em laboratório da Rede Brasileira de Calibração e verificados com padrões rastreáveis ao sistema internacional (SI) de forma a assegurar a calibração dos mesmos, a fim de garantir a precisão e exatidão dos resultados de campo.

Os ensaios referentes às análises dos parâmetros físico-químicos quantificados pela CPEA são obtidos em conformidade com os critérios de qualidade da norma NBR ISO/IEC 17.025:2005 (CRL 0402). Os procedimentos utilizados para as medições físico-químicas realizadas *in situ*, são apresentados na Tabela 2.9.5.2.2-1, abaixo.

Tabela 2.9.5.2.2-1. Procedimentos utilizados nas medições físico-químicas realizadas *in situ* entre julho de 2015 e junho de 2016.

Matriz	Parâmetro	Procedimento
Água Superficial	pH	SMEWW 4500-H <sup>+</sup> B
	Potencial Redox ( $E_H$ )	SMEWW 2580 B
	Oxigênio Dissolvido	SMEWW 4500-O G
	Condutividade	SMEWW 2510 B
	Salinidade	SMEWW 2520
	Temperatura	SMEWW 2550B

Fonte: CPEA (2016).

#### 2.9.5.2.3. Parâmetros analisados em laboratório

Adicionalmente às amostragens *in situ* dos parâmetros físico-químicos, são realizadas, de acordo com a periodicidade do monitoramento e em consonância com o proposto no Plano Básico Ambiental (PBA) da BTP, análises dos parâmetros listados nos Artigos 18 (águas salinas) e 21 (águas salobras) da resolução CONAMA 357/2005, durante as campanhas anuais (outubro/2015), e dos parâmetros turbidez, sólidos totais suspensos (STS), óleos & graxas, fósforo total, nitrogênio kjeldahl total, DQO e TOC, durante as campanhas bimestrais (agosto/2015, dezembro/2015, fevereiro/2016, abril/2016 e junho/2016). A Tabela 2.9.5.2.3-1, a seguir, apresenta os parâmetros analisados, métodos de análise, armazenamento, preservação, quantidade e prazos para análises das amostras de água superficial.

Tabela 2.9.5.2.3-1 – Parâmetros analisados, métodos de análise, armazenamento, preservação, quantidade e prazos para análises das amostras de água superficial.

Parâmetros	Método de análise	Prazo para análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra
<b>Compostos Orgânicos</b>					
VOC	EPA 5021A (preparação) ; EPA 8260C (análise)	14 dias (análise)	Vial c/ septo teflon/silicone	8 gotas HCl 50% e Refrigerar a ≤ 6°C	40 mL (2 frascos)
SVOC	EPA 3510C (preparação) ; EPA 8270D (análise)	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
3,3 - Didorobenzidina	EPA 8321B	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
PCBs	EPA 3510C (preparação); EPA 8082A (análise)	7 dias (extração) , 40 dias para análise depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Pesticidas Organodlorados	EPA 3510C (preparação); EPA 8081A e EPA 8321B (análise)	7 dias (extração) , 40 dias para análise depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Pesticidas Organofosforados	EPA 8141B	7 dias (extração) , 40 dias para análise depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Herbicidas dororados (2,4-D, 2,4,5-T e 2,4,5-TP)	EPA 8321B	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Tributilestanho (TBT)	USEPA 8321B	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração	Vidro âmbar	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Carbaril	USEPA 8318A	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração	Vidro âmbar	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
<b>Constituintes Orgânicos</b>					
DQO	SM - 5220D	28 dias (para análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C ; H2SO4 (pH<2)	100 mL
Óleos e graxas	SM 5520D (análise)	28 dias (análise)	Vidro âmbar	Refrigerar a ≤ 6°C ; HCl (pH<2)	1000 mL
Fenol (olorimétrico)	SM5530C (análise)	28 dias (análise)	Vidro âmbar	Refrigerar a ≤ 6°C ; H2SO4 (pH<2)	500 mL
Surfactantes	SM5540C	48 horas (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Carbono Orgânico Total (TOC)	EPA 415.3	28 dias (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C ; HCl ou H2SO4 (pH<2)	200 mL
<b>Metais</b>					
Metais totais	EPA 3005A (preparação) ; EPA 6010C (análise)	6 meses (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C ; HNO3 (pH<2)	250 mL
Mercurio (Hg) total	EPA 1631E	28 dias (análise)	plástico (acidificados)	Refrigerar a ≤ 6°C ; HNO3 (pH<2)	200 mL
Metais Dissolvidos (filtrado em laboratório)	EPA 6010C	24 horas (filtração) e 6 meses (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL
<b>Constituintes Inorgânicos não-metálicos</b>					
Cianeto Livre	EPA 9056A	14 dias (análise)	plástico / vidro	NaOH (pH >12); Refrigerar a ≤ 6°C	250 mL
Fluoreto	EPA 9056A	28 dias (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL
N amoniacal	SM - 4500.NH3-F	28 dias (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C ; H2SO4 (pH<2)	100 mL
Nitrato como N	EPA 9056A	48 horas (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C	30 mL
Nitrito como N	EPA 9056A	48 horas (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C	30 mL
Nitrogênio Kjeldahl Total (TKN)	SM - 4500.Norg.B	28 dias (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C ; H2SO4 (pH<2)	250 mL
Fósforo total	EPA 3005A (preparação) ; EPA 6010C (análise)	28 dias (para análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C ; HNO3 (pH<2)	500 mL
Fósforo dissolvido (filtrado em laboratório)	EPA 6010C	24 horas (filtração) e 28 dias (análise)	plástico	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL
Sulfeto (como H2S não dissociado)	SM - 21st - 4500. S2-H	7 dias (análise)	vidro	Refrigerar a ≤ 6°C ; 100 uL de Acetato de Zinco 2M + 250 uL de NaOH 6 M até pH > 9 para cada 100 mL de amostra.	300 mL
<b>Propriedades Físicas</b>					
Cor aparente	SM 2120 B/C	48 horas (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	50 mL
Cor verdadeira	SM 2120 B/C	48 horas (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	50 mL
Odor	SM 2150	6 horas	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL
Sólidos suspensos totais (SST)	SM - 2540D	7 dias (análise)	plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	200 mL
Materiais sedimentáveis	SM - 2540F	48 horas (análise)	polietileno ou vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	1000 mL
Turbidez	SM - 2130B	48 horas (análise)	Plástico / vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL
<b>Microbiológicos</b>					
Coliformes termotolerantes	SM 9221	24 horas	Frasco plástico ou vidro	Refrigerar a ≤ 6°C	100 mL

Fonte: CPEA (2016).



### 2.9.5.3. Tratamento das amostras

Após a coleta, as amostras de água superficial são acondicionadas em frascaria apropriada, previamente limpas, com seus respectivos preservantes, conforme o parâmetro a ser analisado nas amostras. Os frascos com as amostras são armazenados em caixas térmicas com gelo e mantidos sob refrigeração  $\leq 6^{\circ}\text{C}$  (sem congelar), desde o momento da coleta até o seu processamento em laboratório. As amostras são enviadas para o laboratório *Analytical Technology*, juntamente com a cadeia de custódia preenchida, apresentada no Anexo A. O tempo de preservação (*holding time*) de todos os analitos em questão foi atendido.

Em atendimento à Resolução SMA nº 100/2013, que entrou em vigor na data de 17/10/2013, todos os procedimentos de ensaios e amostragem são realizados sob acreditação da norma NBR ISO/IEC 17.025:2005. Esta resolução dispõe sobre os requisitos dos laudos analíticos, submetidos aos órgãos integrantes do Sistema Estadual de Meio Ambiente – SEAQUA e dispõe que apenas laudos de laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO serão reconhecidos.

### 2.9.5.4. Programa de garantia da qualidade da amostragem

A fim de garantir o controle de qualidade da amostragem é realizado o registro de dados de calibração e verificação da sonda multiparamétrica (marca HANNA), no caderno de registro específico para este fim, assim como o preenchimento das respectivas cartas-controles.

Adicionalmente são realizadas as seguintes coletas de amostras de controle de qualidade:

- Branco de campo/equipamento;
- Duplicata;
- Matriz Spike.

A amostra de controle de qualidade referente ao branco de campo/equipamento é codificada, de forma a não influenciar na condução das análises laboratoriais. Adota-se nomenclatura de PBC/PBE-01, não sendo especificado na cadeia de custódia que se trata de um branco de campo/equipamento. A amostra é obtida passando água reagente pelos equipamentos no ambiente amostral resultando em informações para dois propósitos diferentes: identificar possíveis influências externas no local de amostragem, como contaminação do ar (branco de campo) e possível influência do equipamento utilizado para amostragem (garrafa *Van Dorn*) na contaminação das amostras (branco de equipamento).

A amostra duplicata é identificada com o sufixo D e a amostra *matriz spike*, com sufixo MS. O local de coleta das amostras duplicata e *matriz spike* foi no ponto PA-03. Assim, a nomenclatura das amostras duplicatas foram PA-03-D e das amostras *matriz spike*, PA-03-MS.

Durante as campanhas bimestrais são analisados nos brancos de equipamento os mesmos parâmetros das amostras de água superficial. Enquanto que na campanha anual, quando são realizados como controle de qualidade o branco de equipamento, a matriz Spike e a duplicata, estes parâmetros são reduzidos apenas para metais (totais e dissolvidos) e SVOC.

### 2.9.5.5. Sedimentos

No atual período deste relatório (julho/2015 a junho/2016), não estavam previstas e, portanto, não foram realizadas amostragens de sedimento superficial. Com base no banco de dados gerado referente à qualidade dos sedimentos ao longo deste Programa e nas informações apresentada no 5º Relatório Anual anterior a este (de agosto/2014 a junho/2015), não foram observados indícios de alterações na qualidade dos sedimentos, provenientes das atividades de implantação (desde 2011) e de operação (até o momento) do Terminal da BTP, assim, foi solicitado a suspensão deste monitoramento.

## 2.9.6. Resultados

Neste item, são apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos *in situ* e das análises químicas realizadas em laboratório, das amostras de água superficial coletadas nas campanhas realizadas entre julho/2015 e junho/2016, para avaliação de possíveis impactos na qualidade das águas causados pelo empreendimento durante a fase de operação.

### 2.9.6.1. Medições físico-químicas *in situ*

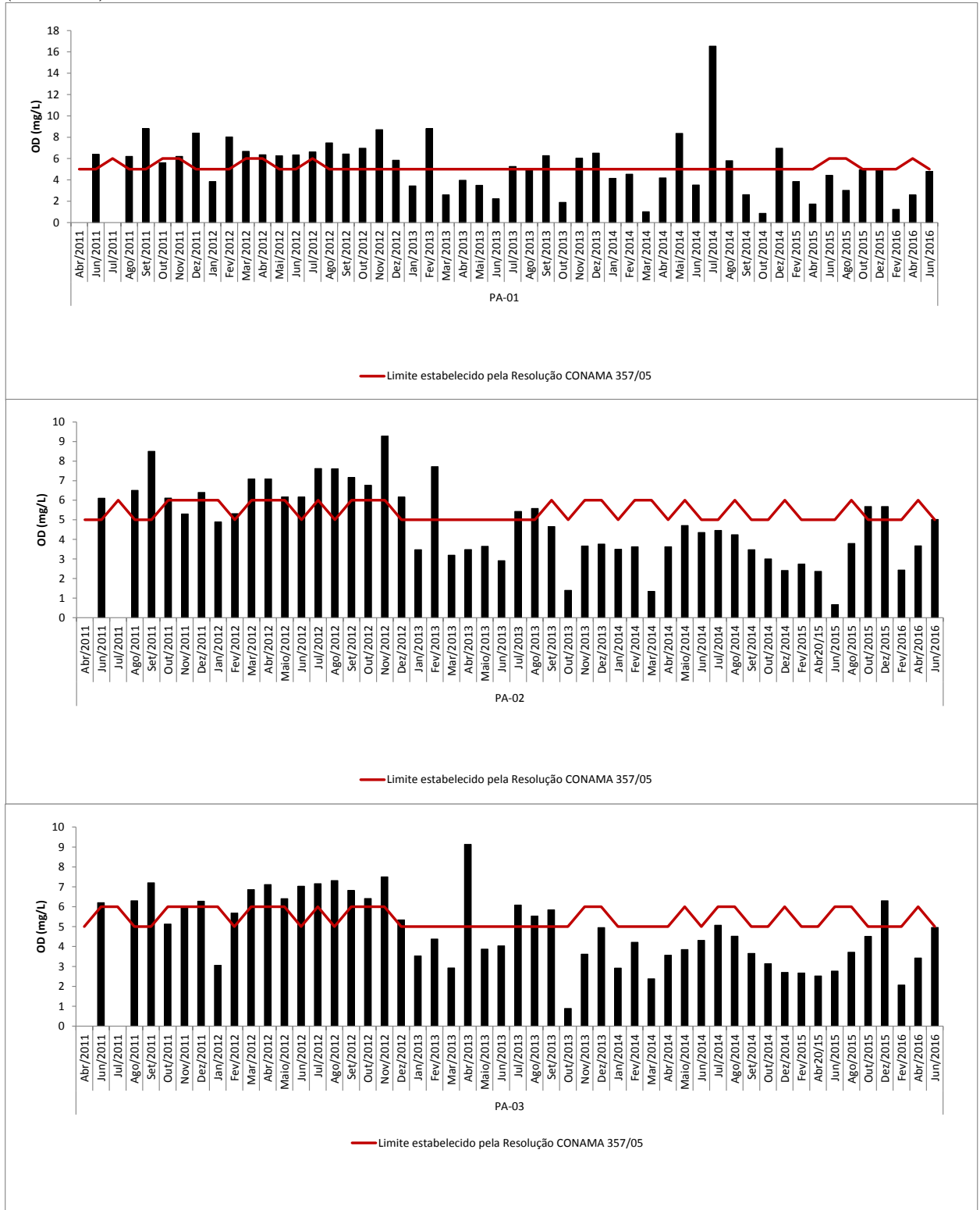
Dentre os parâmetros físico-químicos analisados, a resolução CONAMA 357/05 (artigos 18 e 21) estabelece padrão de qualidade apenas para os parâmetros pH (o qual deve permanecer entre 6,5 e 8,5 em águas salinas e salobras) e oxigênio dissolvido, cujo valor não deve ser menor que 6,0 mg/L em águas salinas (artigo 18) e menor que 5,0 mg/L em água salobras (artigo 21). Além destes, foram realizadas medições *in situ* dos parâmetros  $E_H$  (potencial de óxido-redução), temperatura, salinidade e condutividade.

A tabela com os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos *in situ* ao longo de todo o monitoramento (abril/2011 a junho/2016), totalizando 52 campanhas de amostragem, é apresentada na Tabela 1 do Anexo B. Enquanto que os relatórios de ensaios, correspondentes às análises físico-químicas para o período deste relatório (julho/15 a junho/16), são apresentados no Anexo C.

Para o período de monitoramento contemplado neste relatório (julho/2015 a junho/2016), todas as amostras obtidas (30), tanto no Rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05), como no estuário (PA-02 e PA-03) apresentaram variações entre águas salobras (salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰) e salinas (superior a 30‰) e, portanto, comparadas às condições e padrões de qualidade de água estabelecidos pelos artigos 18 (águas salinas) e 21 (águas salobras) da resolução CONAMA 357/05.

Dentre as 30 amostras obtidas no período deste relatório, o oxigênio dissolvido ocorreu em desconformidade à condição de qualidade estabelecida pela referida resolução na maioria das amostras analisadas (76,6%). Assim como observado ao longo de todo o monitoramento (abril/2011 a junho/2016) onde, dentre um total de 250 amostras, 58,8% apresentaram concentrações abaixo das condições de qualidade estabelecida e, portanto, em desconformidade com a respectiva legislação, conforme apresentado na Figura 2.9.6.1-1, a seguir.

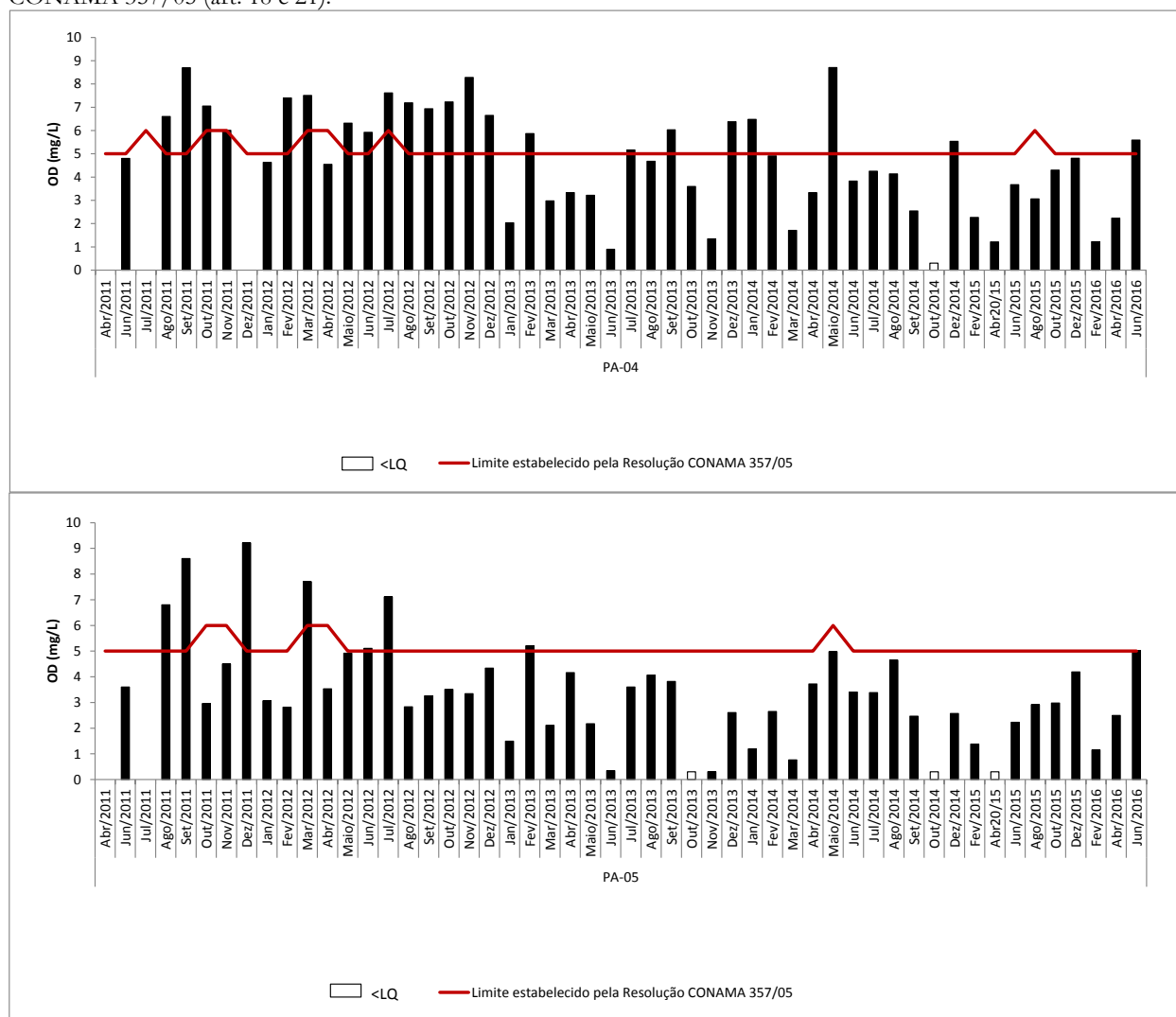
Figura 2.9.6.1-1 – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).



Figura 2.9.6.1-1 (continuação). Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Nos pontos monitorados e no período deste relatório, a concentração média de OD foi de 3,61 mg/L ( $\pm 1,57$ ) em PA-01; 4,38 mg/L ( $\pm 1,30$ ) em PA-02; 4,16 mg/L ( $\pm 1,45$ ) em PA-03; 3,54 mg/L ( $\pm 1,66$ ) em PA-04 e 3,12 mg/L ( $\pm 1,35$ ) em PA-05, enquanto que a concentração média de OD, nos mesmos pontos, em período anterior (abril/2011 a julho/2015), foi de 5,31 mg/L ( $\pm 2,15$ ); 4,85 ( $\pm 2,0$ ) mg/L; 4,93 mg/L ( $\pm 1,8$ ); 5,0 mg/L ( $\pm 2,1$ ) e 3,67 ( $\pm 2,0$ ), respectivamente.

Nota-se que a média de concentração deste parâmetro sofreu um ligeiro decréscimo em relação às concentrações obtidas no período anterior, em todos os 05 pontos monitorados, conforme observado na Tabela 2.9.6.1-1, que apresenta a média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos dos parâmetros físico-químicos medidos *in situ* em todos os pontos de amostragem para o período de abril/11 a julho/2015 em comparação ao período deste relatório (julho/2015 a junho/2016).

Ressalta-se que o oxigênio se dissolve nas águas naturais proveniente da atmosfera, e a concentração de saturação do OD na água varia em função da temperatura, pressão atmosférica e salinidade. Naturalmente, a concentração de oxigênio dissolvido em corpos d'água decresce de acordo com a profundidade, uma vez que a oxigenação se dá na superfície através da turbulência gerada pelos ventos (BAIRD, 2002). Nos pontos PA-01, PA-04 e PA-05, apesar da baixa profundidade, há também uma forte influência do fundo, onde o sedimento, rico em matéria

orgânica, consome o oxigênio dissolvido da coluna d'água adjacente. Esses pontos foram os que apresentaram maior número de amostras em desconformidade à legislação.

Além do sedimento, os altos teores de matéria orgânica na própria coluna d'água e a baixa difusão do oxigênio atmosférico nas camadas mais profundas também podem influenciar na depreciação da concentração de OD (BAIRD, 2002), como observado nas amostras de PA-02 e PA-03, onde não há influência do fundo.

Tabela 2.9.6.1-1 – Médias, desvios padrão, mínimos e máximos dos parâmetros físico-químicos medidos *in situ* em todos os pontos de amostragem, calculados para os períodos de abril/11 a julho/2015 em comparação ao período de julho/2015 a junho/2016.

Foz do Rio Saboó										Estuário									
PA-01										PA-02									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
<b>Físico-químicos</b>										<b>Físico-químicos</b>									
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,87	8,80	5,31	2,15	1,24	5,06	3,61	1,57	Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,66	9,28	4,85	2,01	2,43	5,68	4,38	1,30
Oxigênio Dissolvido	%	11,73	223,77	65,46	43,59	16,73	69,40	49,26	20,42	Oxigênio Dissolvido	%	9,73	112,53	50,17	19,90	34,73	79,53	60,69	16,42
Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-84,40	213,60	61,92	71,24	-53,03	340,87	226,76	145,85	Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-71,63	210,43	52,43	71,93	-54,87	365,37	220,82	155,09
Potencial hidrogeniônico - pH	-	6,65	8,68	7,74	0,35	7,20	8,39	7,80	0,42	Potencial hidrogeniônico - pH	-	6,71	8,35	7,83	0,29	7,73	8,64	8,05	0,32
Condutividade	µS/cm	9923	44700	34075	8714	30000	50293	39091	8079	Condutividade	µS/cm	2300	55360	41322	9054	34763	51663	42930	7260
Salinidade	‰	5,60	32,72	23,00	5,66	18,43	32,99	24,99	5,73	Salinidade	‰	20,53	36,72	27,55	4,26	21,90	34,00	27,76	5,06
Temperatura	°C	17,50	30,00	24,41	2,87	19,05	26,46	23,98	2,59	Temperatura	°C	18,50	29,69	23,92	2,62	18,75	26,89	23,92	2,79
<b>Estuário</b>										<b>Centro do Rio Saboó</b>									
PA-03										PA-04									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
<b>Físico-químicos</b>										<b>Físico-químicos</b>									
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,89	9,13	4,93	1,81	2,06	6,30	4,16	1,45	Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,90	8,71	5,04	2,14	1,22	5,59	3,54	1,66
Oxigênio Dissolvido	%	12,17	132,40	55,48	22,02	29,33	84,33	57,48	18,04	Oxigênio Dissolvido	%	11,77	126,23	54,17	28,09	16,50	70,23	48,07	20,87
Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-67,77	208,00	61,84	78,30	-51,67	354,03	250,79	155,06	Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-98,60	213,97	57,09	69,71	-51,57	315,77	207,88	131,84
Potencial hidrogeniônico - pH	-	6,58	8,30	7,78	0,29	7,71	8,48	7,99	0,30	Potencial hidrogeniônico - pH	-	6,65	8,44	7,64	0,37	7,18	8,36	7,76	0,43
Condutividade	µS/cm	20100	55023	42612	7387	32127	51730	42472	7249	Condutividade	µS/cm	3482	44247	31368	8975	29987	49767	38586	7588
Salinidade	‰	20,61	36,47	28,21	3,73	20,31	34,04	27,36	5,09	Salinidade	‰	1,83	32,80	21,59	6,16	18,44	32,60	24,63	5,38
Temperatura	°C	18,20	29,70	24,02	2,59	18,74	26,52	23,88	2,71	Temperatura	°C	18,20	32,71	24,69	3,09	19,70	25,63	23,96	2,20
<b>Montante Rio Saboó, próximo Av. Eng. Augusto Barata</b>																			
PA-05																			
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
<b>Físico-químicos</b>										<b>Físico-químicos</b>									
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,30	9,21	3,67	2,03	1,15	5,02	3,12	1,35	Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,30	9,21	3,67	2,03	1,15	5,02	3,12	1,35
Oxigênio Dissolvido	%	3,53	73,53	37,62	19,81	15,27	62,93	41,67	16,75	Oxigênio Dissolvido	%	3,53	73,53	37,62	19,81	15,27	62,93	41,67	16,75
Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-132,40	194,57	40,29	84,28	-51,37	314,97	199,53	137,77	Potencial de oxidação/redução - E <sub>H</sub>	mV	-132,40	194,57	40,29	84,28	-51,37	314,97	199,53	137,77
Potencial hidrogeniônico - pH	-	5,49	8,60	7,37	0,46	7,00	8,37	7,65	0,49	Potencial hidrogeniônico - pH	-	5,49	8,60	7,37	0,46	7,00	8,37	7,65	0,49
Condutividade	µS/cm	1074	47967	26279	12261	24583	49200	34697	8578	Condutividade	µS/cm	1074	47967	26279	12261	24583	49200	34697	8578
Salinidade	‰	0,53	42,85	20,62	9,08	14,74	32,18	21,90	6,05	Salinidade	‰	0,53	42,85	20,62	9,08	14,74	32,18	21,90	6,05
Temperatura	°C	18,80	30,60	24,50	3,03	19,59	25,58	23,60	2,10	Temperatura	°C	18,80	30,60	24,50	3,03	19,59	25,58	23,60	2,10

Fonte: CPEA (2016).

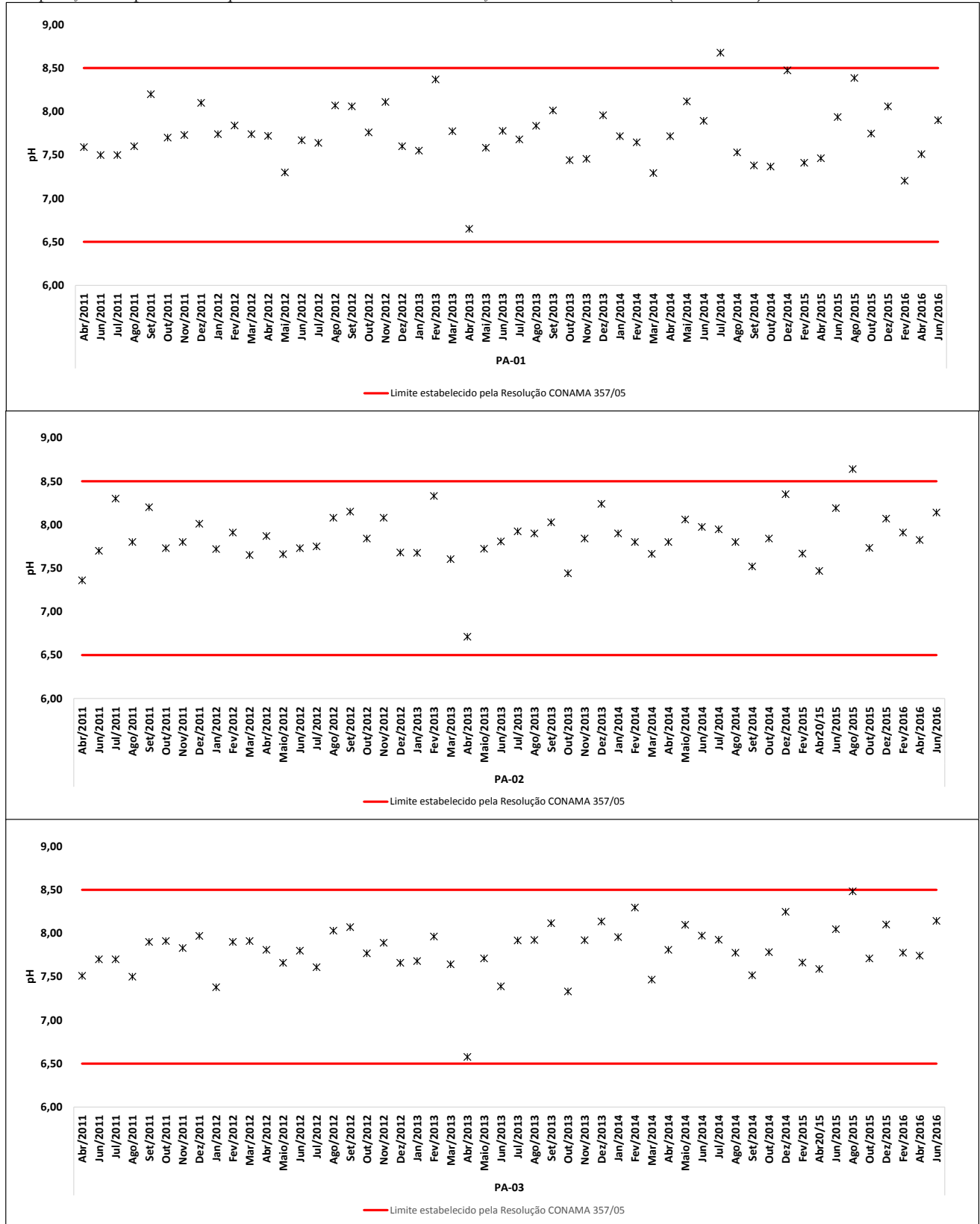


Quanto aos valores de pH analisados nas amostras, durante o período deste relatório (julho/2015 a junho/2016), apenas 01 amostra (PA-02 em agosto/2015) dentre as 30 analisadas (3,33%), ocorreu em desconformidade ao intervalo de qualidade estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21). Ao longo de todo o monitoramento (abril/11 a junho/16), das 260 amostras analisadas, apenas 03 ocorreram em desconformidade com a respectiva legislação (1,15%), conforme apresentado na Figura 2.9.6.1-2.

Nos pontos monitorados, no período do relatório, a concentração média de pH foi de 7,80 ( $\pm 0,42$ ) em PA-01; 8,05 ( $\pm 0,32$ ) em PA-02; 8,0 ( $\pm 0,3$ ) em PA-03; 7,76 ( $\pm 0,43$ ) em PA-04 e 7,65 ( $\pm 0,49$ ) em PA-05, enquanto que a concentração média, nos mesmos pontos em período anterior (abril/2011 a julho/2015), foi de 7,74 ( $\pm 0,35$ ); 7,8 ( $\pm 0,3$ ); 7,8 ( $\pm 0,3$ ); 7,6 ( $\pm 0,4$ ) e 7,4 ( $\pm 0,5$ ), respectivamente.

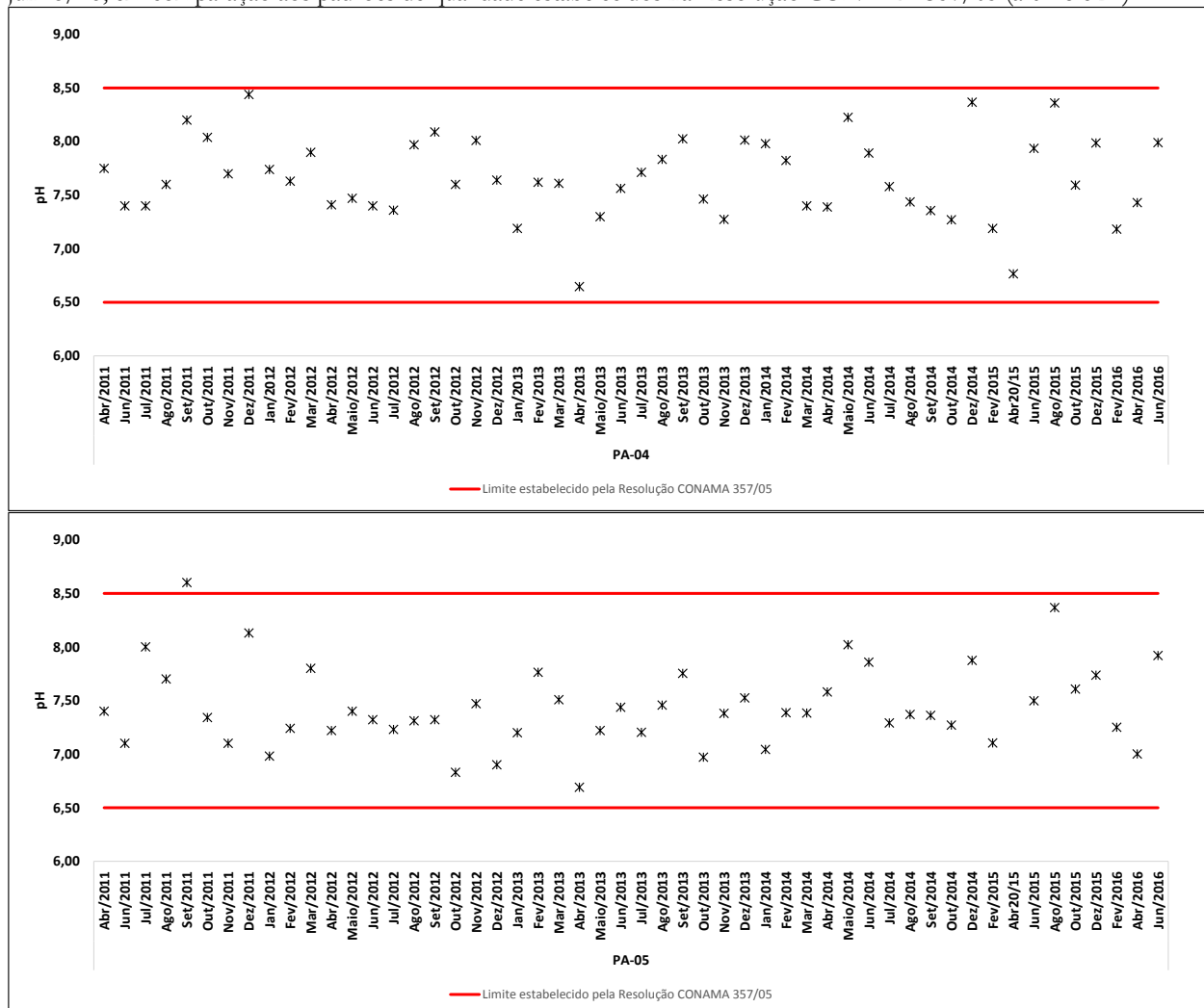
Nota-se que a variação da concentração deste parâmetro apresenta certa estabilidade nos valores médios de pH obtidos nas amostras de abril/2011 a junho/2015 em comparação às amostras deste período de julho/2015 a junho/2016, conforme pôde-se observar na Tabela 2.9.6.1-1 já apresentada.

Figura 2.9.6.1-2 – Concentrações de pH obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.1-2 (continuação). Concentrações de pH obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

O potencial de oxirredução obtido em campo teve como referência o eletrodo de Ag/AgCl, sendo convertidos a  $E_H$  (25°C) para interpretação dos resultados. Durante o período deste relatório (julho/15 a junho/16), os valores de  $E_H$  variaram entre -54,87 mV (PA-02 agosto/2015) a 365,37 mV (PA-02 em dezembro/2015), indicando se tratar de um ambiente oxidante, com tendência das espécies presentes no meio para adquirirem elétrons e serem reduzidas. Ao longo do monitoramento (abril/11 a junho/15), o  $E_H$  apresentou valores médios positivos em todos os pontos monitorados (PA-01: 61,92 mV; PA-02: 52,4 mV; PA-03: 61,8 mV; PA-04: 57,1 mV e; PA-05: 40,3 mV), conforme apresentado na Tabela 2.9.6.1-1, e confirmando a caracterização do ambiente como predominantemente oxidante.

A temperatura da água, durante o período de julho/15 a junho/16, apresentou valores variando de 18,74°C (PA-03 em junho/2016) a 26,89°C (PA-02 abril/2016). Esse intervalo de temperatura obtido é condizente com o intervalo observado ao longo de todo o monitoramento (abril/11 a junho/15), o qual variou de 17,5°C (PA-01 em junho/11) a 32,7°C (PA-04 em janeiro/14), sendo que temperaturas mínimas e máximas foram obtidas ao longo das estações de inverno e verão, respectivamente.



### **2.9.6.2. Análises laboratoriais**

Os resultados das análises laboratoriais das amostras de águas superficiais, referentes ao período de julho/2015 a junho/2016, foram comparados com as condições e padrões de qualidade estabelecidos pelo artigo 21 (água salobra) ou 18 (água salina) da Resolução CONAMA nº 357/2005 e estão abaixo descritas. Os relatórios de ensaios analíticos, correspondentes às análises químicas para todos os parâmetros analisados e em todos os pontos amostrais, são apresentados no Anexo D.

#### **2.9.6.2.1. Condições de qualidade**

A Tabela 2 do Anexo B apresenta os resultados dos parâmetros de condições de qualidade analisados nas amostras de águas superficiais coletadas nas imediações da BTP, para o período de abril/11 a junho/16. Enquanto que a Tabela 2.9.6.2.1-1 a seguir, apresenta a média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos dos parâmetros carbono orgânico total (COT), óleos & graxas, cor aparente, cor verdadeira, odor, turbidez, coliformes termotolerantes, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis em todos os pontos de amostragem para o período de abril/11 a junho/15 em comparação ao período de julho/15 a junho/16.

Tabela 2.9.6.2.1-1 – Médias, desvios padrão, mínimos e máximos dos parâmetros de condições de qualidade analisados em todos os pontos de amostragem, calculados para os períodos de abril/11 a junho/15 e de julho/15 a junho/16.

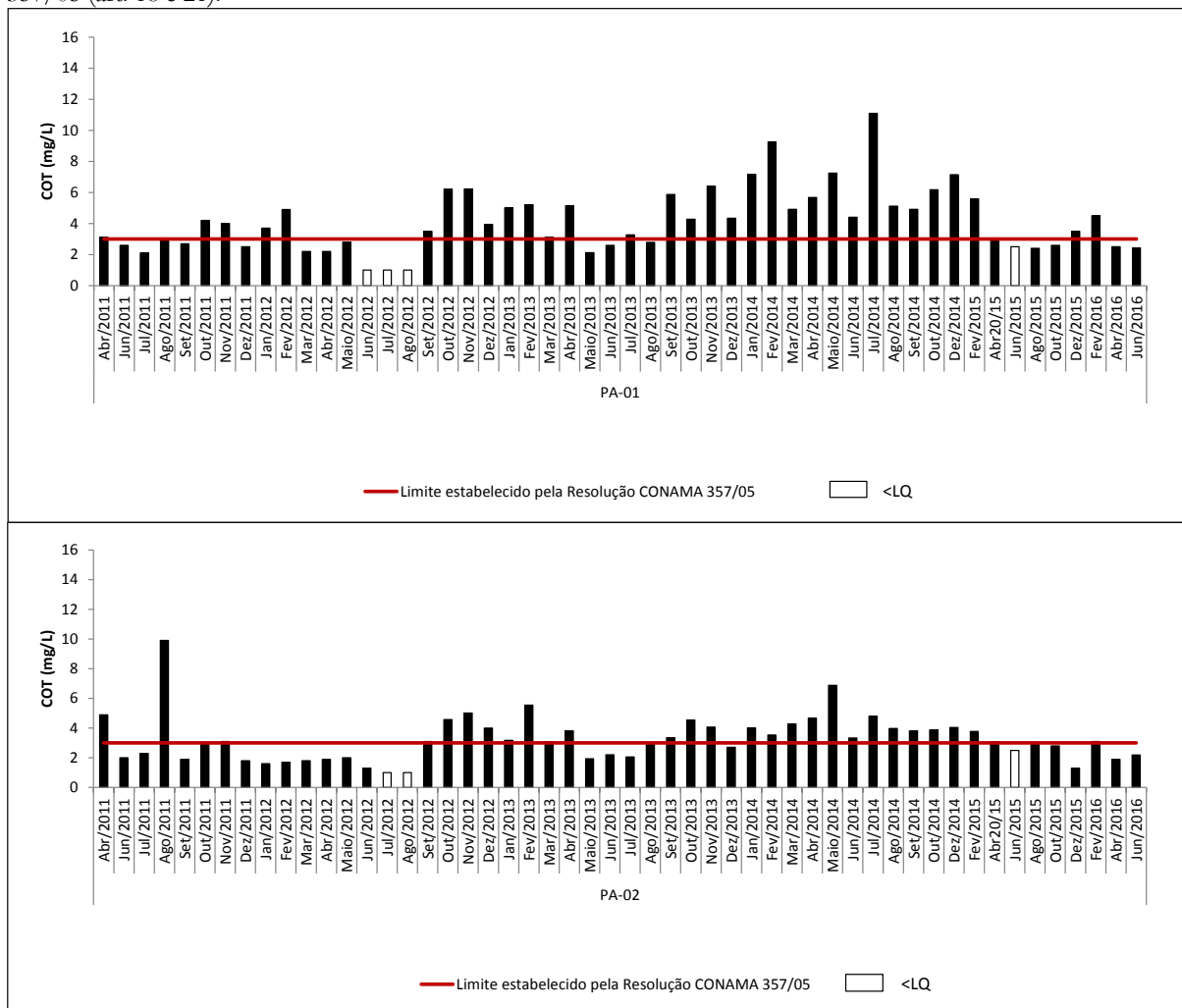
Foz do Rio Saboó										Estuário									
PA-01										PA-02									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Condições de qualidade										Condições de qualidade									
Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	11,1	4,6	2,0	2,4	4,50	2,99	0,85	Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	9,9	3,5	1,6	1,3	3,10	2,38	0,71
Óleos e graxas	mg/L	<LQ	90,8	64,0	19,3	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	Óleos e graxas	mg/L	<LQ	85,4	81,9	3,1	<LQ	<LQ	<LQ	0,0
Cor aparente	mg Pt/L	43,0	156,6	88,1	38,3	39,40*	39,40*	39,40*	0,0	Cor aparente	mg Pt/L	<LQ	113,5	63,3	29,8	56,5*	56,5*	56,5*	0,00
Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	15,0	11,7	2,2	7,12*	7,12*	7,12*	0,0	Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	11,3	8,9	2,4	9,7*	9,7*	9,7*	0,00
Odor	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	Odor	-	inodoro	inodoro	inodoro	0,0	inodoro*	inodoro*	inodoro*	0,0
Turbidez	NTU	<LQ	61,3	10,8	10,0	<LQ	4,26	2,70	1,49	Turbidez	NTU	<LQ	59,8	10,7	12,8	1,79	3,99	3,03	0,91
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	21,0	14800,0	1927,3	5201,8	23,0*	23,0*	23,0*	0,0	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	17,0	120,0	53,3	31,8	490*	490*	490*	0,00
DQO	mg/L	21,7	1916,0	434,4	460,6	175,4	569,6	409,3	158,4	DQO	mg/L	<LQ	1954,7	494,9	472,3	236,9	1352,50	495,20	425,13
Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	214,0	63,1	43,4	<LQ	106,0	63,5	41,8	Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	740,0	83,4	129,0	7,3	109,30	63,33	42,03
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	0,5	0,5	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,0	Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,0
Estuário										Centro do Rio Saboó									
PA-03										PA-04									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Condições de qualidade										Condições de qualidade									
Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	7,8	3,5	1,5	1,7	3,30	2,35	0,55	Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	13,3	5,1	2,4	2,3	6,30	3,80	1,40
Óleos e graxas	mg/L	<LQ	54,0	54,0	0,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	Óleos e graxas	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,0
Cor aparente	mg Pt/L	<LQ	624,1	137,8	215,2	36,2*	36,2*	36,2*	0,00	Cor aparente	mg Pt/L	24,2	166,4	82,1	49,6	105,6*	105,6*	105,6*	0,00
Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	7,9	7,8	0,2	15,9*	15,9*	15,9*	0,0	Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	18,3	13,3	3,1	21,4*	21,4*	21,4*	0,00
Odor	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	0,0	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	0,00	Odor	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	0,0	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	0,0
Turbidez	NTU	<LQ	107,0	9,8	15,7	0,9	3,88	2,47	1,19	Turbidez	NTU	<LQ	86,4	12,5	17,3	<LQ	10,20	5,05	3,81
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<LQ	790,0	163,4	278,0	330*	330*	330*	0,00	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	17,0	14600,0	2153,3	5090,4	4900*	4900*	4900*	0,00
DQO	mg/L	<LQ	1909,1	557,8	455,5	231,00	1332,20	622,30	402,54	DQO	mg/L	<LQ	55723,2	1821,1	8869,4	211,90	482,60	353,90	100,12
Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	184,0	67,7	47,6	<LQ	110,00	54,67	42,86	Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	207,3	56,0	40,3	<LQ	82,70	49,02	34,25
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,0	Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	0,3	0,3	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,00
Montante Rio Saboó, próx. à Av. Eng. Augusto Barata.																			
PA-05																			
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Condições de qualidade										Condições de qualidade									
Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	15,5	5,4	2,7	2,70	8,95	6,04	2,04	Carbono orgânico total	mg/L	<LQ	15,5	5,4	2,7	2,70	8,95	6,04	2,04
Óleos e graxas	mg/L	<LQ	36,8	36,8	0,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	Óleos e graxas	mg/L	<LQ	36,8	36,8	0,0	<LQ	<LQ	<LQ	0,0
Cor aparente	mg Pt/L	<LQ	131,1	78,2	34,1	108,8*	108,8*	108,8*	0,00	Cor aparente	mg Pt/L	<LQ	131,1	78,2	34,1	108,8*	108,8*	108,8*	0,00
Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	18,0	12,8	5,4	13*	13*	13*	0,00	Cor verdadeira	mg Pt/L	<LQ	18,0	12,8	5,4	13*	13*	13*	0,00
Odor	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	0,0	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	0,0	Odor	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	0,0	Inodoro*	Inodoro*	Inodoro*	0,0
Turbidez	NTU	<LQ	75,1	9,0	11,4	<LQ	12,20	6,61	3,88	Turbidez	NTU	<LQ	75,1	9,0	11,4	<LQ	12,20	6,61	3,88
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	17,0	4900,0	783,0	1692,3	490000*	490000*	490000*	0,00	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	17,0	4900,0	783,0	1692,3	490000*	490000*	490000*	0,00
DQO	mg/L	<LQ	7092,0	550,0	1142,9	135,70	275,30	221,13	65,22	DQO	mg/L	<LQ	7092,0	550,0	1142,9	135,70	275,30	221,13	65,22
Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	128,0	50,0	33,6	<LQ	84,70	45,34	34,34	Sólidos suspensos totais	mg/L	<LQ	128,0	50,0	33,6	<LQ	84,70	45,34	34,34
Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,0	Sólidos sedimentáveis	mL/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,0

\* Única concentração quantificada durante o período avaliado (outubro/2015).

Fonte: CPEA (2016).

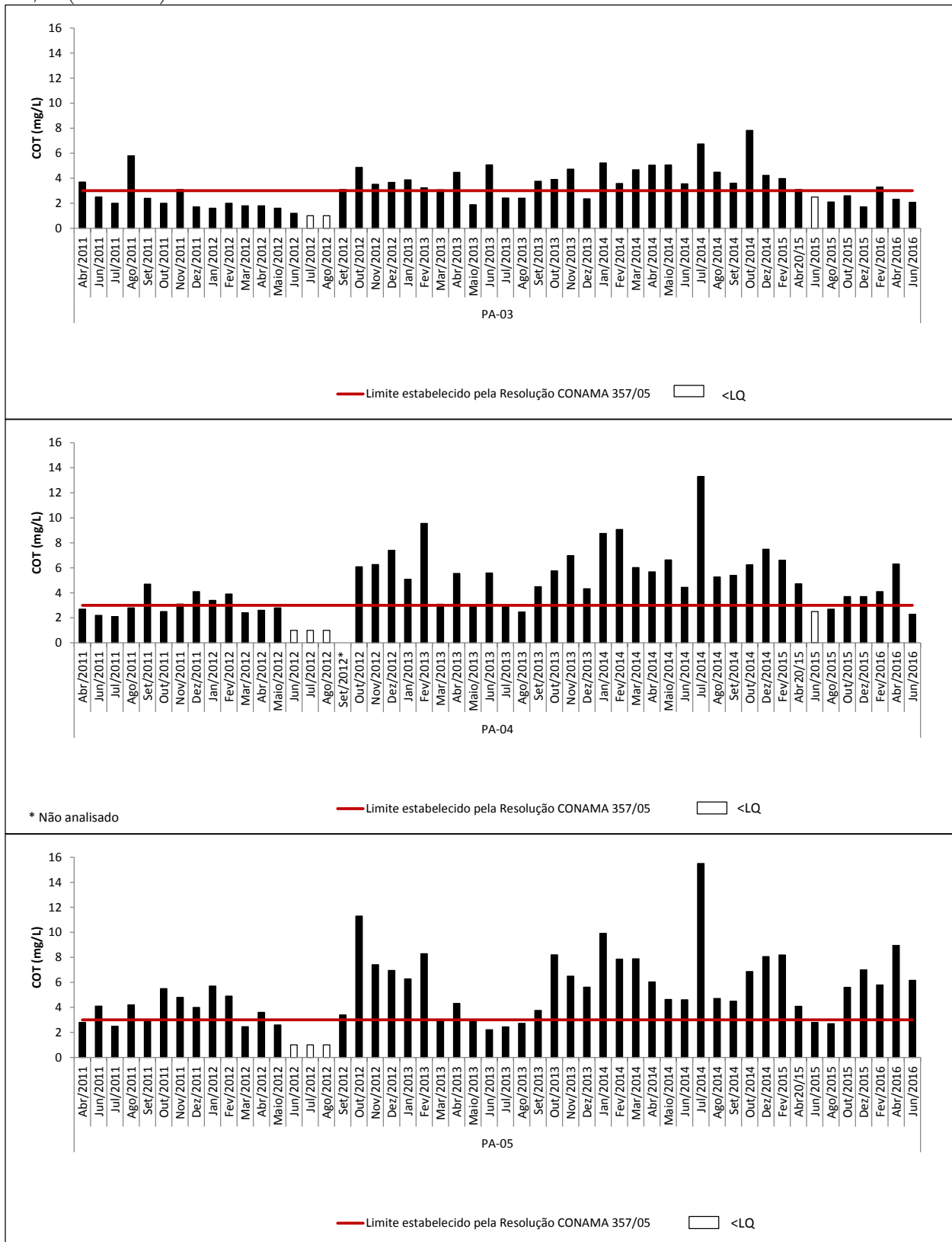
O parâmetro COT foi quantificado em todas as amostras de água (30) analisadas no período deste relatório (julho/15 a junho/16), em concentrações que variaram de 1,3 mg/L (PA-02 em dezembro/2015) a 8,95 mg/L (PA-05 em abril/2016). Dessas 30 amostras analisadas neste período, 13 (43,3%) ocorreram em desconformidade à condição de qualidade estabelecida pelos artigos 18 e 21 da Resolução CONAMA 357/2005 ( $< 3,0$  mg/L). Esse intervalo de concentração obtido neste período de monitoramento corresponde com o intervalo observado ao longo de todas as campanhas amostradas (abril/2011 a junho/2016), onde este parâmetro variou desde valores abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado ( $< 1,0$  mg/L) a 15,5 mg/L (PA-05 em julho/2014), sendo que 162 das 259 amostras analisadas (62,5%), ocorreram em desconformidade à condição de qualidade estabelecida pela resolução supracitada, conforme apresentado na Figura 2.9.6.2.1-1, a seguir.

Figura 2.9.6.2.1-1 – Concentrações de carbono orgânico total (mg/L), obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.2.1-1 (continuação). Concentrações de carbono orgânico total (mg/L), obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/15, em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Entretanto, com exceção do ponto PA-05, os demais pontos monitorados, apresentaram concentrações médias de COT inferiores, em relação aos mesmos pontos monitorados, em período anterior (abril/2011 a julho/2015), conforme observado na Tabela 2.9.6.2.1-1, acima.

A DQO foi quantificada em todas as amostras analisadas, durante o período de julho/15 a junho/16, em concentrações que variaram entre 135,7 mg/L (PA-05 em junho/16) a 1.352,50 mg/L (PA-02 em fevereiro/16). Este intervalo de concentração obtido, neste período de monitoramento, corresponde com o intervalo observado ao longo de todas as campanhas já amostradas (abril/2011 a junho/2016), onde foram obtidas concentrações desde o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório (<22 mg/L) a 55.723,2 mg/L (PA-04 em novembro/12), conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.1-1. Entretanto, a respectiva legislação não estabelece valor máximo de condição de qualidade para este parâmetro.

Ressalta-se que a partir da campanha de abril/12, em todos os 05 pontos amostrais, as amostras de água superficial apresentaram valores de DQO considerados muito altos para esta matriz ambiental. O parâmetro DQO é largamente analisado em laboratórios ambientais acreditados na norma ISO 17.025 pelo método SM 5220, envolvendo oxirredução com dicromato. No entanto, esta metodologia tem como interferente mais comum o cloreto, o qual, durante a etapa de preparação da amostra, reage com o dicromato, levando a resultados falsos positivos. Segundo APHA (2012), a interferência de cloreto pode ser eliminada em amostras com concentrações de até 2000 mg/L, mediante a adição de um agente complexante (sulfato de mercúrio). Logo, analisando-se os resultados de DQO em comparação a salinidade, observa-se que o cloreto presente naturalmente na água salobra, pode ter interferido na análise de algumas amostras, ocasionando os altos valores observados.

Para óleos & graxas a Resolução CONAMA 357/2005, também não estabelece uma concentração máxima de condição de qualidade e sim a condição de “virtualmente ausente”. Nas campanhas realizadas entre julho de 2015 a junho de 2016, nenhuma amostra apresentou concentrações quantificáveis deste parâmetro. Em comparação ao período histórico de amostragem, de abril/11 a junho/16, os resultados são similares, visto que a maioria das amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico, e quando quantificadas (3,46% das amostras analisadas), ocorreram de forma esporádica ao longo das campanhas, em concentrações que variaram de 36,8 mg/L (PA-05 em outubro/2011) a 90,8 mg/L (PA-01 em fevereiro/2013), conforme observado na Tabela 2.9.6.2.1-1.

Situação semelhante ocorre com o parâmetro sólidos sedimentáveis, onde observou-se concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras de água superficial analisadas no período deste relatório (julho/15 a junho/16). Em comparação a todo o período histórico de amostragem, de abril/11 a junho/16, os resultados são similares, visto que a maioria das amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico, sendo quantificadas no período, apenas 02 amostras, ambas em janeiro/2014.

Em relação aos sólidos suspensos totais, no período deste relatório, foram obtidas concentrações entre o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório (<5,0 mg/L) e 110,0 mg/L (PA-03 em abril/16). No entanto, os artigos 18 e 21 da referida resolução não apresentam condição de qualidade para este parâmetro. Estes resultados estão similares ao intervalo de concentração observado para a região, durante todo o período de monitoramento (abril/11 e junho/16), onde foram obtidas concentrações entre <5,0 mg/L a 740 mg/L (PA-02 em dezembro/13), conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.1-1.

Para o período de monitoramento desse relatório, entre julho/15 e junho/16, os parâmetros cor aparente e cor verdadeira foram analisados apenas na campanha anual de outubro/2015, sendo que a referida resolução estabelece como condição de qualidade para estes parâmetros a condição “virtualmente ausente”. Nas amostras analisadas (outubro/2015), foram quantificadas concentrações de cor verdadeira, ocorrendo entre 7,12 mg Pt/L (PA-01) e 21,4 mg Pt/L (PA-04), já para o parâmetro cor aparente, as amostras ocorreram entre 36,2 mg Pt/L (PA-02) a 108,8 mg Pt/L (PA-05). Estes



intervalos obtidos estão dentro dos já observados ao longo de todo o monitoramento, conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.1-1.

O parâmetro odor foi classificado como “inodoro” em todas as amostras de água analisadas e está conforme à condição de qualidade (“virtualmente ausente”) estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 (art. 18 e 21).

A turbidez foi quantificada na maioria das amostras analisadas (73,3%), entre julho/15 e junho/16, sendo que neste período as concentrações variaram entre <0,9 NTU e 12,20 NTU (PA-05 em dezembro/15). Este intervalo observado está contido dentro do intervalo obtido durante todo o monitoramento (abril/11 e junho/16), entre < 0,9 NTU e 107,0 (PA-03 em outubro/14), conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.1-1. Ressalta-se que a referida resolução não estabelece um valor como condição de qualidade para turbidez e sim como “virtualmente ausente”.

A turbidez é uma medida do grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água. Segundo Branco (1991), as alterações na cor e turbidez da água são resultados de processos de decomposição que ocorrem no ambiente, sendo as águas superficiais mais sujeitas à coloração elevada, comparando-se com as águas subterrâneas. A presença de sólidos, sais formados por óxidos ou hidróxidos metálicos, tais como de ferro e manganês, além de plânctons e despejos industriais podem conferir cor e turbidez às amostras de água.

Outro indicador de contaminação orgânica oriunda de efluentes domésticos não tratados são os coliformes termotolerantes, que foi analisado na campanha de outubro/2015 (parâmetro de frequência anual), sendo quantificado em todas as amostras analisadas, em concentrações que variaram de 23 NMP/100mL (PA-01) a 490.000 NMP/100 mL (PA-05)..1. Ressalta-se que o Terminal Portuário da BTP não realiza lançamento de efluentes domésticos (brutos e/ou tratados) no estuário/rio Saboó, uma vez que seus efluentes sanitários são direcionados, desde dezembro de 2010, para a concessionária responsável pela captação e tratamento do esgoto na região portuária (atualmente a concessionária responsável é a Cembra-Gerconsult). De acordo com informações disponibilizadas no site da Cembra-Gerconsult (CONSÓRCIO CEMBRA-GERCONSULT, 2016), o sistema de coleta e tratamento do esgoto conta com 17 estações elevatórias que bombeiam o esgoto através dos tubos coletores em direção à ETE (Estação de Tratamento de Esgoto). O tratamento do esgoto é realizado através do sistema de aeração prolongada com remoção de até 98% da matéria orgânica. O líquido sobressalente passa por uma terceira etapa de tratamento tornando-o reutilizável, para fins não-potáveis. A autossuficiência do Porto no abastecimento de água potável e no tratamento de esgoto é um reflexo dos esforços conjuntos da Codesp e da iniciativa privada, através do arrendamento das instalações e estruturas. Dessa forma, não há influência do lançamento de efluentes da BTP no Programa de Controle e Monitoramento das Águas Superficiais e Sedimentos.

### **2.9.6.2.2. Padrões de qualidade**

A seguir são apresentados os resultados dos parâmetros inorgânicos e orgânicos determinados nas amostras de águas superficiais coletadas nas imediações da BTP, durante o período de monitoramento.

#### **A. Parâmetros Inorgânicos**

##### **Metais**

A Tabela 2 do Anexo B apresenta os resultados dos metais e semimetais totais e metais dissolvidos analisados nas amostras de águas superficiais coletadas nas imediações da BTP. Enquanto que a Tabela 2.9.6.2.2-1, a seguir, apresenta à média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos dos referidos parâmetros inorgânicos, analisados em todos os pontos de amostragem para o período de abril/11 a junho/2015, em comparação ao período de julho/2015 a junho/2016. Vale ressaltar que neste último período, estes parâmetros foram analisados apenas na campanha anual de outubro/2015.

Tabela 2.9.6.2.2-1 – Médias, desvios padrão, mínimos e máximos dos metais e semimetais totais e dissolvidos quantificados em todos os pontos de amostragem, calculados para os períodos de abril/11 a junho/2015 e de julho/2015 a junho/2016.

Foz do Rio Saboá										Estuário									
PA-01										PA-02									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade		Padrões de qualidade																	
Parâmetros inorgânicos		Parâmetros inorgânicos																	
Metais e semimetais totais		Metais e semimetais totais																	
	Unidade																		
Arsênio (As)	mg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Arsênio (As)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Berílio (Be)	µg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Berílio (Be)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Boro (B)	mg/L	1,490	3,580	2,464	0,579	2,76*	2,76*	2,76*	0,000	Boro (B)	mg/L	<LQ	3,920	2,955	0,531	2,58*	2,58*	2,58*	0,000
Cádmio (Cd)	mg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cádmio (Cd)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Chumbo (Pb)	mg/L	<LQ	0,000	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Chumbo (Pb)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Cromo (Cr)	mg/L	<LQ	0,028	0,028	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cromo (Cr)	mg/L	<LQ	0,028	0,028	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Manganês (Mn)	mg/L	0,026	0,451	0,097	0,103	0,035*	0,035*	0,035*	0,000	Manganês (Mn)	mg/L	<LQ	0,451	0,076	0,112	0,042*	0,042*	0,042*	0,000
Mercurio (Hg)	mg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Mercurio (Hg)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Níquel (Ni)	mg/L	<LQ	0,143	0,100	0,074	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Níquel (Ni)	mg/L	<LQ	0,145	0,101	0,076	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Prata (Ag)	mg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Prata (Ag)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Selênio (Se)	mg/L	<LQ	<LQ	0,000	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Selênio (Se)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Zinco (Zn)	mg/L	<LQ	0,167	0,094	0,051	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Zinco (Zn)	mg/L	<LQ	0,167	0,085	0,040	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Metais dissolvidos		Metais dissolvidos																	
Alumínio (Al)	mg/L	<LQ	0,690	0,299	0,342	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Alumínio (Al)	mg/L	<LQ	0,056	0,056	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Cobre (Cu)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cobre (Cu)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Ferro (Fe)	mg/L	<LQ	1,560	0,452	0,741	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Ferro (Fe)	mg/L	<LQ	0,064	0,040	0,014	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Estuário										Centro do Rio Saboá									
PA-03										PA-04									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade		Padrões de qualidade																	
Parâmetros inorgânicos		Parâmetros inorgânicos																	
Metais e semimetais totais		Metais e semimetais totais																	
	Unidade																		
Arsênio (As)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Arsênio (As)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Berílio (Be)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Berílio (Be)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Boro (B)	mg/L	2,000	4,290	3,179	0,628	2,63*	2,63*	2,63*	0,000	Boro (B)	mg/L	1,310	3,340	2,443	0,643	2,42*	2,42*	2,42*	0,000
Cádmio (Cd)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cádmio (Cd)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Chumbo (Pb)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Chumbo (Pb)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Cromo (Cr)	mg/L	<LQ	0,023	0,020	0,005	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cromo (Cr)	mg/L	<LQ	0,038	0,030	0,014	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Manganês (Mn)	mg/L	<LQ	0,821	0,105	0,211	0,04*	0,04*	0,04*	0,000	Manganês (Mn)	mg/L	0,022	0,164	0,072	0,039	0,063*	0,063*	0,063*	0,000
Mercurio (Hg)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Mercurio (Hg)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Níquel (Ni)	mg/L	<LQ	0,119	0,089	0,053	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Níquel (Ni)	mg/L	<LQ	0,202	0,202	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Prata (Ag)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Prata (Ag)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Selênio (Se)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Selênio (Se)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Zinco (Zn)	mg/L	<LQ	0,171	0,100	0,042	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Zinco (Zn)	mg/L	<LQ	0,185	0,085	0,049	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Metais dissolvidos		Metais dissolvidos																	
Alumínio (Al)	mg/L	<LQ	0,068	0,055	0,013	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Alumínio (Al)	mg/L	<LQ	0,132	0,098	0,039	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Cobre (Cu)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cobre (Cu)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Ferro (Fe)	mg/L	<LQ	0,057	0,046	0,016	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Ferro (Fe)	mg/L	<LQ	0,216	0,101	0,068	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Montante Rio Saboá, próx. à Av. Eng. Augusto Barata																			
PA-05																			
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016													
Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.										
Padrões de qualidade		Padrões de qualidade																	
Parâmetros inorgânicos		Parâmetros inorgânicos																	
Metais e semimetais totais		Metais e semimetais totais																	
	Unidade																		
Arsênio (As)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Berílio (Be)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Boro (B)	mg/L	<LQ	4,030	2,025	0,898	1,79*	1,79*	1,79*	0,000										
Cádmio (Cd)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Chumbo (Pb)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Cromo (Cr)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Manganês (Mn)	mg/L	<LQ	0,183	0,097	0,054	0,139*	0,139*	0,139*	0,000										
Mercurio (Hg)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Níquel (Ni)	mg/L	<LQ	0,078	0,078	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Prata (Ag)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Selênio (Se)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Zinco (Zn)	mg/L	<LQ	0,914	0,162	0,283	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Metais dissolvidos		Metais dissolvidos																	
Alumínio (Al)	mg/L	<LQ	0,189	0,113	0,107	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Cobre (Cu)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										
Ferro (Fe)	mg/L	<LQ	0,224	0,104	0,082	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000										

\* Única concentração quantificada durante o período avaliado (outubro/2015).

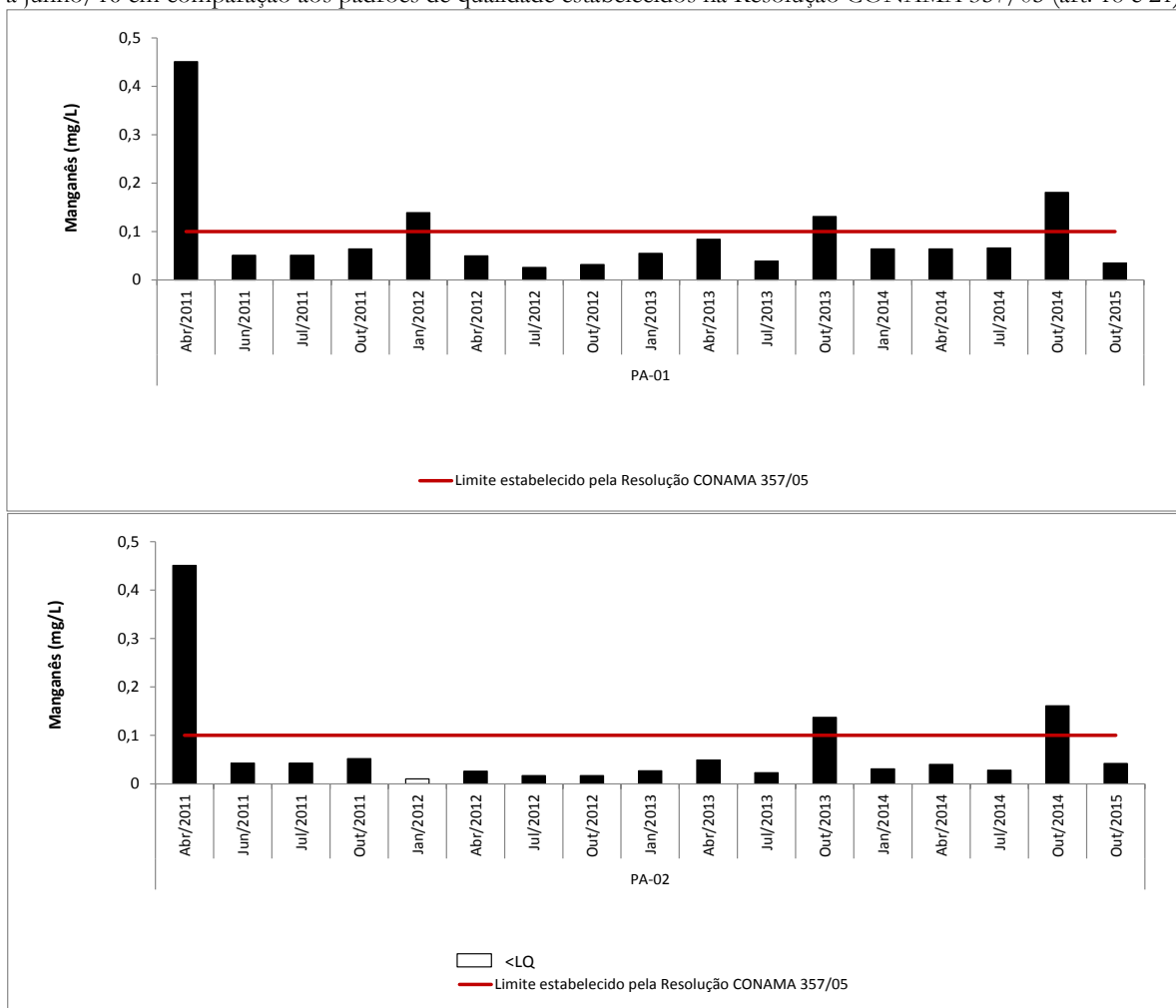
Fonte: CPEA (2016).

Dentre os metais totais analisados, neste período de monitoramento (outubro/2015), foram quantificados boro e manganês em todas as amostras de água superficial analisadas.

O manganês total foi quantificado em concentrações que variaram de 0,035 mg/L (PA-01) a 0,139 mg/L (PA-05), ocorrendo esta última amostra em desconformidade ao padrão de qualidade estabelecido na resolução CONAMA 357/05 (0,1 mg/L). Entretanto, este intervalo encontra-se dentro da série histórica (<0,010 a 0,821 mg/L; PA-03 em abril/11) obtida ao longo deste monitoramento (abril/2011 a junho/16), conforme apresentado na Figura 2.9.6.2.2-1, a seguir.

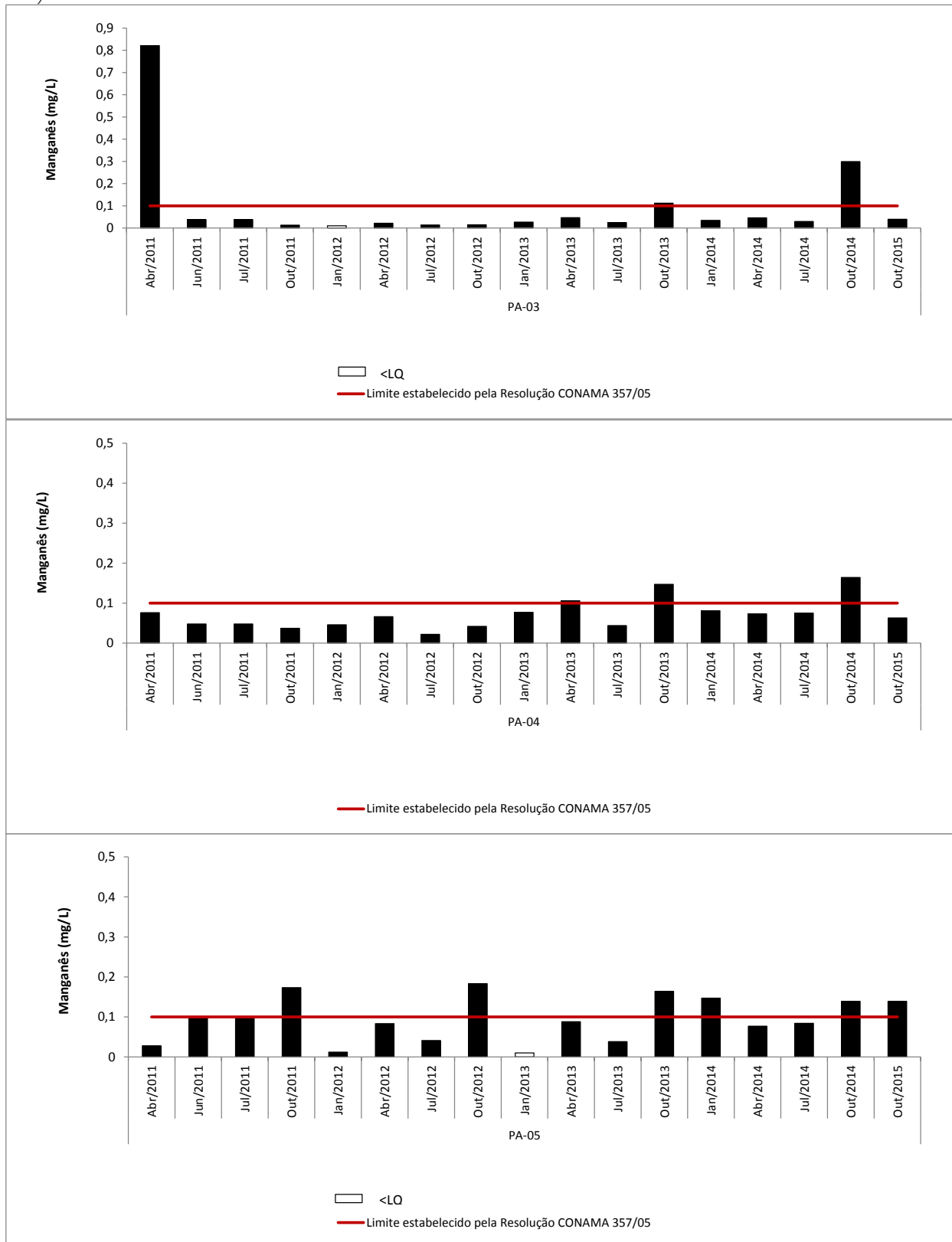
Em relação à média de concentração obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a junho/2015), as amostras desta campanha de outubro/2015 apresentaram, em todos os pontos (exceção ao PA-05), um decréscimo nos valores médios, conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.2-1. Cabe ressaltar que o manganês é um dos elementos mais frequentes na superfície da terra, sendo conseqüentemente encontrados em todos os corpos d'água (ESTEVES; PANOSSO, 2011), mesmo que em concentrações muito reduzidas e podendo ter um aumento de suas concentrações em períodos chuvosos.

Figura 2.9.6.2.2-1 – Concentrações de manganês (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.2.2-1 (continuação). Concentrações de manganês (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).

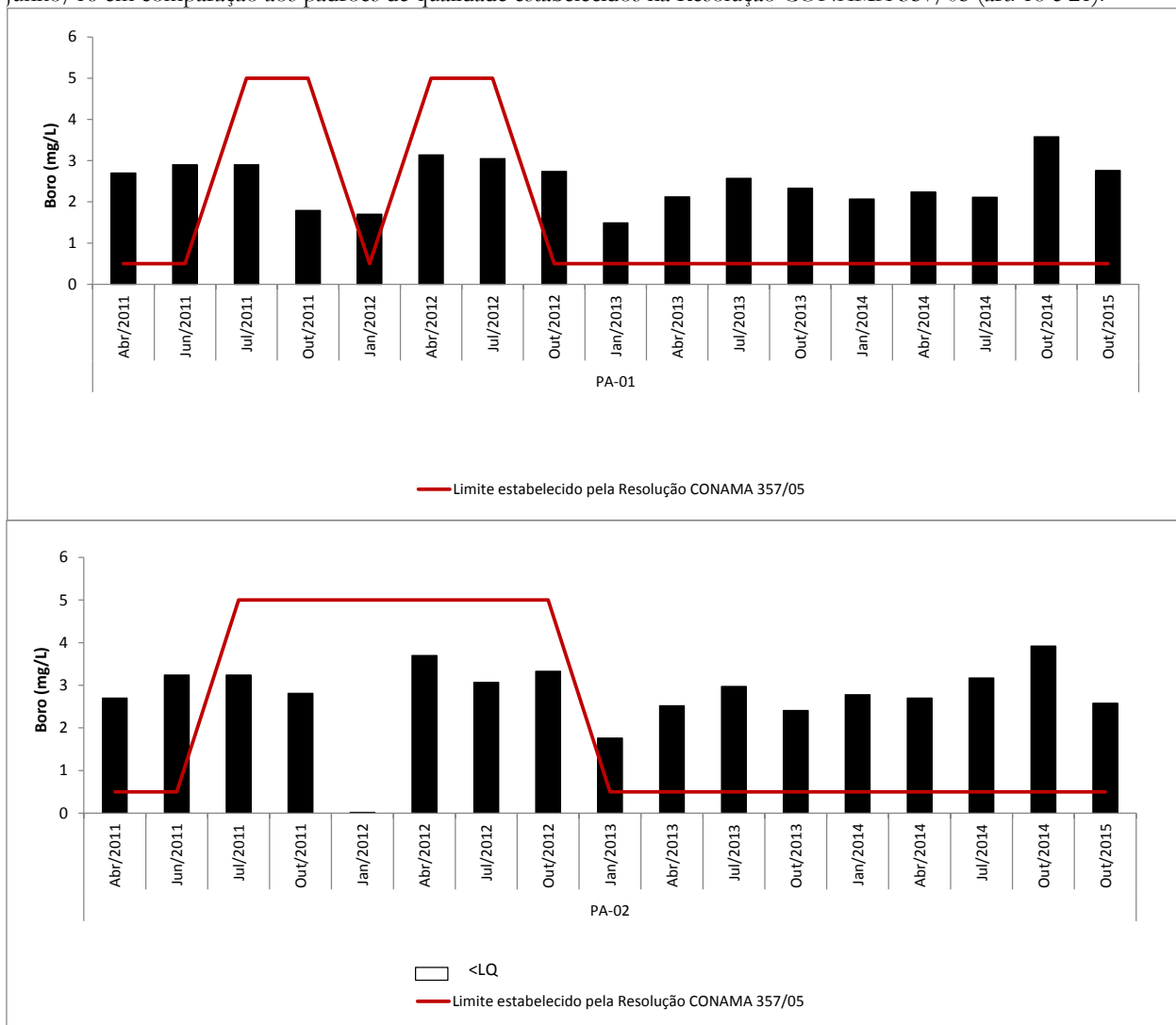


Fonte: CPEA (2016).

O metal boro total foi quantificado nas amostras de outubro/2015, em concentrações que variaram entre 1,79 mg/L (PA-05) e 2,76 mg/L (PA-01), todos em desconformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela resolução supracitada. Entretanto, este intervalo encontra-se dentro da série histórica (<0,015 a 4,29 mg/L; PA-03 em outubro/14) obtida ao longo deste monitoramento (abril/2011 a junho/16), conforme Figura 2.9.6.2.2-2, a seguir.

Em relação à média de concentrações obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a junho/2015), as amostras desta campanha de outubro/2015 apresentaram em todos os pontos (exceção PA-02) um decréscimo nos valores médios, conforme observado na Tabela 2.9.6.2.2-1.

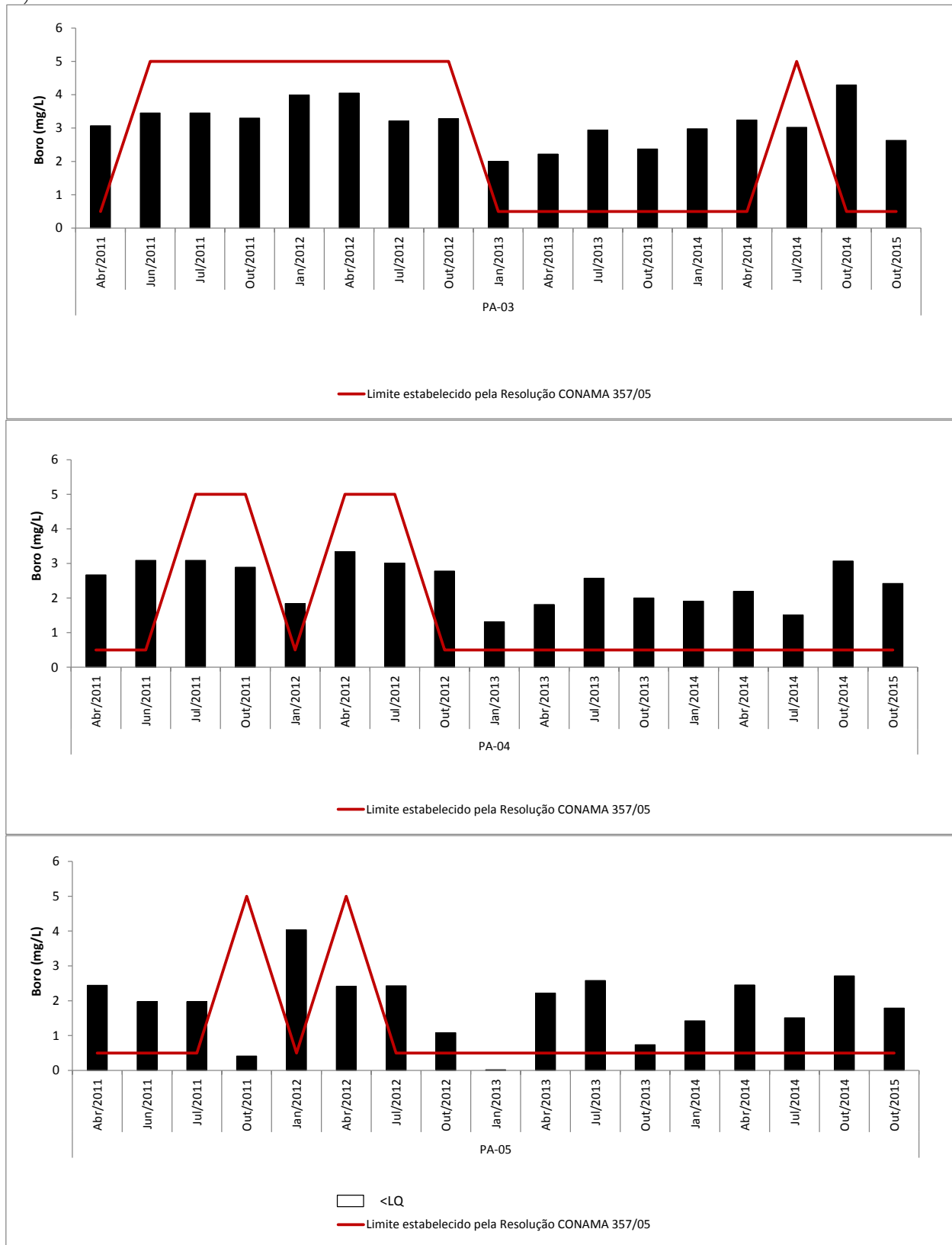
Figura 2.9.6.2.2-2 – Concentrações de boro (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).



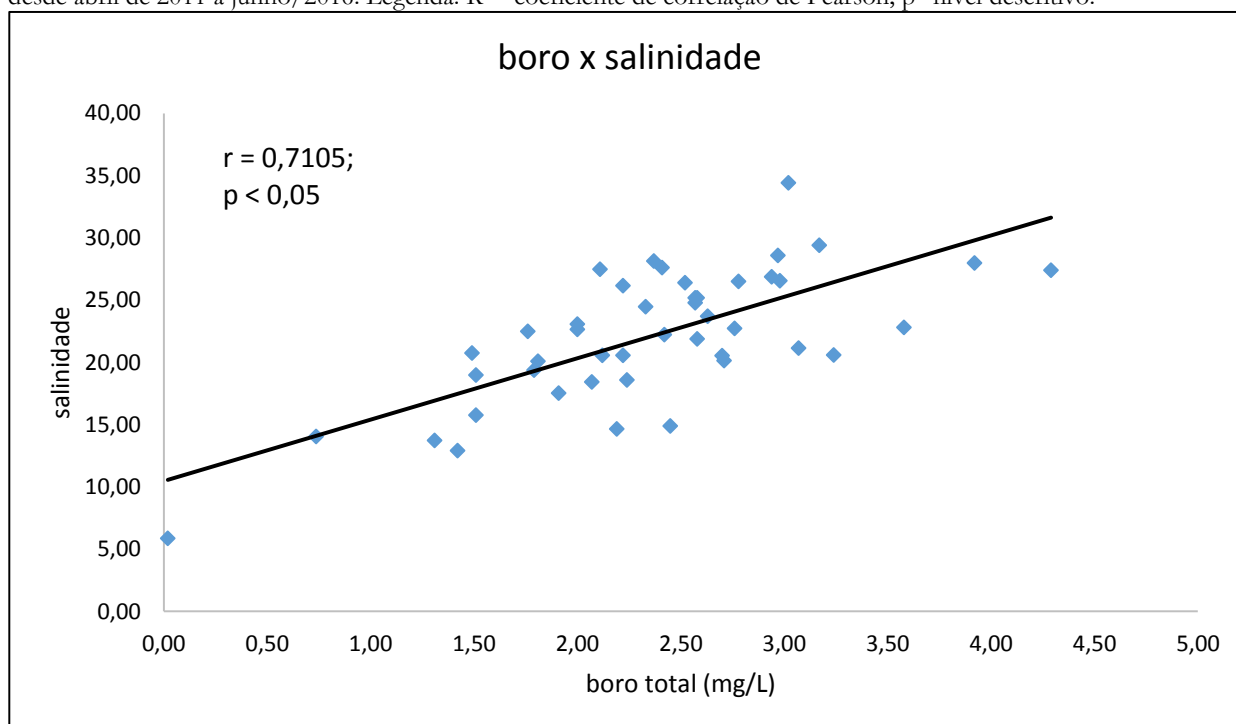
Figura 2.9.6.2.2-2 (continuação). Concentrações de boro (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Segundo Curtis (1998), o boro é um micronutriente essencial para o normal desenvolvimento e crescimento dos organismos. Foi considerado inócuo ambientalmente, porém em determinadas concentrações pode ser tóxico para alguns organismos (LI *et al*, 2008). O boro é também componente de diversos produtos industrializados, que variam desde ligas de ferro-boro até cremes e shampoos (KIRK-OTHMER, 1991), dificultando a rastreabilidade de uma possível fonte de contaminação. No entanto, a principal fonte de boro para as águas estuarinas é a intrusão da cunha salina, uma vez que na água salina são comuns concentrações de boro de até 4,5 mg/L (RILEY; CHESTER, 1971). A própria Resolução CONAMA 357/05, em seu artigo 18 (água salina) define como padrão de qualidade que a concentração de boro seja de até 5 mg/L. Dessa forma, entende-se que, os resultados obtidos nas referidas campanhas refletem uma provável interferência oriunda da intrusão da cunha salina ao longo do estuário em função das oscilações de maré. Na Figura 2.9.6.2.2-3, é possível observar uma correlação direta moderada ( $r = 0,7105$ ) entre as concentrações de boro e a salinidade ao longo de todo o monitoramento realizado desde abril de 2011 a junho de 2016.

Figura 2.9.6.2.2-3 – Correlação entre salinidade e as concentrações de boro das amostras de água superficial coletadas desde abril de 2011 a junho/2016. Legenda: R = coeficiente de correlação de Pearson; p=nível descritivo.



Fonte: CPEA (2016).

Os demais metais totais e o semimetal arsênio ocorreram em concentrações inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras analisadas no período deste relatório (outubro/2015).

Assim como para os metais totais, dentre este período de monitoramento (julho/15 a junho/16), os metais dissolvidos também foram analisados apenas na campanha de outubro/2015. No entanto, todas as amostras analisadas apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório.

Em relação à série histórica deste monitoramento (abril/2011 a junho/2016), o cobre dissolvido não foi quantificado em nenhuma amostra deste monitoramento. O ferro dissolvido foi quantificado em 25 das 81 amostras em que os metais foram analisados (30,8%), em concentrações que variaram de 0,031 mg/L (PA-01 em julho/2013 e PA-02 em junho e julho/2011) a 1,56 mg/L (PA-01 em janeiro/2012), sendo que apenas esta última amostra, foi quantificada em desconformidade ao

padrão de qualidade estabelecido pela resolução supracitada. Já alumínio dissolvido foi quantificado em 12 das 81 amostras analisadas (14,8%), sendo 05 amostras em desconformidade ao padrão de qualidade estabelecido pela resolução, e com concentrações que variaram desde o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório, <0,030 mg/L a 0,690 mg/L (PA-01 em janeiro/2012).

### **Não metais**

A Tabela 2 do Anexo B apresenta os resultados dos constituintes inorgânicos não metálicos (cianeto livre, fluoreto, fósforo total, fósforo dissolvido, polifosfatos, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio kjeldahl total e sulfeto) analisados nas amostras de águas superficiais coletadas nas imediações da BTP. Enquanto que a Tabela 2.9.6.2.2-2 apresenta à média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos dos referidos constituintes inorgânicos não metálicos analisados em todos os pontos de amostragem para o período de abril/11 a junho/2015 em comparação ao período de julho/2015 a junho/2016.

Tabela 2.9.6.2.2-2. Médias, desvios padrão, mínimos e máximos dos constituintes não metálicos quantificados em todos os pontos de amostragem, calculados para os períodos de abril/11 a junho/2015 e de julho/2015 a junho/2016.

Foz do Rio Saboó										Estuário									
PA-01										PA-02									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade																			
Constituintes inorgânicos não metálicos																			
Cianeto livre	mg/L	<LQ	0,032	0,032	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cianeto livre	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fluoreto	mg/L	<LQ	4,480	1,682	1,638	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Fluoreto	mg/L	<LQ	3,500	1,609	1,434	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fósforo total	mg/L	0,020	2,840	0,648	0,589	0,299	0,830	0,519	0,187	Fósforo total	mg/L	<LQ	3,580	0,522	0,605	0,144	0,822	0,457	0,254
Fósforo dissolvido	mg/L	0,142	2,170	0,553	0,579	0,507*	0,507*	0,507*	0,000	Fósforo dissolvido	mg/L	<LQ	1,260	0,401	0,346	0,610*	0,610*	0,610*	0,000
Poli-fosfatos	mg/L	0,011	0,430	0,125	0,142	0,02*	0,02*	0,02*	0,000	Poli-fosfatos	mg/L	<LQ	0,200	0,076	0,077	0,026*	0,026*	0,026*	0,000
Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	14,700	2,063	4,532	0,241*	0,241*	0,241*	0,000	Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	26,100	2,964	8,137	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,119	0,065	0,038	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,118	0,085	0,055	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	0,546	0,274	0,150	0,669*	0,669*	0,669*	0,000	Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	0,510	0,164	0,138	1,930*	1,930*	1,930*	0,000
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	12,300	2,026	2,470	1,160	5,250	2,494	1,442	Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	16,700	2,592	4,140	0,958	10,200	3,988	3,299
Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Estuário										Centro do Rio Saboó									
PA-03										PA-04									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade																			
Constituintes inorgânicos não metálicos																			
Cianeto livre	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cianeto livre	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fluoreto	mg/L	<LQ	4,580	1,080	1,413	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Fluoreto	mg/L	<LQ	8,950	2,375	2,867	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fósforo total	mg/L	0,049	1,670	0,429	0,401	0,209	0,864	0,544	0,237	Fósforo total	mg/L	0,060	2,920	0,600	0,549	0,315	0,777	0,532	0,197
Fósforo dissolvido	mg/L	0,092	1,350	0,373	0,372	0,603*	0,603*	0,603*	0,000	Fósforo dissolvido	mg/L	0,152	1,770	0,517	0,479	0,553*	0,553*	0,553*	0,000
Poli-fosfatos	mg/L	0,004	0,310	0,093	0,107	0,003*	0,003*	0,003*	0,000	Poli-fosfatos	mg/L	0,004	0,380	0,135	0,137	0,089*	0,089*	0,089*	0,000
Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	31,700	4,668	9,666	0,313*	0,313*	0,313*	0,000	Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	23,600	3,572	7,106	0,576*	0,576*	0,576*	0,000
Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,129	0,091	0,054	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,254	0,124	0,098	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	0,522	0,221	0,177	1,5*	1,5*	1,5*	0,000	Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	1,580	0,435	0,432	2,12*	2,12*	2,12*	0,000
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	12,600	1,686	2,418	0,327	8,190	4,471	2,914	Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	10,400	1,867	2,124	1,420	11,200	4,880	3,387
Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Montante Rio Saboó, próx. à Av. Eng. Augusto Barata																			
PA-05																			
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade																			
Constituintes inorgânicos não metálicos																			
Cianeto livre	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Cianeto livre	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fluoreto	mg/L	<LQ	4,580	1,378	1,382	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Fluoreto	mg/L	<LQ	4,580	1,378	1,382	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fósforo total	mg/L	<LQ	7,880	0,837	1,201	0,421	0,819	0,639	0,162	Fósforo total	mg/L	<LQ	7,880	0,837	1,201	0,421	0,819	0,639	0,162
Fósforo dissolvido	mg/L	<LQ	1,780	0,595	0,528	0,648*	0,648*	0,648*	0,000	Fósforo dissolvido	mg/L	<LQ	1,780	0,595	0,528	0,648*	0,648*	0,648*	0,000
Poli-fosfatos	mg/L	<LQ	0,500	0,187	0,171	0,171*	0,171*	0,171*	0,000	Poli-fosfatos	mg/L	<LQ	0,500	0,187	0,171	0,171*	0,171*	0,171*	0,000
Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	2,490	0,851	0,873	1,78*	1,78*	1,78*	0,000	Nitrato (como N)	mg/L	<LQ	2,490	0,851	0,873	1,78*	1,78*	1,78*	0,000
Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,167	0,092	0,073	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Nitrito (como N)	mg/L	<LQ	0,167	0,092	0,073	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	0,846	0,581	0,249	3,41*	3,41*	3,41*	0,000	Nitrogênio Amôniaal	mg/L	<LQ	0,846	0,581	0,249	3,41*	3,41*	3,41*	0,000
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	12,600	2,581	2,551	0,581	10,000	4,699	3,116	Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	<LQ	12,600	2,581	2,551	0,581	10,000	4,699	3,116
Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Sulfeto (como H2S não dissociado)	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000

\* Única concentração quantificada durante o período avaliado (outubro/2015).

Fonte: CPEA (2016).

Entre os referidos constituintes, no período de julho/2015 a junho/2016, apenas os parâmetros fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total foram analisados em todas as campanhas, os demais parâmetros foram analisados somente na campanha anual de outubro/2015.

Os parâmetros cianeto livre, sulfeto, fluoreto e nitrito apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico para todas as 05 amostras de água analisadas em outubro/2015.

Os resultados de cianeto livre estão de acordo com o histórico do monitoramento (abril/11 a junho/16), visto que até o presente momento uma única amostra (PA-01) foi quantificada no mês de outubro/11 (0,032 mg/L). O sulfeto, cujo monitoramento teve início em janeiro de 2013, sempre ocorreu em concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado, conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.2-2.

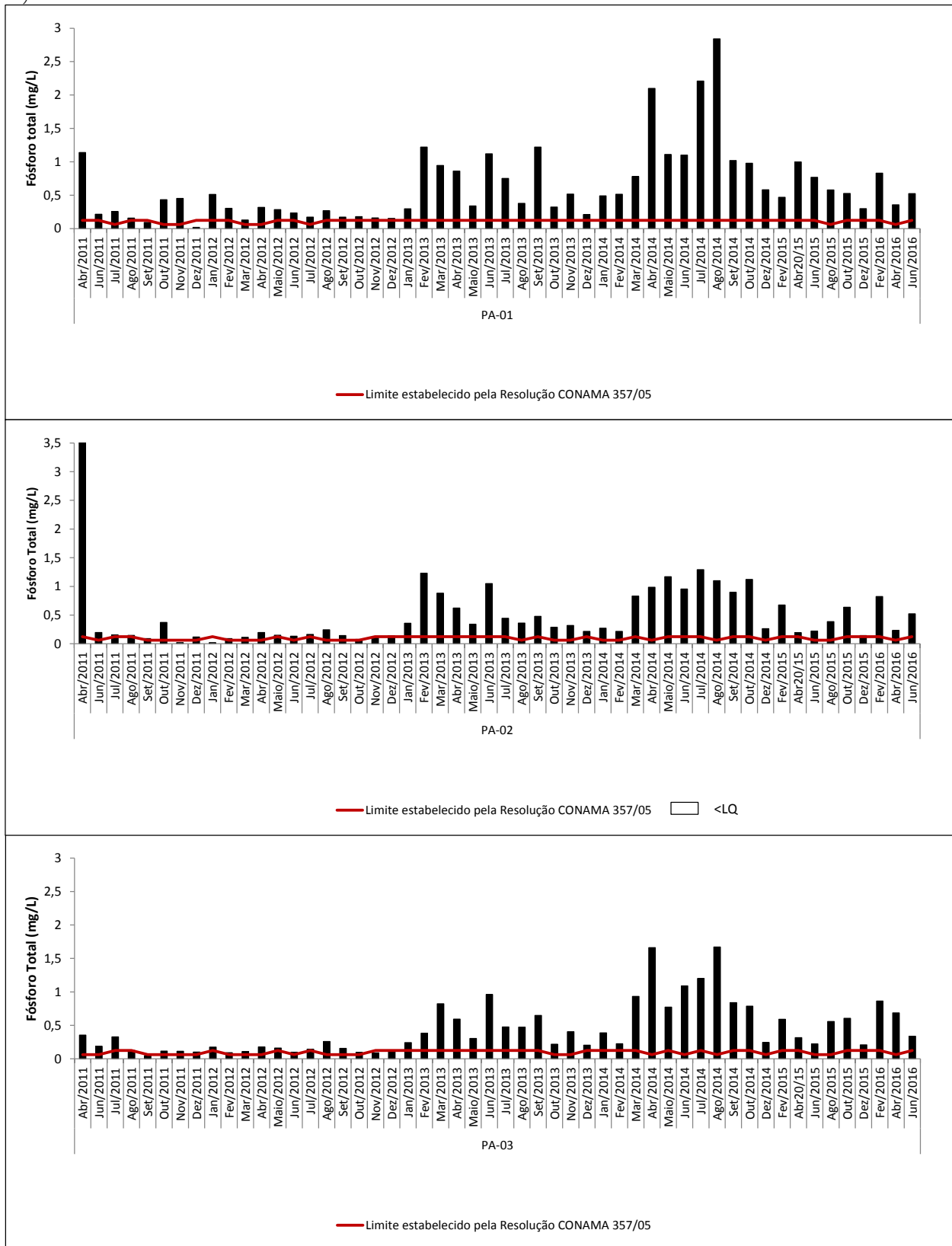
Em relação ao fluoreto, a série histórica (entre abril/11 e junho/16) apresenta concentrações que oscilaram entre o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório <0,120 mg/L e 8,950 mg/L (PA-04 em outubro/2012). A aplicação de fluoreto na água de abastecimento público se dá desde a década de 70 e é considerada uma medida ideal para prevenção da cárie (SANTOS; SANTOS, 2011). Em águas salinas, a concentração média dessa substância é 1,3 mg/L (BARBIER *et al.*, 2010), semelhante ao valor de 1,5 mg/L estipulado como limite para consumo humano pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Em águas costeiras, segundo Panigrahy *et al.* (1999), as principais fontes de fluoretos são: o aporte de água doce, drenagem superficial, efluentes domésticos e efluentes de indústrias de fertilizantes. Desta forma faz sentido os dados obtidos, uma vez que fontes difusas estão presentes ao longo do estuário de Santos, com potencial de influenciar a qualidade das águas superficiais na região, além da influência da água salina.

Em relação ao nitrito, na série histórica são observados valores de concentração desde o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório (< 0,0150 mg/L) até 0,254 mg/L (PA-04 em julho/2014).

Como explicitado acima, no período de julho/2015 a junho/2016, o fósforo total foi quantificado em todas as amostras, com concentrações em desconformidade ao padrão de qualidade estabelecido na resolução CONAMA 357/05, variando de 0,144 mg/L (PA-02 em dez/2015) a 0,864 mg/L (PA-03 em fevereiro/16). Este intervalo de concentração obtido está condizente com o intervalo já observado ao longo da série histórica de monitoramento (abril/11 a junho/16), cujas concentrações ocorreram desde o limite inferior de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório (<0,020 mg/L) a 7,88 mg/L (PA-05 em agosto/2012), conforme observado na Figura 2.9.6.2.2-5. Já em relação à média de concentração obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a julho/2015), as amostras deste período de julho/2015 a junho/2016, apresentaram em todos os pontos (exceção PA-03), um ligeiro decréscimo nos valores médios, conforme observado na Tabela 2.9.6.2.2-2.

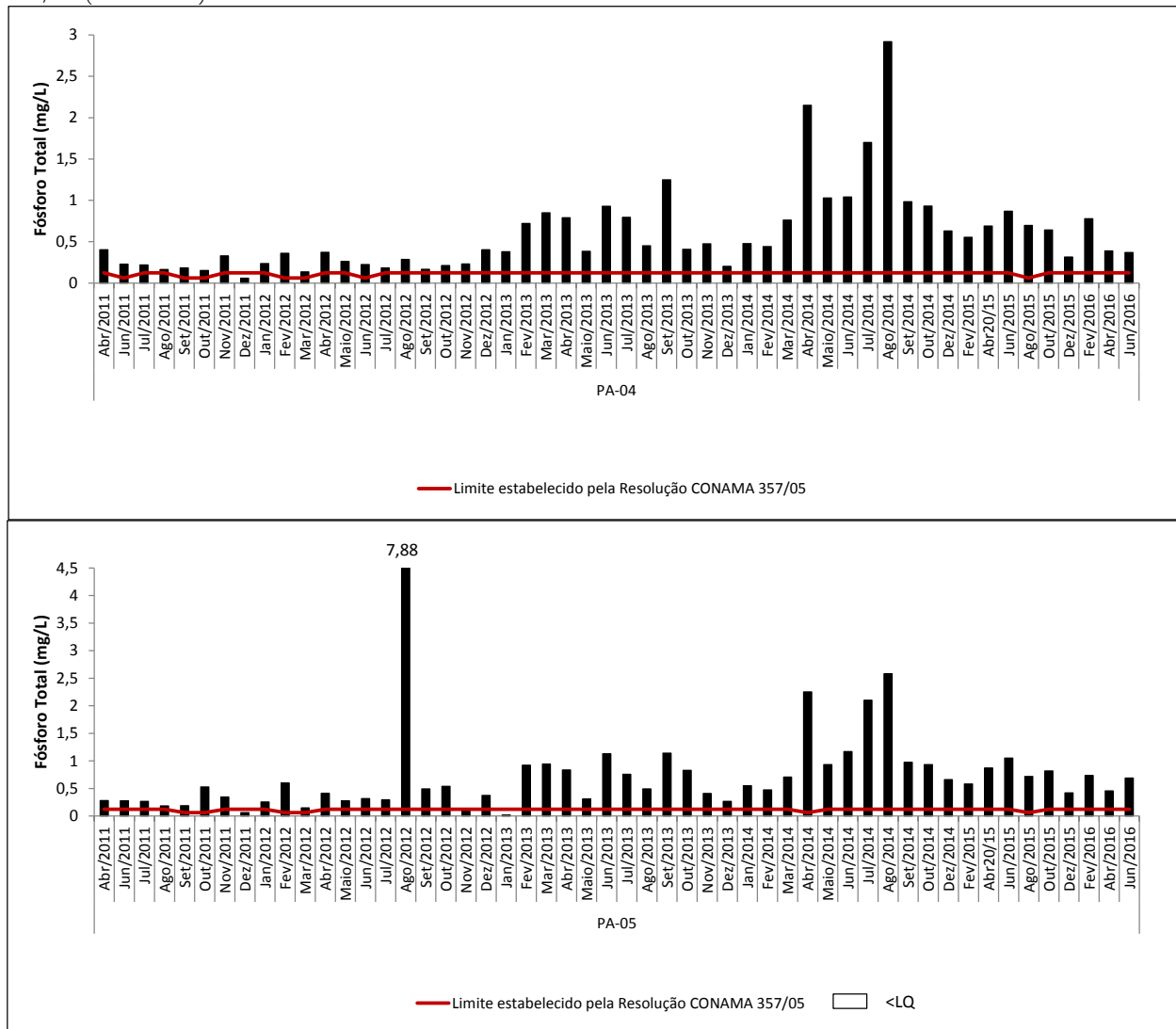


Figura 2.9.6.2.2-5 – Concentrações de fósforo total (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

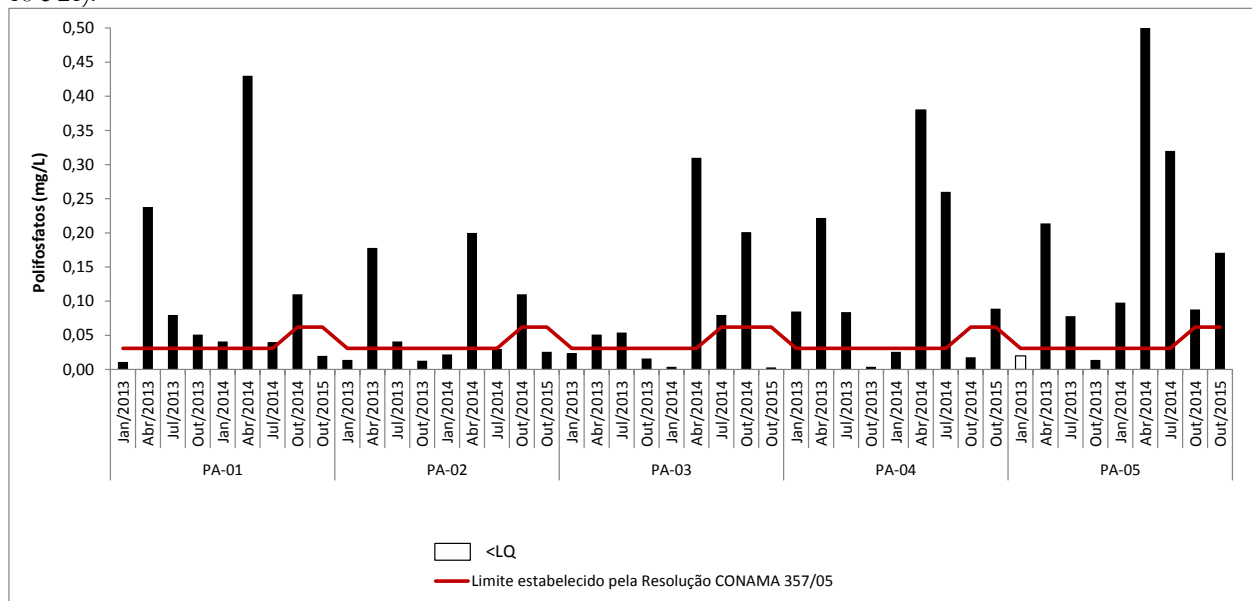
Figura 2.9.6.2.2-5 (continuação). Concentrações de fósforo total (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a junho/16 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Em relação aos polifosfatos, neste período de julho/15 a junho/16, este parâmetro foi analisado apenas na campanha de outubro/2015, sendo quantificado em todas as amostras analisadas e destas, em duas (02) amostras (PA-04 e PA-05), as concentrações estiveram em desconformidade ao padrão de qualidade estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, com concentrações que variaram de 0,003 mg/L (PA-02) a 0,171 mg/L (PA-05). Entretanto, as concentrações obtidas estiveram dentro do intervalo de concentração observado na série histórica (janeiro/2013 a junho/2016), entre <0,020 mg/L e 0,5 mg/L (PA-05 em abril/2014; Figura 2.9.6.2.2-6).

Figura 2.9.6.2.2-6 – Concentrações de polifosfatos (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de janeiro/13 a outubro/15 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



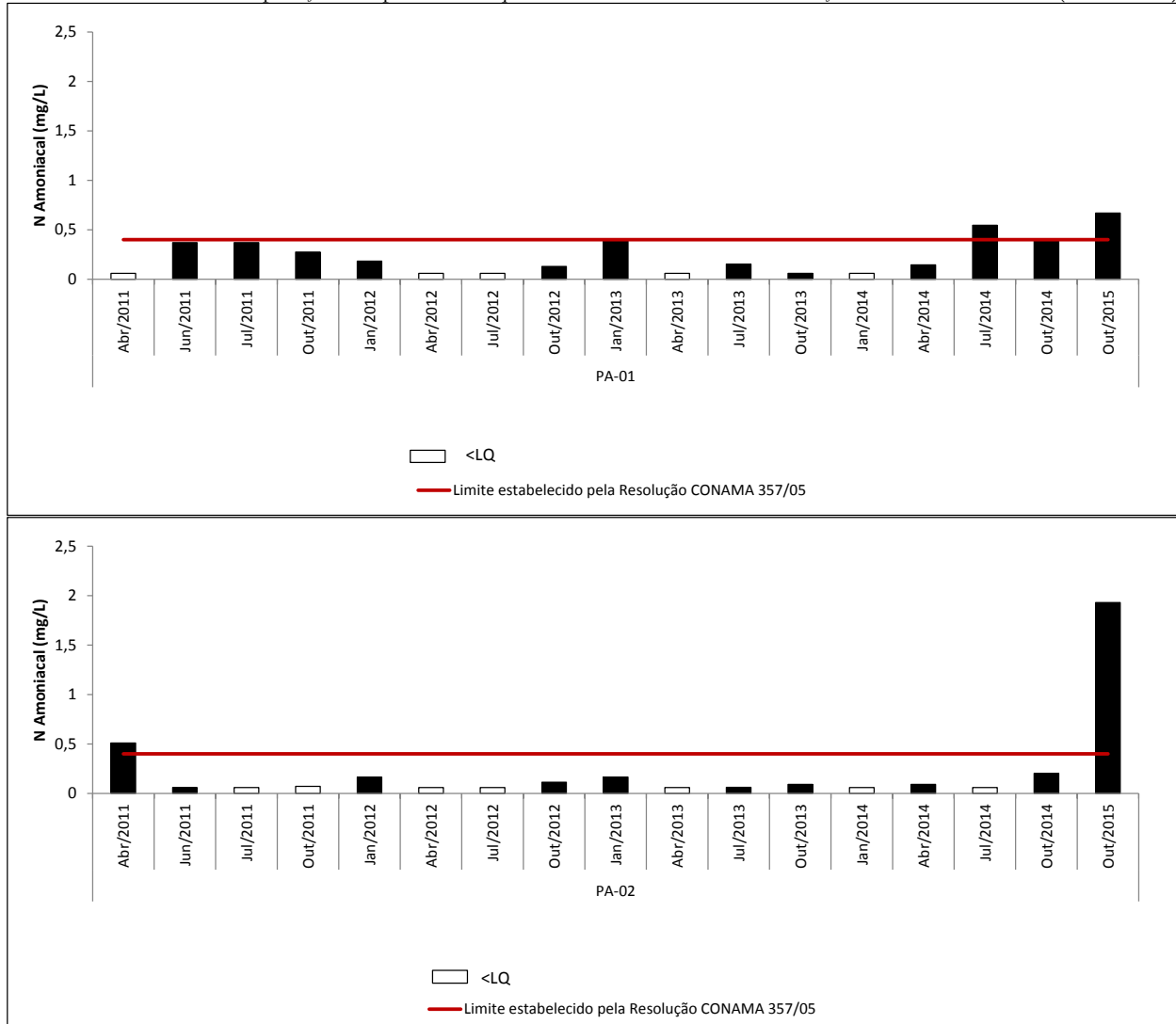
Fonte: CPEA (2016).

O fósforo dissolvido, também foi analisado neste período, apenas na campanha de outubro/2015, sendo quantificado em todas as amostras analisadas, em concentrações que variaram entre 0,507 mg/L (PA-01) a 0,648 mg/L (PA-05). Entretanto, a respectiva legislação não estabelece um limite para este parâmetro. Em relação à média de concentração obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a junho/2015), as amostras deste período de julho/2015 a junho/2016, apresentaram nos pontos PA-02, PA-03 e PA-05 um acréscimo nos valores médios, conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.2-2.

Em relação à série de nitrogênio foram realizadas análises de nitrato, nitrito (não quantificado), nitrogênio amoniacal total e nitrogênio Kjeldahl total (TKN), sendo que este último não possui limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 e foi quantificado em todas as amostras analisadas neste período (entre julho de 2015 e junho de 2016), com valores variando entre 0,327 mg/L (PA-03 em junho/16) e 11,20 mg/L (PA-04 em agosto/2015). Este intervalo obtido está contido no intervalo observado ao longo de todo o monitoramento (abril/2011 a junho/2016), com concentrações que variaram desde o valor abaixo do limite de quantificação do laboratório (<0,300 mg/L) até 16,70 mg/L (junho/15). Além disso, em relação à média de concentração obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a julho/2015), as amostras de TKN deste período de julho/2015 a junho/2016, apresentaram em todos os pontos um acréscimo nos valores médios, conforme apresentado na Tabela 2.9.6.2.2-2.

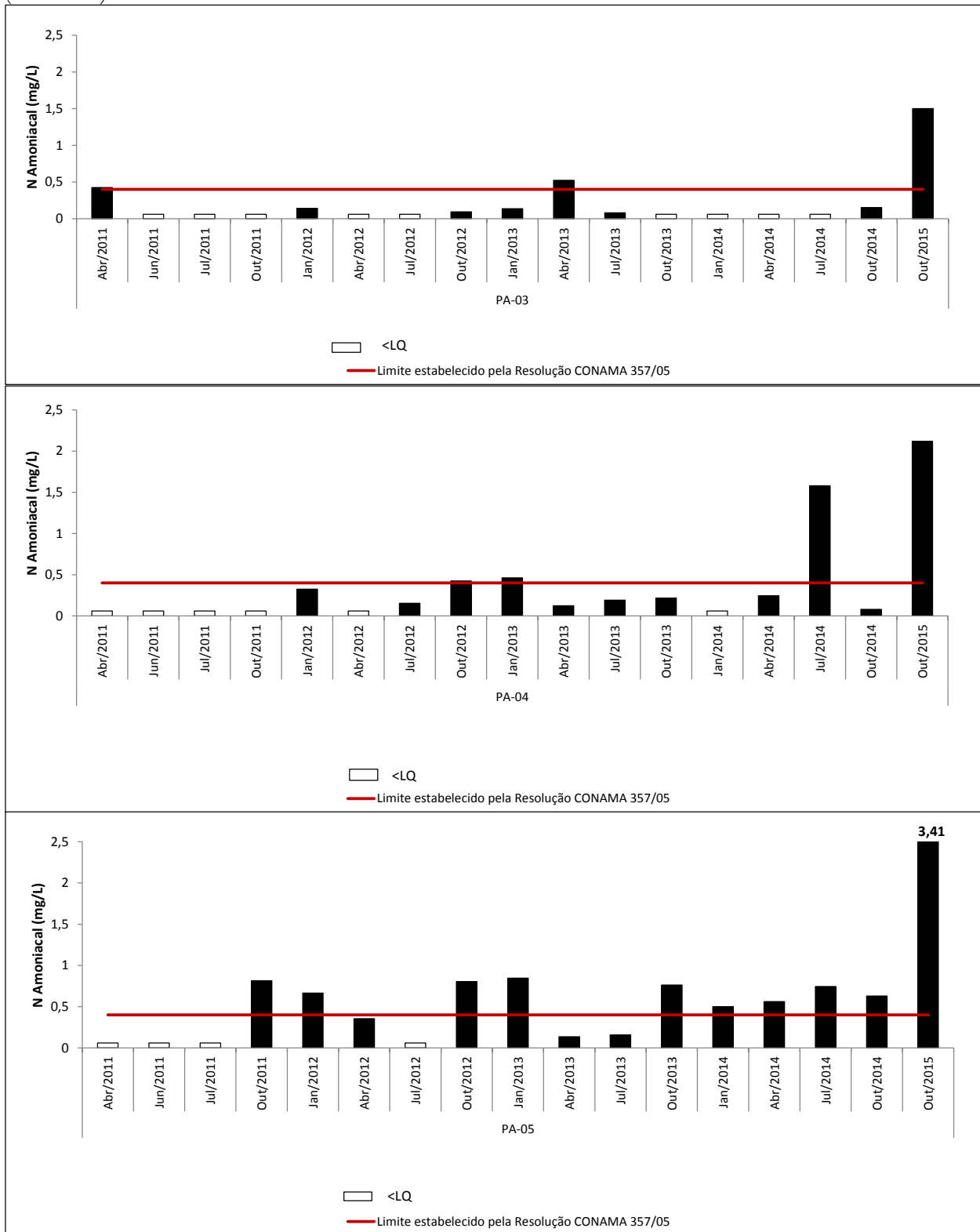
O parâmetro nitrogênio amoniacal também foi analisado apenas em outubro/2015, sendo quantificado em todas as cinco (05) amostras, e ainda, em concentrações em desacordo à respectiva legislação. Nesta campanha as concentrações obtidas variaram de 0,669 mg/L (PA-01) a 3,41 mg/L (PA-05). Ressalta-se que este último valor, é o maior já registrado ao longo da série histórica para este parâmetro, que variou entre <0,060 mg/L a 3,41 mg/L (PA-05 em out/15), conforme apresentado na Figura 2.9.6.2.2-7, a seguir. Em relação à média de concentração obtida nas campanhas anteriores (abril/2011 a junho/2015), as amostras de nitrogênio amoniacal neste período de julho/2015 a junho/2016, apresentaram um elevado acréscimo nos valores médios.

Figura 2.9.6.2.2-7 – Concentrações de N amoniacal (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a out/15 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.2.2-7 (continuação). Concentrações de N amoniacal (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de abril/11 a out/15 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).

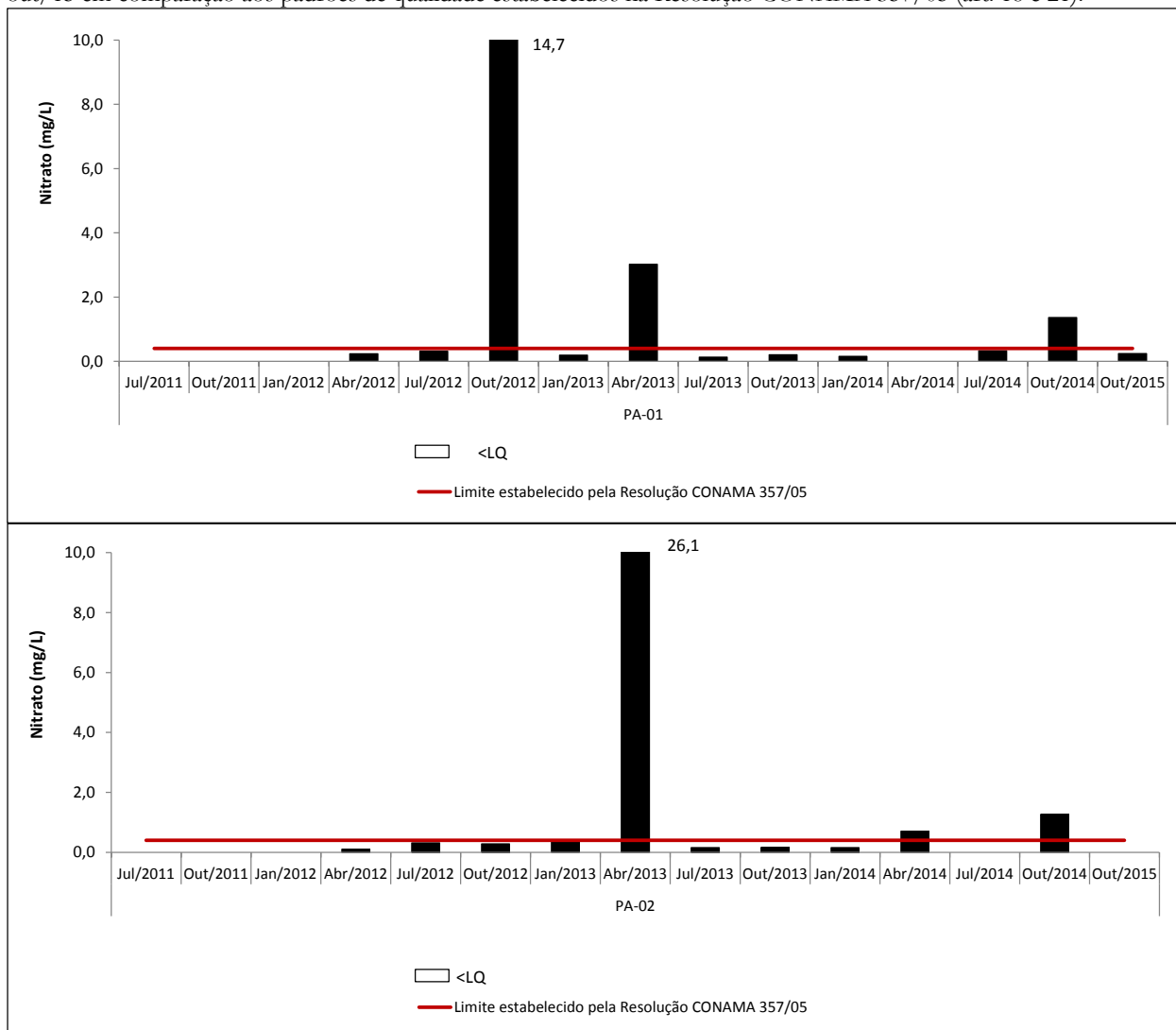


Fonte: CPEA (2016).



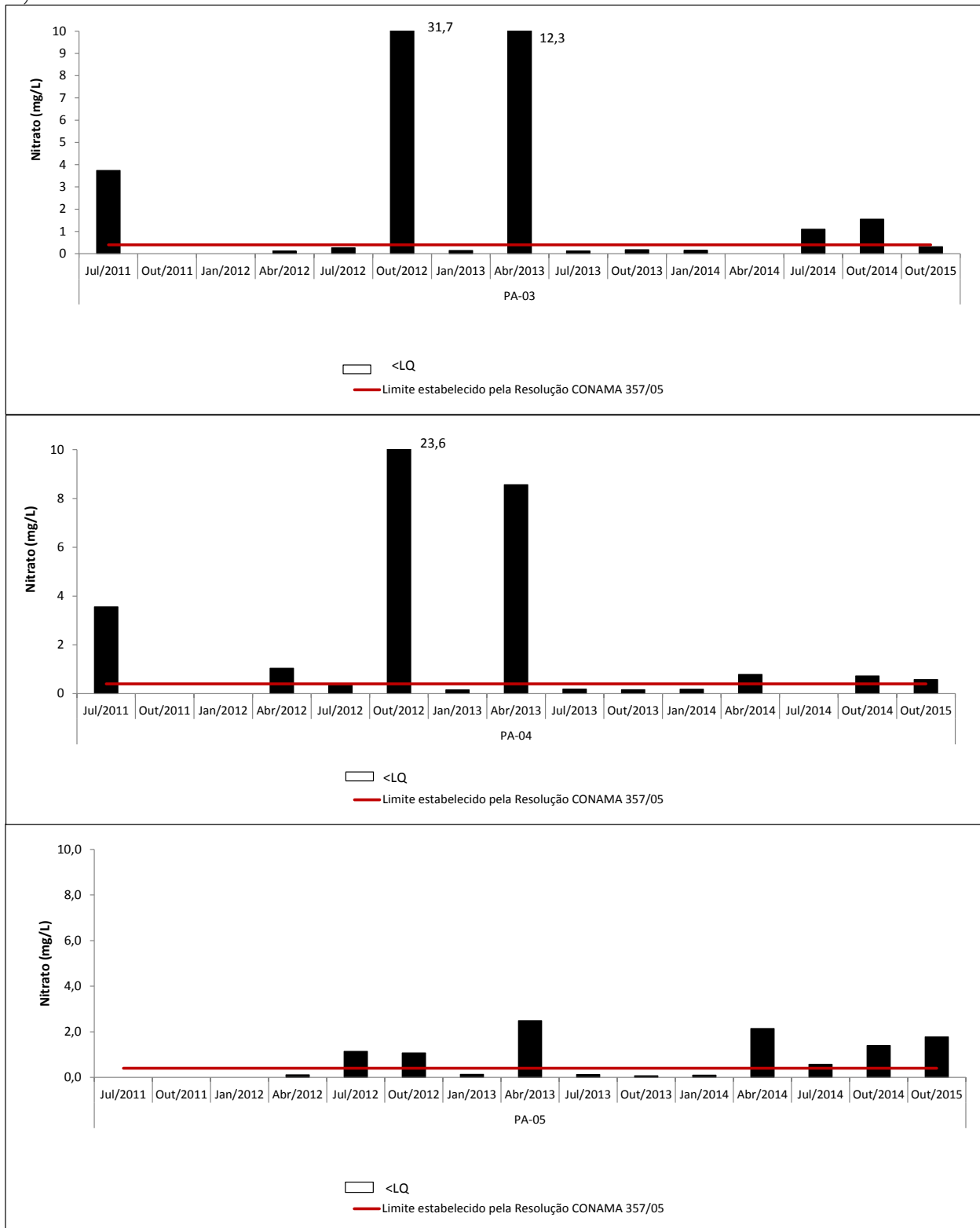
O parâmetro nitrato também foi analisado apenas na campanha de outubro/2015 e das 05 amostras analisadas, uma (PA-02) não foi quantificada, ocorrendo abaixo do limite de quantificação do método utilizado pelo laboratório, em relação às demais amostras, as concentrações variaram de 0,241 mg/L (PA-01) a 1,78 mg/L (PA-05), além desta última amostra, em PA-04 (0,576 mg/L) as concentrações ocorreram em desconformidade ao padrão de qualidade estabelecido na resolução CONAMA 357/05. Entretanto, este intervalo de concentração obtido está dentro do intervalo já observado para este parâmetro ao longo da série histórica de monitoramento, entre <0,0150 mg/L a 31,7 mg/L (PA-03 em outubro/12), conforme observado na Figura 2.9.6.2.2-8.

Figura 2.9.6.2.2-8 – Concentrações de nitrato (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de julho/11 a out/15 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.2.2-8 (continuação). Concentrações de nitrato (mg/L) obtidas nos cinco pontos amostrais para o período de julho/11 a out/15 em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (art. 18 e 21).



Fonte: CPEA (2016).

## **B. Parâmetros orgânicos**

A Tabela 2 do Anexo B apresenta os resultados observados para bifenilas policloradas totais (PCBs), compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semivoláteis (SVOC), compostos de pesticidas organoclorados (POC), pesticidas organofosforados e nitrogenados, herbicidas, carbamatos, surfactantes, fenóis totais e tributilestanho (TBT), analisados nas amostras de águas superficiais coletadas nas imediações da BTP. Enquanto que a Tabela 2.9.6.2.2-3, a seguir, apresenta a média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos dos parâmetros bifenilas policloradas totais (PCBs), compostos orgânicos voláteis (VOC) e compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) e; a Tabela 2.9.6.2.2-4 apresenta as mesmas informações para os pesticidas organoclorados (POC), pesticidas organofosforados e nitrogenados, herbicidas, carbamatos, surfactantes, fenóis totais e tributilestanho (TBT), analisados em todos os pontos de amostragem para o período de abril/11 a junho/2015, em comparação ao período de julho/2015 a junho/2016.

Neste período de julho/2015 a junho/2016, estes parâmetros orgânicos foram analisados apenas na campanha anual de outubro/2015, sendo que todos os parâmetros analisados ocorreram em concentrações inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado nos 05 pontos amostrados.

De maneira geral, todos os compostos orgânicos estão de acordo com os resultados já registrados para a região ao longo do monitoramento (entre abril/11 a junho/16), conforme Tabelas 2.9.6.2.2-3 e 2.9.6.2.2-4. Ressalta-se que alguns limites de quantificação do método analítico utilizado, não atenderam aos limites estabelecidos no artigo 21 da resolução CONAMA 357/2005, para os parâmetros: benzidina, hexaclorobenzeno, toxafeno, tributilestanho nas amostras de água analisadas em todas as campanhas realizadas até outubro/2014.

O mesmo ocorreu também para os parâmetros dodecacloro pentaciclodecano, cianeto livre e carbaril, além dos já citados acima durante a campanha de outubro/2014. Os limites não foram atingidos devido à baixa sensibilidade destes compostos ao detector. O Anexo E apresenta carta do laboratório *Analytical Technology* sobre o não atendimento aos limites estabelecidos no artigo 21 da resolução CONAMA 357/2005.



Tabela 2.9.6.2.2-4 – Médias, desvios padrão, mínimos e máximos dos parâmetros POC, pesticidas organofosforados e nitrogenados, herbicidas, carbamatos, surfactantes, fenóis totais e tribuilestanho (TBT), quantificados em todos os pontos de amostragem, calculados para os períodos de abril/11 a junho/2015 e de julho/2015 a junho/2016.

Foz do Rio Sabão										Estuário									
PA-01										PA-02									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade																			
Parâmetros orgânicos																			
Pesticidas Organoclorados (POC)																			
Aldrin + Dieldrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Aldrin + Dieldrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Endrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Endrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
DDT+DDD+DDE	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	DDT+DDD+DDE	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Lindano (g-HCH)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Lindano (g-HCH)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Clordano (as + trans)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Clordano (as + trans)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Dodocadeno pentaclorodieno (Mirex)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Dodocadeno pentaclorodieno (Mirex)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Endossulfina (α + β + sulfato)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Endossulfina (α + β + sulfato)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Heptadeno + Heptadeno epóxido	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Heptadeno + Heptadeno epóxido	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Metoxidano	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Metoxidano	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Hexaclorobenzeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Hexaclorobenzeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Toxafeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Toxafeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Pesticidas organofosforados e nitrogenados																			
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Gution	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Gution	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Malation	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Malation	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Paration	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Paration	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Herbicidas																			
2,4-D	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4-D	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
2,4,5-T	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4,5-T	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
2,4,5-TP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4,5-TP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Carbamatos																			
Carbaryl	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Carbaryl	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Outros orgânicos																			
Surfactantes	mg/L	<LQ	1,690	0,941	0,445	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Surfactantes	mg/L	<LQ	1,870	1,114	0,473	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fenóis totais	mg/L	<LQ	0,084	0,084	0,000	0,284*	0,284*	0,284*	0,000	Fenóis totais	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	0,224*	0,224*	0,224*	0,000
Tribuilestanho (TBT)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Tribuilestanho (TBT)	µg/L	<LQ	0,016	0,016	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Estuário										Centro do Rio Sabão									
PA-03										PA-04									
Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016				Período de Monitoramento		Abr/2011 - Jul/2015				Ago/2015 - Jun/2016			
Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Parâmetro		Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.
Padrões de qualidade																			
Parâmetros orgânicos																			
Pesticidas Organoclorados (POC)																			
Aldrin + Dieldrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Aldrin + Dieldrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Endrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Endrin	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
DDT+DDD+DDE	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	DDT+DDD+DDE	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Lindano (g-HCH)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Lindano (g-HCH)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Clordano (as + trans)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Clordano (as + trans)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Dodocadeno pentaclorodieno (Mirex)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Dodocadeno pentaclorodieno (Mirex)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Endossulfina (α + β + sulfato)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Endossulfina (α + β + sulfato)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Heptadeno + Heptadeno epóxido	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Heptadeno + Heptadeno epóxido	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Metoxidano	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Metoxidano	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Hexaclorobenzeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Hexaclorobenzeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Toxafeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Toxafeno	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Pesticidas organofosforados e nitrogenados																			
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Gution	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Gution	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Malation	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Malation	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Paration	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Paration	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Herbicidas																			
2,4-D	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4-D	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
2,4,5-T	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4,5-T	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
2,4,5-TP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	2,4,5-TP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Carbamatos																			
Carbaryl	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Carbaryl	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Outros orgânicos																			
Surfactantes	mg/L	<LQ	1,720	1,126	0,448	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Surfactantes	mg/L	<LQ	1,660	0,959	0,608	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000
Fenóis totais	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	0,263*	0,263*	0,263*	0,000	Fenóis totais	mg/L	<LQ	2,840	1,596	1,887	0,238*	0,238*	0,238*	0,000
Tribuilestanho (TBT)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000	Tribuilestanho (TBT)	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,000	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,000

\* Única concentração quantificada durante o período avaliado (outubro/2015).

Fonte: CPEA (2016).

#### **2.9.6.3. Garantia e controle da qualidade (QA/QC)**

No processo de investigação ambiental em ecossistemas aquáticos, os controles de qualidade das atividades de campo e das análises químicas são necessários para verificar a conformidade dos resultados com os padrões e normas pertinentes. Como as tomadas de decisões são baseadas nos resultados analíticos, são importantes à credibilidade e a confiança nos resultados obtidos.

Desta forma, para a investigação da área em questão, preocupou-se, desde o início do trabalho, com o processo de aquisição de dados primários (amostragem de água superficial e sedimentos), e com as análises químicas, conforme apresentado no Anexo F.

Com base em todos os resultados de controle de qualidade apresentados, foi possível evidenciar que os resultados obtidos nas amostras de água superficial e sedimentos do projeto são fidedignos e tecnicamente válidos.

#### **2.9.6.4. Projeto co-localizado**

As obras realizadas às margens do rio Saboó na proximidade do ponto de amostragem de água superficial PA-05, iniciada em janeiro/2014, referem-se ao Sistema de Macro-Drenagem concernido no Programa Santos Novos Tempos, cujo início se deu em agosto/2013, pela Prefeitura Municipal de Santos e aparentemente encontra-se paralisada atualmente. Segundo o disposto no Relatório de Avaliação Ambiental dos Componentes do Programa (SANTOS, 2008), o projeto abrange todo o território do município de Santos (região insular e continental).

O Sistema de macro-drenagem visa sanar as enchentes da Zona Noroeste de Santos, reestruturando os canais de drenagem e estabelecendo um controle efetivo de seu escoamento. Especificamente às margens do ponto de amostragem PA-05, estão sendo implantadas uma Estação Elevatória, uma comporta automática para controle de drenagem do Bairro do Alemoa e uma alça de acesso da Ecovias (SANTOS, 2008).

Na fase de implantação do sistema (início das obras) foram previstos diversos impactos relacionados às condições de qualidade, hidrológica e biológica do corpo hídrico, como por exemplo: erosão e assoreamento das porções de jusante; reconfiguração de habitats naturais, interferindo diretamente na manutenção da fauna aquática local; disponibilização temporária de sólidos em suspensão e revolvimento da matéria orgânica e; alteração das condições hidrodinâmicas dos corpos d'água (SANTOS, 2008). Segundo a avaliação de impactos ambientais disponibilizada no Relatório de Avaliação Ambiental dos Componentes do Programa (SANTOS, 2008) a operação e funcionamento do sistema de drenagem (comportas e estações elevatórias) podem intervir diretamente na qualidade das águas nos canais promovendo aumento do odor, alterações nos padrões físico-químicos e químicos, devido à diminuição no volume máximo das águas e possível aumento da concentração de poluentes e cargas difusas.

Desta forma, a BTP, preocupada com as interfaces da referida obra com as suas áreas de monitoramento à jusante da Av. Eugênio Augusto Barata, vem informar ao IBAMA sobre o potencial dos referidos impactos virem a interferir nos resultados obtidos pelo presente programa.

No entanto, conforme informado acima, as obras do Programa Santos Novos Tempos foram paralisadas e cerca de 80% das obras de macrodrenagem não foram concluídas e a Prefeitura não tem uma previsão de quando o calendário de intervenções poderá ser refeito (MIRANDA, 2016). Dessa forma, considera-se que não há influência desta obra no Programa de Controle e Monitoramento das Águas Superficiais e Sedimentos.

#### **2.9.6.5. Considerações acerca da qualidade dos efluentes da BTP**

Neste item é feita uma análise da qualidade dos efluentes da BTP, através do *“Plano de Gerenciamento de Efluentes”*, a fim de observar se existe uma correspondência entre os teores dos compostos químicos obtidos nos efluentes (drenagem pluvial) e os teores observados no corpo hídrico receptor (canal de Santos).

De acordo com os resultados obtidos no monitoramento realizado, é possível observar alguns parâmetros mais relevantes no efluente, principalmente, concentrações de nitrogênio amoniacal, fluoreto, materiais sedimentáveis e manganês total. Estes dois (02) últimos parâmetros apresentaram em algumas amostras, concentrações superiores aos valores máximos estabelecidos como padrão de qualidade pela Resolução CONAMA 430/11, artigo 16.

Assim como nas amostras de água superficiais analisadas nas imediações do Terminal da BTP, estes parâmetros observados nas amostras de efluentes (nitrogênio amoniacal, fluoreto, materiais sedimentáveis e manganês total) ocorrem ao longo de todo o monitoramento no canal de Santos, onde muitos deles tem ocorrência natural, como é o caso do manganês, que é um dos elementos mais frequentes na superfície da terra, sendo conseqüentemente encontrados em todos os corpos d'água (ESTEVEES; PANOSSO, 2011), e que em períodos chuvosos pode ter um aumento de suas concentrações.

Segundo Esteves; Amado (2011), as fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, mas em geral, os esgotos sanitários constituem a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico (devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal), pela hidrólise da ureia na água. Dentre as potenciais fontes de efluentes líquidos geradas pelo Terminal da BTP na fase de operação, como: esgotos, armazenagem de combustíveis, drenagem de águas pluviais, resíduos químicos e oleosos e eventuais acidentes de vazamentos e/ou derramamentos de óleos & graxas, o monitoramento realizado através do *Plano de Gerenciamento de Efluentes*, não identificou alterações na qualidade das águas provenientes destas fontes. Desse modo, embora alguns dos parâmetros quantificados na água superficial nas imediações da BTP tenham sido similares aos observados nos efluentes oriundos da drenagem superficial do Terminal, entende-se que seja difícil estabelecer uma relação direta destes contribuintes lançados pela BTP, com os observados no corpo d'água, uma vez que tais resultados podem ser provenientes de contribuições de fontes difusas localizadas ao redor do empreendimento, como o adensamento urbano ao entorno do Rio Saboó.

#### **2.9.6.6. Análise conjunta dos parâmetros de maior relevância**

Este capítulo apresenta uma avaliação das séries históricas (abril/2011 a junho/2016) dos resultados obtidos no monitoramento de qualidade da água superficial para os parâmetros identificados como os de maior relevância para este monitoramento, ou seja, os parâmetros que apresentaram, com maior frequência, resultados desconformes em relação às condições e aos padrões de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 para águas superficiais e aos valores orientadores, estabelecidos na resolução CONAMA 454/12, para sedimentos.

No EIA da BTP, realizado em 2008, foram coletadas amostras de água superficial em 10 pontos ao redor da área de empreendimento, totalizando 148 parâmetros analisados. Foi constatado que apenas 03 parâmetros: boro total, cobre dissolvido e fósforo total, apresentaram concentrações acima do limite da resolução CONAMA 357/05, para águas salobras de Classe 1 (na qual estão enquadrados os corpos d'água analisados). Pôde-se concluir na época, que os níveis de contaminação no local estavam relativamente baixos (MKR; BTP, 2008). Além da água superficial, a campanha de amostragem incluiu também uma coleta de sedimentos, nos mesmos pontos amostrados. Os resultados das análises dessas amostras indicaram um grau de contaminação mais elevado do que na água.

No monitoramento realizado após o EIA, iniciado em abril/2011, até o presente momento (junho/2016), de uma forma geral, as amostras de água analisadas apresentaram: (i) oxigênio dissolvido, (ii) carbono orgânico total, (iii) fósforo total, (iv) polifosfatos, (v) manganês total, (vi) nitrogênio amoniacal e (vii) nitrato em desconformidade com a respectiva legislação na maioria das amostras analisadas.

Para estes 07 parâmetros, identificados como de maior relevância neste monitoramento, foram realizadas análises estatísticas de correlação de Pearson entre eles, a fim de identificar alguma



associação entre as variáveis, e também foi realizado um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para verificar:

- (i) a análise temporal entre as amostras coletadas e as estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), a fim de identificar mudanças sazonais na concentração destes parâmetros e;
- (ii) a análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas monitoradas.

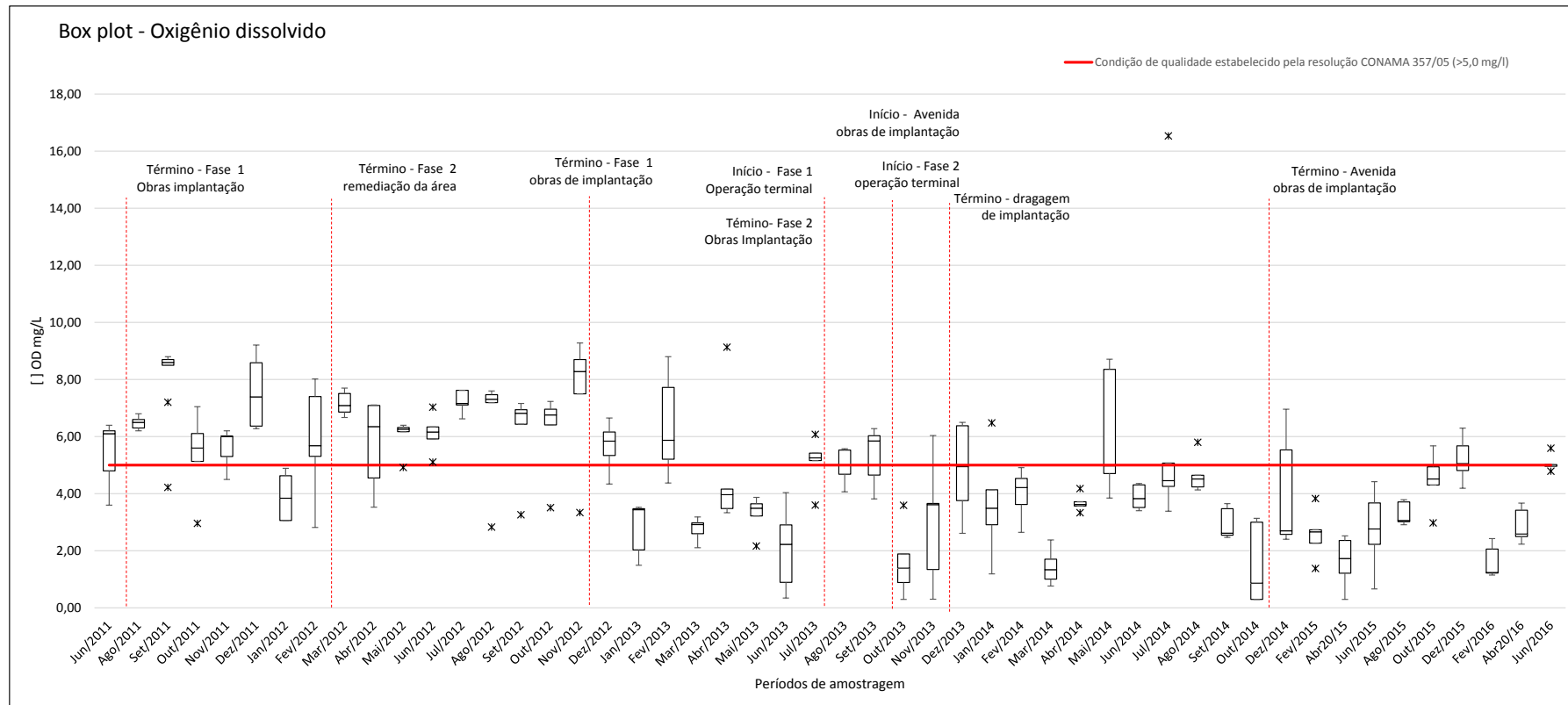
Para todas as análises, foi considerado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas análises destes parâmetros. Convém ressaltar a relevância em relação aos principais marcos de implantação do empreendimento, a partir do início deste monitoramento (abril/2011), como: (i) Fim das atividades de remoção do solo (outubro/2011); (ii) Fim das obras em terra (fevereiro/2013); (iii) Início operação (agosto/2013); (iv) Fim das atividades de dragagem (outubro/2013) e; (v) Término das obras de implantação na avenida.

#### **2.9.6.6.1. Oxigênio dissolvido**

A Figura 2.9.6.6.1-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2016). Vale ressaltar que nas campanhas de abril e julho de 2011, este parâmetro não foi analisado.

Figura 2.9.6.6.1-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de oxigênio dissolvido nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e junho/2016, em relação aos principais marcos de implantação/ operação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

Pode-se observar que, de uma forma geral, a maioria das campanhas apresentaram amostras com concentrações de oxigênio dissolvido (OD) em desconformidade com a resolução CONAMA nº 357/05. Como o oxigênio dissolvido é um parâmetro suscetível às mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre o OD e outros parâmetros relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), a fim de identificar mudanças sazonais na concentração deste parâmetro; e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Na análise de correlação entre o OD e os outros parâmetros relevantes, foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível associação fraca e positiva com o fósforo total ( $r = 0,31$ ) e, fraca e negativa com o manganês total ( $r = -0,39$ ). Enquanto que no teste de Kruskal-Wallis, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), em relação apenas à análise temporal, conforme Tabela 2.9.6.6.1-1, a seguir.

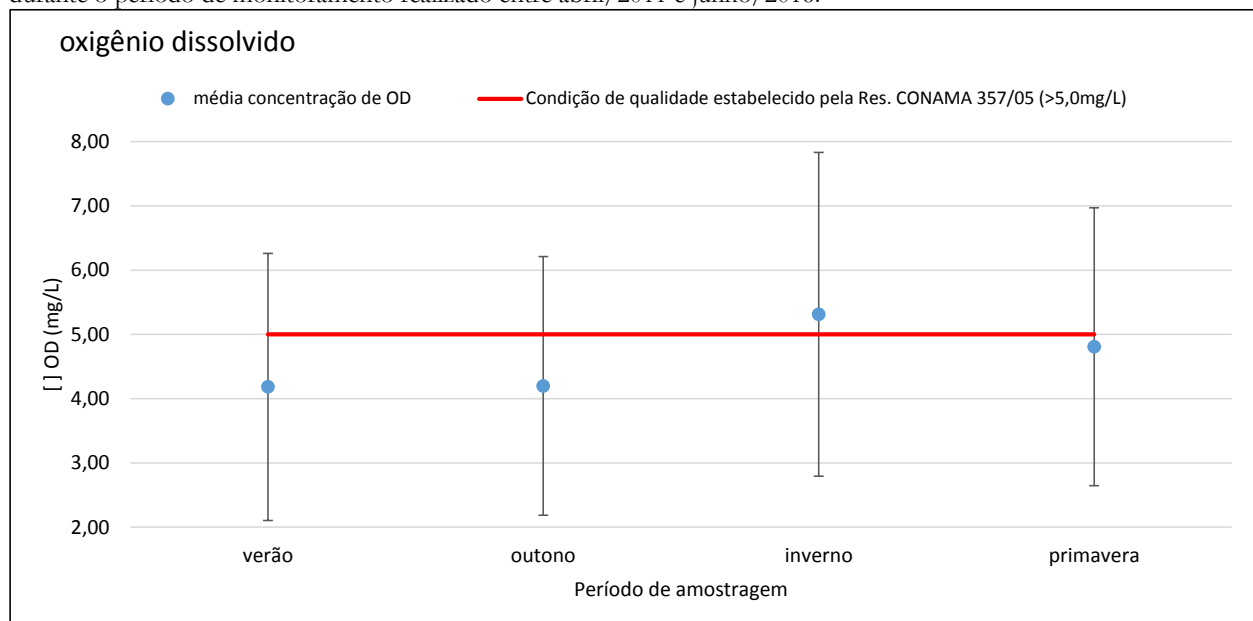
Tabela 2.9.6.6.1-1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de OD entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		OD
Tempo	F	11,1646
	p	<b>0,010868</b>
Espaço	F	1,966594
	p	0,16081

Fonte: CPEA (2016).

A fim de identificar tal diferença encontrada no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.1-2, a seguir, apresenta um gráfico das médias das concentrações obtidas e distribuídas ao longo das 04 (quatro) estações do ano (verão, outono, inverno e primavera).

Figura 2.9.6.6.1-2 – Concentração média de oxigênio dissolvido obtido nas amostras ao longo das estações do ano, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e junho/2016.



Fonte: CPEA (2016).

Conforme observado, é possível identificar que as concentrações médias de oxigênio dissolvido no período de inverno (5,31 mg/L;  $\pm 2,52$ ) foram as maiores obtidas ao longo do monitoramento.

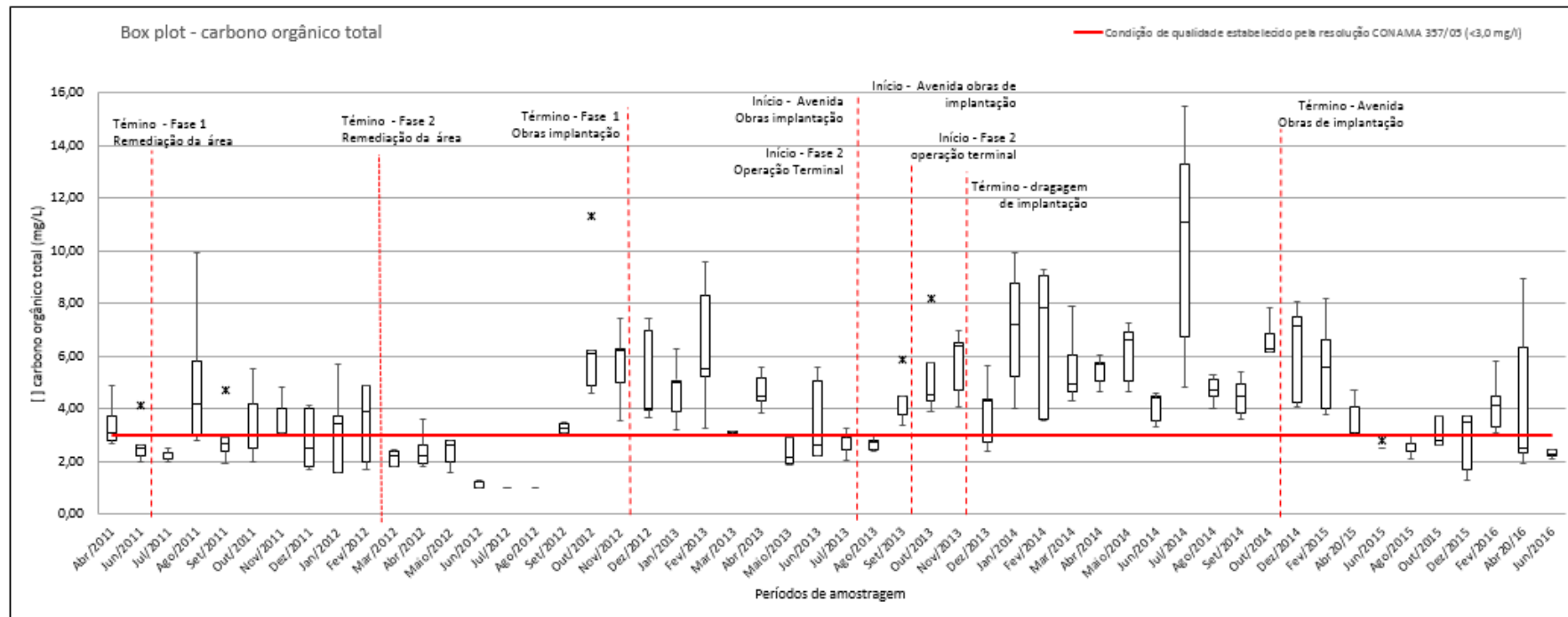
O oxigênio se dissolve nas águas naturais proveniente da atmosfera, e a concentração de saturação do OD na água varia em função da temperatura, pressão atmosférica e salinidade. Naturalmente a concentração de oxigênio dissolvido em corpos d'água decresce de acordo com a profundidade, uma vez que a oxigenação se dá na superfície através da turbulência gerada pelos ventos (BAIRD, 2002). Nos pontos PA-01, PA-04 e PA-05, apesar da baixa profundidade, há também uma forte influência do fundo, onde o sedimento, rico em matéria orgânica, consome o oxigênio dissolvido da coluna d'água adjacente. Esses pontos foram os que apresentaram maior número de amostras em desconformidade à legislação.

Além do sedimento, os altos teores de matéria orgânica na própria coluna d'água e a baixa difusão do oxigênio atmosférico nas camadas mais profundas também podem influenciar na depreciação da concentração de OD (BAIRD, 2002), como observado nas amostras de PA-02 e PA-03, onde não há influência do fundo.

#### **2.9.6.6.2. Carbono orgânico total**

A Figura 2.9.6.6.2-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de COT em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2016).

Figura 2.9.6.6.2-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de COT nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e junho/2016, em relação aos principais marcos de implantação/oper ação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De maneira geral, todas as campanhas apresentaram amostras com concentrações de carbono orgânico total em desconformidade com a resolução CONAMA nº 357/05. Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre o COT e outros parâmetros relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados ao longo do ano e entre as duas áreas, respectivamente.

Na análise de correlação entre o COT e os outros parâmetros relevantes, foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível associação moderada e positiva com o fósforo total ( $r = 0,50$ ) e, fraca e positiva com o manganês total ( $R = 0,33$ ) e os polifosfatos ( $r = 0,31$ ). Enquanto que no teste de Kruskal-Wallis, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), em relação apenas à análise espacial, conforme Tabela 2.9.6.6.2-1, a seguir.

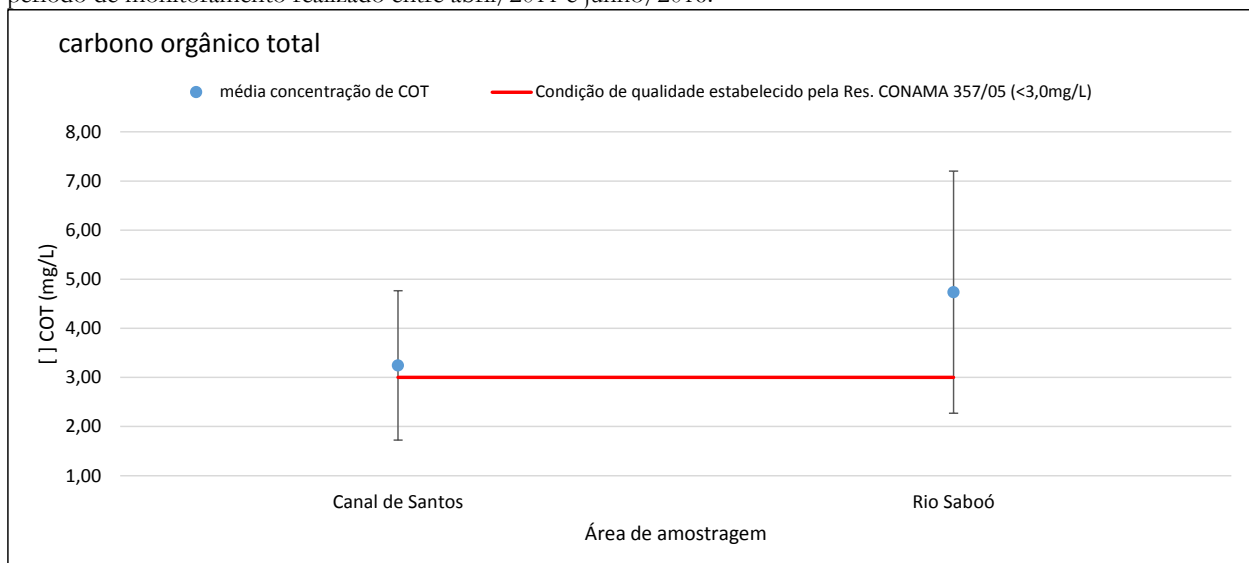
Tabela 2.9.6.6.2-1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de COT entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		COT
Tempo	F	3,634919212
	p	0,3036805
Espaço	F	26,64578612
	p	<b>2,44E-07</b>

Fonte: CPEA (2016).

A fim de identificar tal diferença espacial encontrada no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.2-2 apresenta um gráfico das médias obtidas nas amostras do canal de Santos e do rio Saboó.

Figura 2.9.6.6.2-2 – Concentração média de COT obtido nas amostras do canal de Santos e no rio Saboó, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e junho/2016.



Fonte: CPEA (2016).

Conforme observado, é possível identificar, que as amostras do rio Saboó (4,74 mg/L;  $\pm 2,47$ ) apresentaram concentrações médias de COT mais elevadas do que as amostras do canal de Santos (3,25 mg/L;  $\pm 1,52$ ).

O COT é utilizado para caracterizar a matéria orgânica dissolvida e em suspensão em águas naturais (BAIRD, 2002). Estudos pretéritos caracterizaram o complexo estuarino de Santos como um ambiente em estado não-conservativo quanto ao fluxo de massa de carbono orgânico dissolvido (APRILE *et al.*, 2001). Outros autores ainda identificaram como principais contribuintes de COT para o estuário de Santos as fontes naturais, como as drenagens fluviais, manguezais e produção primária do fitoplâncton, como também as antrópicas, ou seja, os esgotos domésticos, lançados diretamente no ambiente e as atividades industriais exercidas na região (SIQUEIRA, 2003).

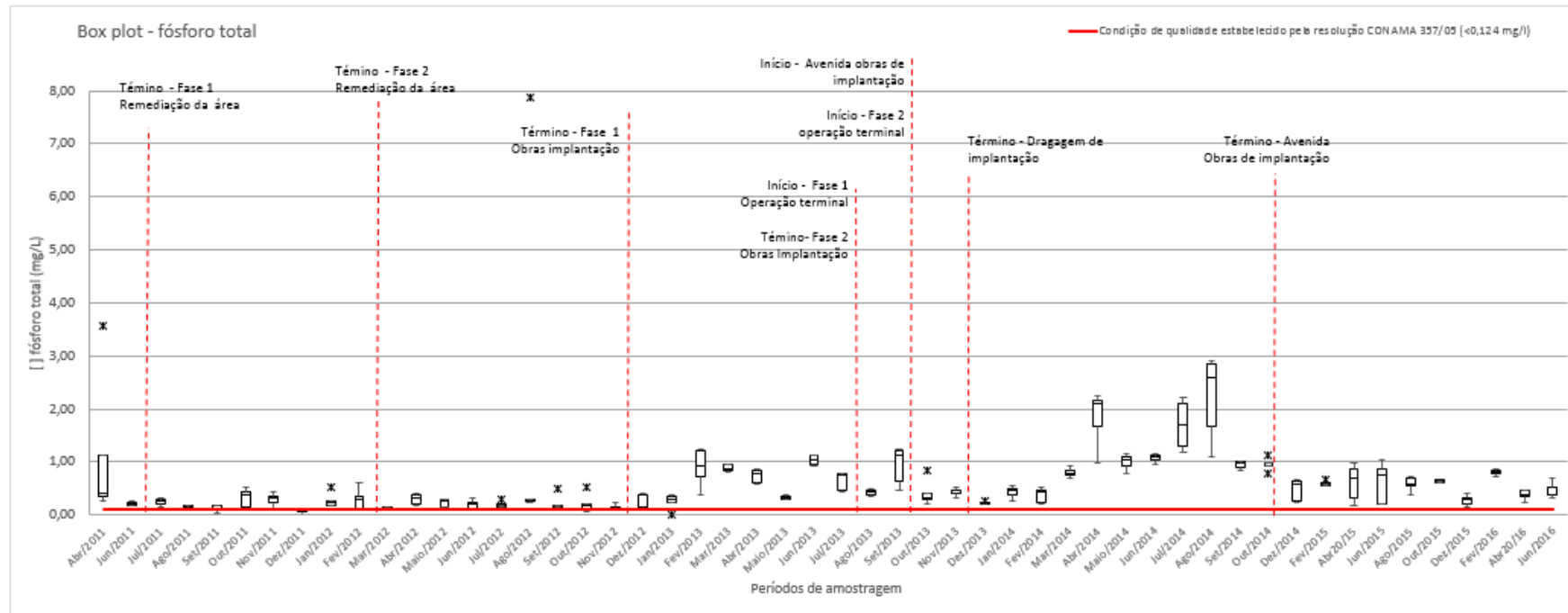
Dessa forma, na área de monitoramento são esperadas concentrações elevadas de COT na coluna d'água, como observado na maioria das campanhas já realizadas, visto que o rio Saboó, além de fazer parte do sistema de drenagem continental e abrigar áreas de manguezal, também recebe despejo de efluentes domésticos não tratados ao longo de grande parte do seu curso em função do adensamento urbano na região do bairro Saboó.

#### **2.9.6.6.3. Fósforo total**

A Figura 2.9.6.6.3-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de fósforo total, em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2016).



Figura 2.9.6.6.3-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de fósforo total nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e junho/2016, em relação aos principais marcos de implantação/operacão do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De acordo com o gráfico boxplot, pode-se observar que todas as campanhas (sem exceção) apresentaram amostras com concentrações de fósforo total em desconformidade com a resolução CONAMA n° 357/05. Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre o fósforo total e outros parâmetros relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), a fim de identificar mudanças sazonais na concentração deste parâmetro; e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Na análise de correlação entre o fósforo total e os outros parâmetros relevantes, foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível associação fraca e positiva com o OD ( $r = 0,31$ ) e moderada e positiva com COT ( $R = 0,50$ ), conforme já apresentado anteriormente e, também, uma associação moderada e positiva com os polifosfatos ( $r = 0,77$ ). Enquanto que, no teste de Kruskal-Wallis, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), em relação às análises espaciais e temporais, conforme Tabela 2.9.6.6.3-1, a seguir.

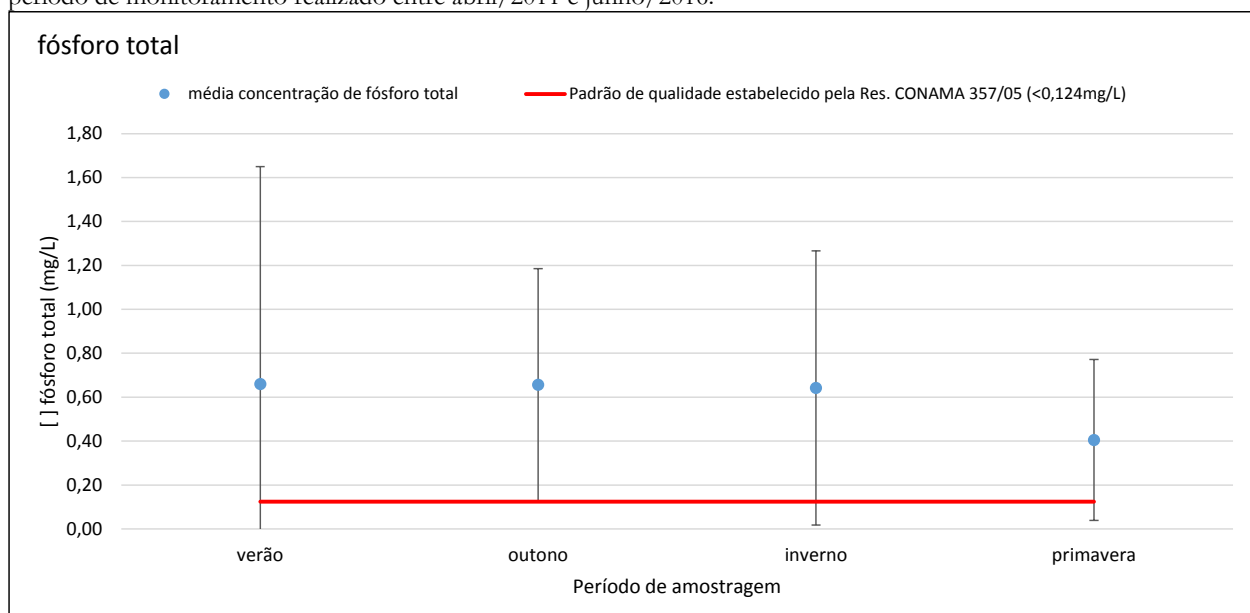
Tabela 2.9.6.6.3-1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de fósforo total entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

	KW	P total
Tempo	F	11,89295
	p	<b>0,007759</b>
Espaço	F	13,79616
	p	<b>0,000204</b>

Fonte: CPEA (2016).

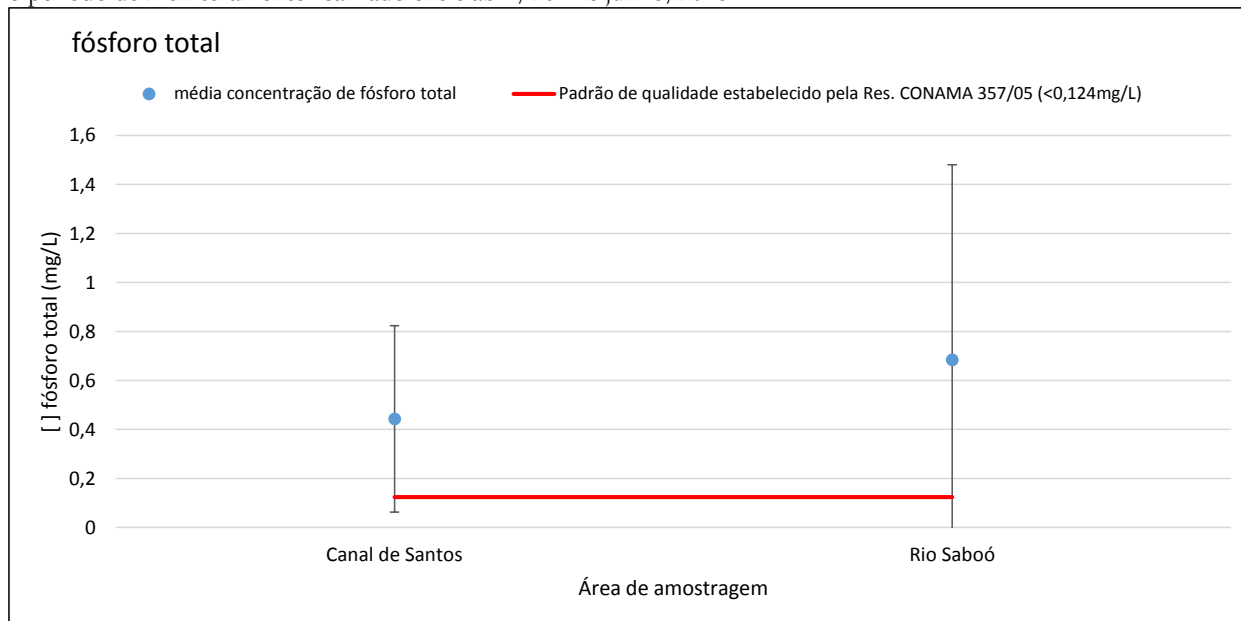
A fim de identificar tais diferenças espaciais e sazonais encontradas no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.3-2 apresenta um gráfico das médias das concentrações obtidas e distribuídas ao longo das 04 estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). Enquanto que a Figura 2.9.6.6.3-3, apresenta um gráfico das médias obtidas nas amostras do canal de Santos e do rio Saboó.

Figura 2.9.6.6.3-2 Concentração média de fósforo total, obtido nas amostras ao longo das estações do ano, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e junho/2016.



Fonte: CPEA (2016).

Figura 2.9.6.6.3-3. Concentração média de fósforo total obtido nas amostras do canal de Santos e no rio Saboó, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e junho/2016.



Fonte: CPEA (2016).

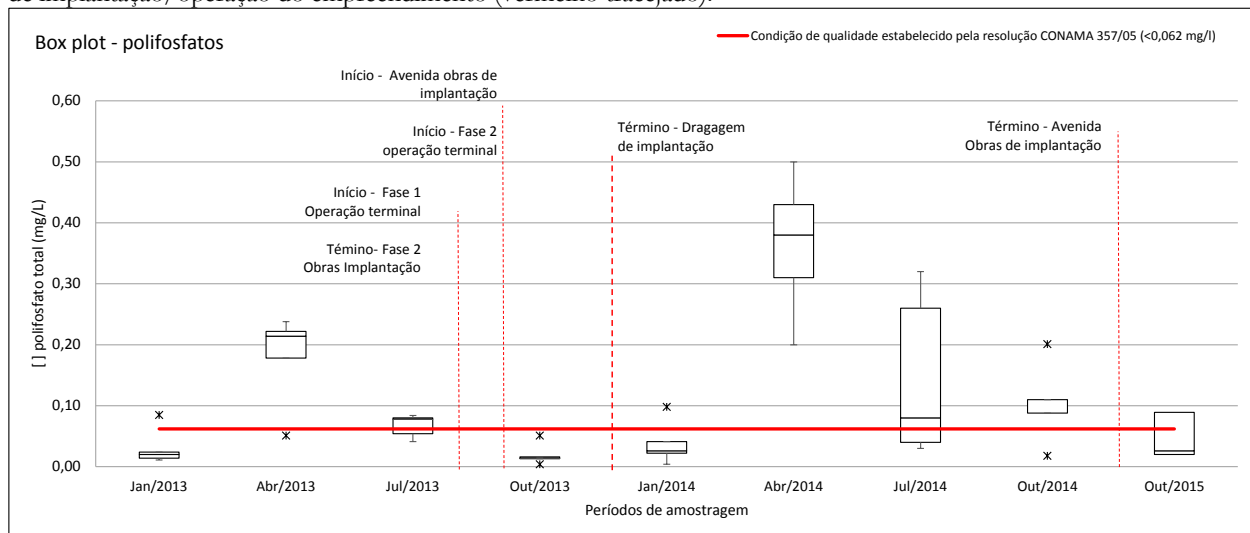
Conforme observado, é possível identificar que a concentração média de fósforo total no período da primavera (0,41 mg/L;  $\pm 0,37$ ) foi a menor obtida ao longo desse monitoramento, entre as estações do ano. É possível identificar também, que as amostras do rio Saboó (0,69 mg/L;  $\pm 0,79$ ) apresentaram concentrações médias de fósforo mais elevadas do que as amostras do canal de Santos (0,45 mg/L;  $\pm 0,38$ ).

Em águas naturais o fósforo e os fosfatos ocorrem, principalmente, devido às descargas de esgotos sanitários (VON SPERLING, 2005). A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala constituem a principal fonte, além de alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas e químicas em geral (ESTEVES; PANOSSO, 2011). As águas provenientes de drenagem urbana também podem apresentar concentrações excessivas de fósforo. Logo, entende-se que os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento, ao longo do tempo, estão de acordo com o esperado, uma vez que a área em estudo, principalmente o rio Saboó, recebe contribuição orgânica proveniente de efluentes domésticos das áreas densamente urbanizadas que permeiam o referido rio.

#### 2.9.6.6.4. Polifosfatos

A Figura 2.9.6.6.4-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de polifosfatos em cada ponto ao longo deste monitoramento. Vale ressaltar que este parâmetro começou a ser monitorado apenas a partir de janeiro/2013.

Figura 2.9.6.6.4-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de polifosfatos nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e outubro/2015, em relação aos principais marcos de implantação/operação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De acordo com o gráfico boxplot, pode-se observar que a maioria das campanhas apresentaram amostras com concentrações de polifosfatos em desconformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 (exceção às campanhas de janeiro/2013, outubro/2013 e janeiro/2014). Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre este parâmetro e os demais parâmetros considerados relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), a fim de identificar mudanças sazonais na concentração deste parâmetro; e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Na análise de correlação entre os polifosfatos e os outros parâmetros relevantes, foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível associação moderada e positiva com o fósforo total ( $r = 0,77$ ), conforme já apresentado. Enquanto que no teste de Kruskal-Wallis, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), apenas em relação às análises espaciais, conforme Tabela 2.9.6.6.4-1, a seguir.

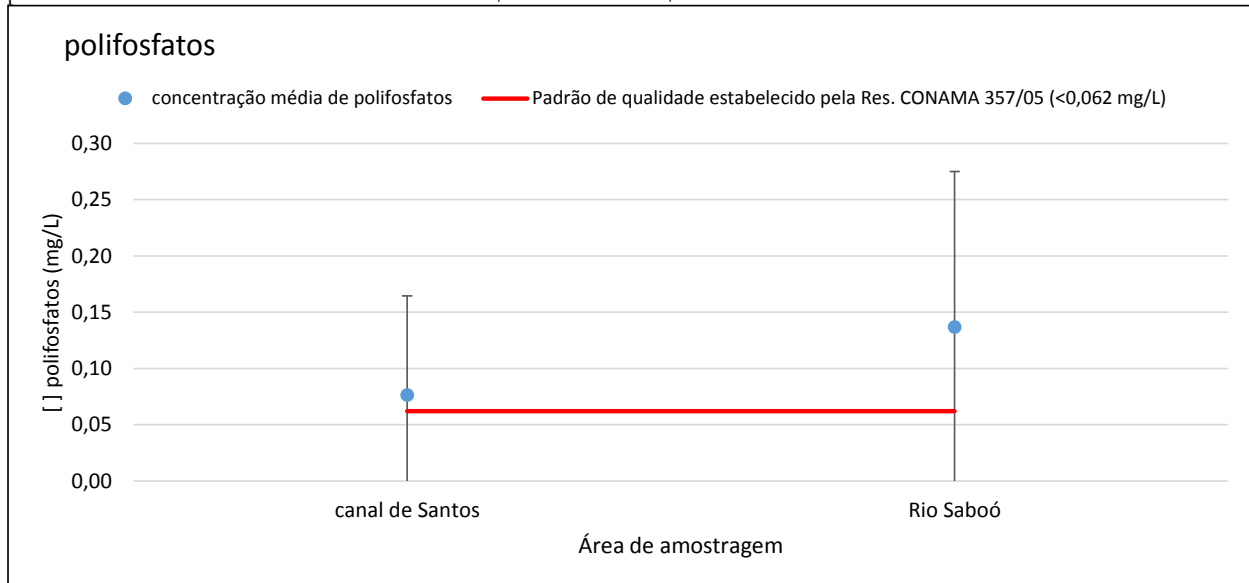
Tabela 2.9.6.6.4-1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de polifosfatos entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		polifosfato
Tempo	F	7,179289069
	p	0,066397542
Espaço	F	14,27120171
	p	<b>0,000158268</b>

Fonte: CPEA (2016).

A fim de identificar tal diferença espacial encontrada no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.4-2 apresenta um gráfico das médias obtidas nas amostras do canal de Santos e do rio Saboó.

Figura 2.9.6.6.4-2 – Concentração média de polifosfatos, obtido nas amostras ao longo das estações do ano, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e outubro/2015.



Fonte: CPEA (2016).

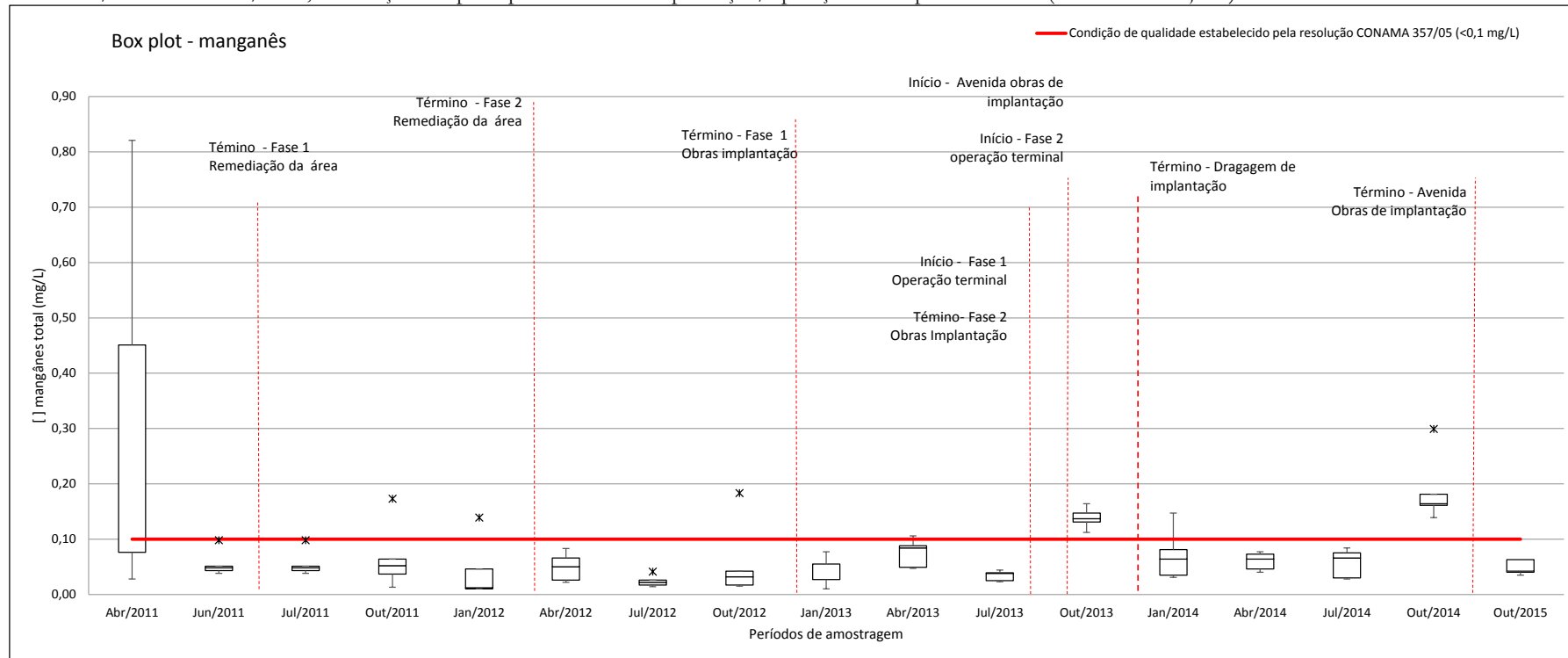
Conforme observado, é possível identificar que a concentração média de polifosfatos no rio Saboó (0,14 mg/L;  $\pm 0,13$ ) são mais elevadas do que as amostras do canal de Santos (0,08 mg/L;  $\pm 0,08$ ). Assim como os resultados de fósforo total, os polifosfatos também apresentaram maiores concentrações no rio Saboó, em relação às amostras do canal de Santos.

Conforme já discutido anteriormente, o fósforo e os fosfatos ocorrem em águas superficiais, principalmente, devido às descargas de esgotos sanitários (VON SPERLING, 2005), como é caso da região do empreendimento.

#### 2.9.6.6.5. Manganês total

A Figura 2.9.6.6.5-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de manganês em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2016).

Figura 2.9.6.6.5-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de manganês total nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e outubro/2015, em relação aos principais marcos de implantação/operação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De uma forma geral, é possível observar que as campanhas apresentaram amostras com concentrações de manganês total em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 (exceção à abril/2011, outubro/2013 e outubro/2014). Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre o manganês total e outros parâmetros relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Na análise de correlação entre o manganês total e os outros parâmetros relevantes, foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível associação fraca e positiva com o COT ( $r = 0,33$ ) e, fraca e negativa com o OD ( $r = - 0,39$ ), conforme já apresentado anteriormente. Enquanto que no teste de Kruskal-Wallis, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), em relação às análises espaciais e temporais, conforme Tabela 2.9.6.6.5-1, a seguir.

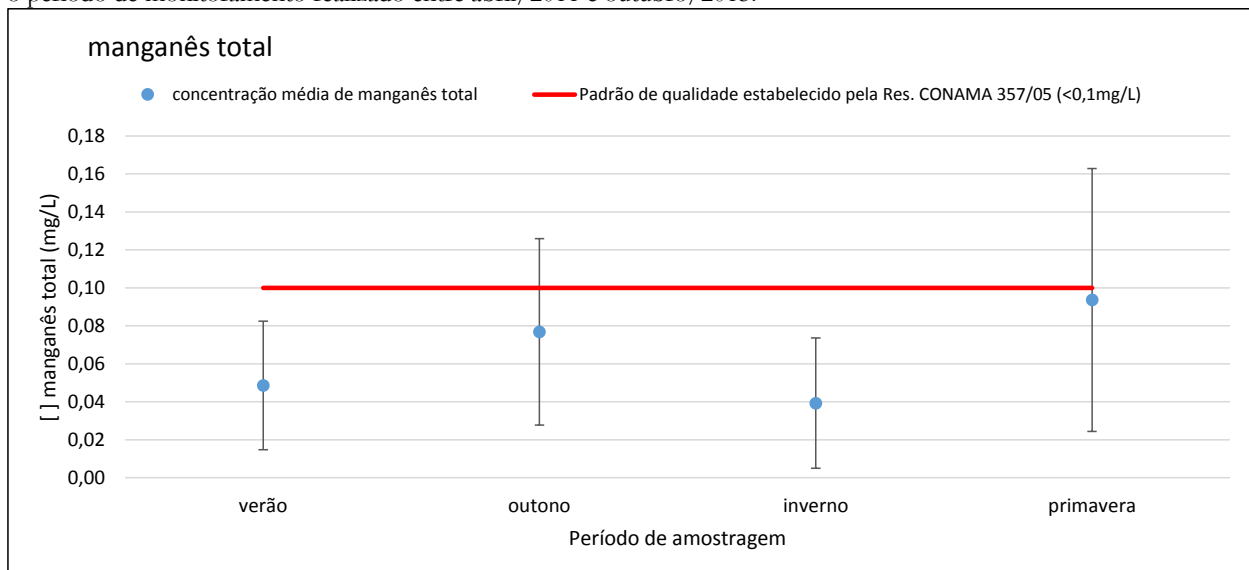
Tabela 2.9.6.6.5-1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de manganês total entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		Mn
Tempo	F	13,54525
	p	<b>0,003594</b>
Espaço	F	14,8883
	p	<b>0,000114</b>

Fonte: CPEA (2016).

A fim de identificar tais diferenças encontradas nas análises temporal e espacial no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.5-2 apresenta um gráfico das médias das concentrações obtidas e distribuídas ao longo das 04 estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). Enquanto que a Figura 2.9.6.6.5-3, apresenta um gráfico das médias obtidas nas amostras do canal de Santos e do rio Saboó.

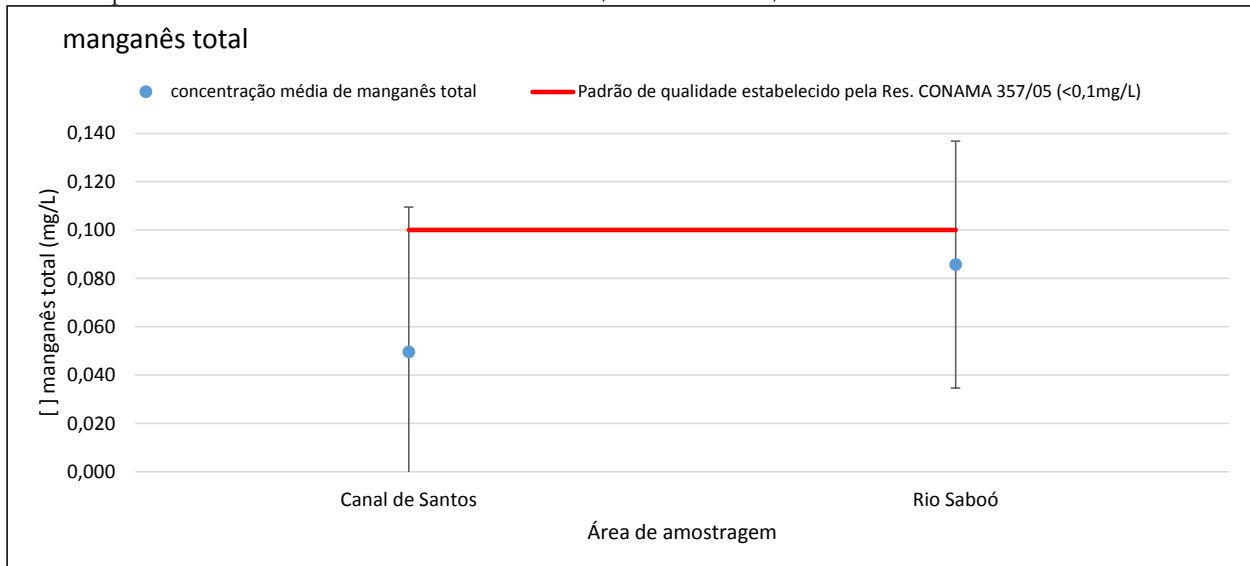
Figura 2.9.6.6.5-2 – Concentração média de manganês total, obtido nas amostras ao longo das estações do ano, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e outubro/2015.



Fonte: CPEA (2016).



Figura 2.9.6.6.5-3 – Concentração média de manganês total obtido nas amostras do canal de Santos e no rio Saboó, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e outubro/2015.



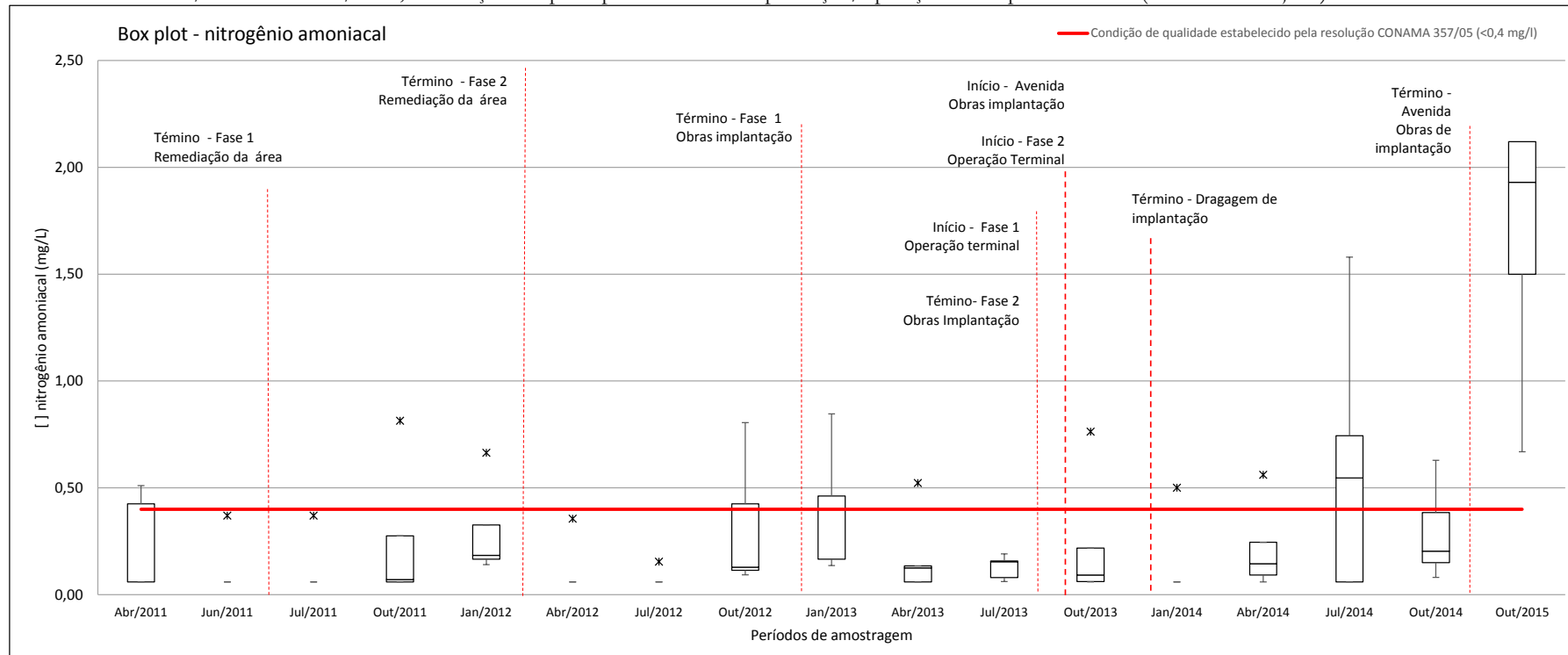
Fonte: CPEA (2016).

É possível identificar que a concentração média de manganês total no período da primavera (0,094 mg/L;  $\pm 0,07$ ) foi a maior obtida ao longo desse monitoramento, entre as estações do ano. É possível identificar também, que a concentração média de manganês no Rio Saboó (0,086 mg/L;  $\pm 0,05$ ) são mais elevadas do que as amostras do canal de Santos (0,05 mg/L;  $\pm 0,05$ ).

#### 2.9.6.6.6. Nitrogênio amoniacal

A Figura 2.9.6.6.6-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de nitrogênio amoniacal em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2016).

Figura 2.9.6.6-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de nitrogênio amoniacal nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre abril/2011 e outubro/2015, em relação aos principais marcos de implantação/operação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De acordo com o gráfico boxplot, pode-se observar que a maioria das campanhas apresentaram amostras com concentrações de nitrogênio amoniacal em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 (exceção às campanhas de abril/2011, outubro/2012, janeiro/2013, julho/2014 e outubro/2015). Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre este parâmetro e os demais parâmetros considerados relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Não foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) para correlação entre os parâmetros mais relevantes. Entretanto, foram encontradas diferenças estatísticas significativas, no teste de Kruskal-Wallis, em relação apenas à análise espacial, conforme Tabela 2.9.6.6.1, a seguir.

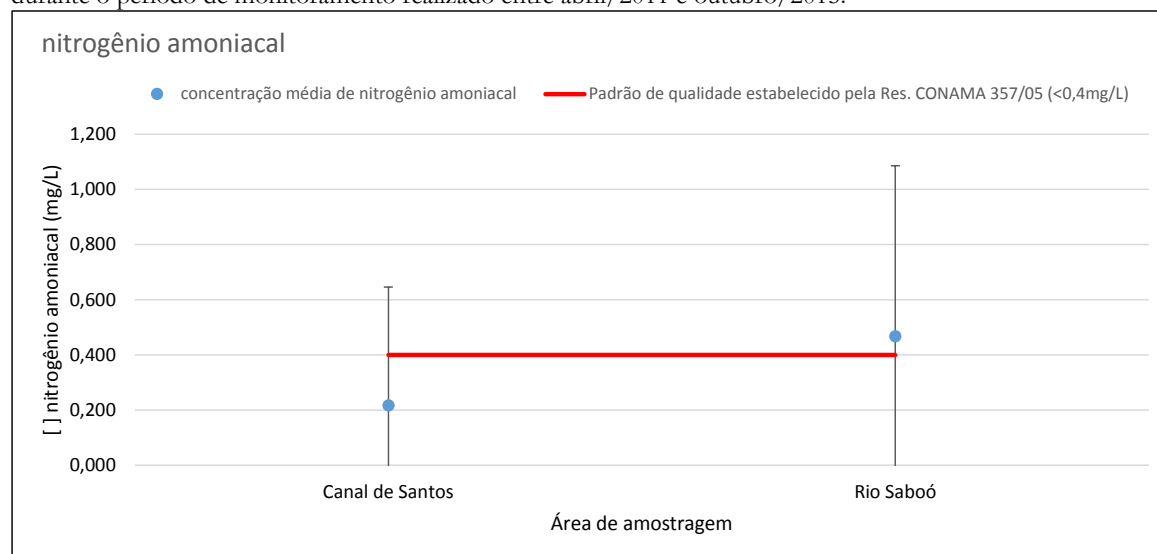
Tabela 2.9.6.6.1 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de nitrogênio amoniacal entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		N. amoniacal
Tempo	F	1,964426848
	p	0,579822777
Espaço	F	12,24735347
	p	<b>0,000465919</b>

Fonte: CPEA (2016).

A fim de identificar tal diferença espacial encontrada no teste de Kruskal-Wallis, a Figura 2.9.6.6.2 apresenta um gráfico das médias obtidas nas amostras do canal de Santos e do rio Saboó.

Figura 2.9.6.6.2 – Concentração média de nitrogênio amoniacal, obtido nas amostras ao longo das estações do ano, durante o período de monitoramento realizado entre abril/2011 e outubro/2015.



Fonte: CPEA (2016).

Conforme observado, é possível identificar que a concentração média de nitrogênio amoniacal no rio Saboó (0,468 mg/L;  $\pm 0,61$ ) foi maior que a concentração média obtida no canal de Santos (0,217 mg/L;  $\pm 0,42$ ) ao longo desse monitoramento.

Segundo Esteves; Amado (2011), as fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, mas em geral, os esgotos sanitários constituem a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico

devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas e farmacêuticas, também são conhecidas por lançarem efluentes ricos em nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas. Nas áreas urbanas a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização (CETESB, 2010), como é o caso da região do empreendimento.

Além disso, as formas de nitrogênio encontradas no ambiente podem ser associadas à distância das fontes de contaminação. O nitrogênio orgânico e amoniacal, por serem formas reduzidas, são vinculados às zonas de autodepuração naturais e decomposição em rios, respectivamente. Já as formas oxidadas (nitrito e nitrato) são observadas em zonas de recuperação e zonas de águas limpas, respectivamente. Em tese, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e houver predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; enquanto que se prevalecerem o nitrito e o nitrato, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2010).

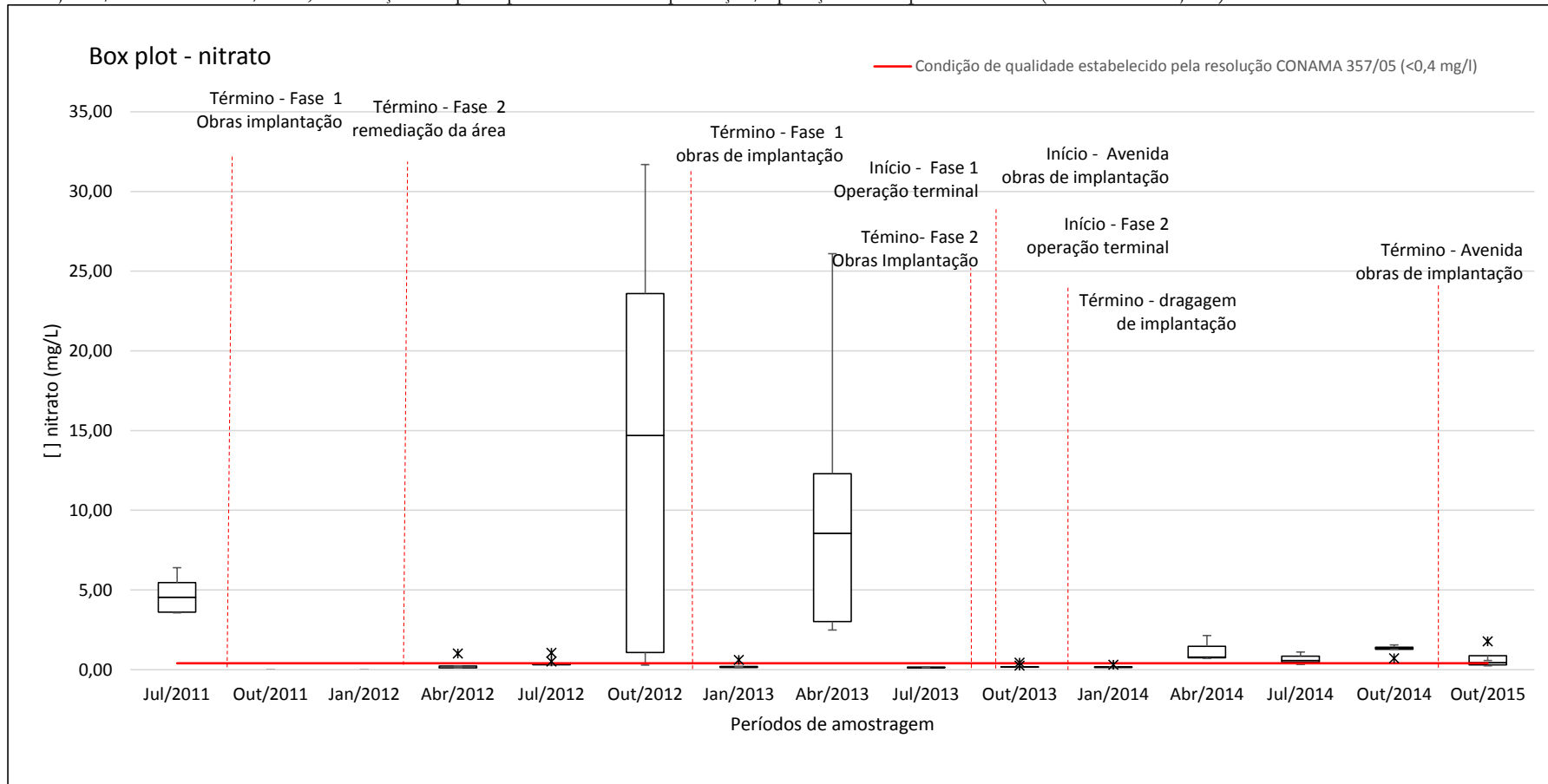
Conforme resultados obtidos, todas as amostras apresentaram todas as formas de nitrogênio das quais foram analisadas, em algum momento do monitoramento, indicando que as fontes de contaminação estão tanto próximas, como distantes, ou seja, estão dispersas ao longo do estuário.

Assim como o fósforo, o nitrogênio também é um macro nutriente essencial a diversos processos biológicos, sendo o segundo elemento mais exigido pelas células, no entanto, quando descarregados em excesso nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitando processos de eutrofização (CETESB, 2013).

#### **2.9.6.6.7. Nitrato**

A Figura 2.9.6.6.7-1, a seguir, apresenta um gráfico boxplot com a distribuição das concentrações obtidas nas amostras de nitrato em cada ponto ao longo deste monitoramento (abril/2011 e junho/2015). Vale ressaltar que o monitoramento deste parâmetro iniciou-se em julho/2011, mas em outubro/2011 e janeiro/2012, este parâmetro ocorreu em concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório, em todos os pontos amostrados.

Figura 2.9.6.6.7-1 – Gráfico boxplot dos resultados da série histórica de nitrato obtidos nos pontos de águas superficiais, durante as campanhas de monitoramento realizadas entre julho/2011 e outubro/2015, em relação aos principais marcos de implantação/operação do empreendimento (vermelho tracejado).



Fonte: CPEA (2016).

De acordo com o gráfico boxplot, pode-se observar que a maioria das campanhas apresentaram amostras com concentrações de nitrato em desconformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 (principalmente as campanhas de julho/2011, outubro/2012 e abril/2013). Como este parâmetro é suscetível à mudanças sazonais e temporais, foi realizada uma análise de correlação entre este parâmetro e os demais parâmetros considerados relevantes e um teste de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, para realizar uma análise temporal das concentrações obtidas ao longo das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e uma análise espacial entre as amostras do rio Saboó (PA-01, PA-04 e PA-05) e o canal de Santos (PA-02 e PA-03), a fim de identificar alguma diferença nos resultados entre as duas áreas.

Não foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) para correlação entre os parâmetros mais relevantes, e também não foram encontradas diferenças estatísticas significativas, no teste de Kruskal-Wallis, em relação às análises espaciais e temporais, conforme Tabela 2.9.6.6.7-1, a seguir.

Tabela 2.9.6.6.7-1. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação das concentrações de nitrato entre as diferentes estações do ano (análise temporal) e entre as amostras do rio Saboó e o canal de Santos (análise espacial).

KW		nitrato
Tempo	F	4,926625
	p	0,17725
Espaço	F	0,79022
	p	0,374034

Fonte: CPEA (2016).

### 2.9.7. Considerações finais

Com base no banco de dados gerado referente à qualidade das águas superficiais ao longo deste Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos, e nas informações apresentada no presente Relatório Anual, não se observou indícios de alterações na qualidade das águas superficiais provenientes das atividades de implantação ou operação do Terminal da BTP.

Os resultados encontrados nas amostras de águas superficiais foram comparados com as condições e padrões de qualidade estabelecidos nos artigos 18 (água salina) e 21 (água salobra) da Resolução CONAMA 357/2005.

De acordo com os resultados obtidos entre julho/2015 e junho/2016 no entorno da BTP, foi possível observar que a qualidade das águas, principalmente no Rio Saboó, está desconforme às condições e padrões de qualidade definidos pelos artigos 18 e 21 da Resolução CONAMA 357/05, no que se refere, principalmente, em relação aos parâmetros oxigênio dissolvido, carbono orgânico total, boro total, manganês total, fósforo total, polifosfatos, e série nitrogenada. Parâmetros não definidos pela resolução, como DQO, fósforo dissolvido e nitrogênio Kjeldahl total (TKN) também foram quantificados na maioria das amostras analisadas.

Como discutido acima, essas substâncias são constituintes de diversos produtos e processos produtivos, além de comumente presentes nos efluentes domésticos e nas águas de drenagem superficial de grandes centros urbanos. O Rio Saboó, em seu percurso até o estuário, recebe lançamentos de esgoto não tratado de forma difusa, assim como todo o estuário de Santos, cujos afluentes recebem a contribuição do polo industrial de Cubatão, dos canais de drenagem urbana e dos despejos difusos de efluentes domésticos sem tratamento prévio. Dessa forma, de acordo com os resultados obtidos neste período de monitoramento, as desconformidades em relação às condições e padrões de qualidade da água superficial observada na região são oriundas, principalmente, do despejo de efluente doméstico nas águas do Rio Saboó e Estuário de Santos.

Ressalta-se que o Terminal Portuário da BTP não realiza lançamento de efluentes domésticos (brutos e/ou tratados) no Estuário/Rio Saboó, uma vez que seus efluentes sanitários são direcionados, desde dezembro de 2010, para a concessionária responsável (Cembra-Gerconsulting) pela captação e tratamento do esgoto na região portuária. Os efluentes lançados atualmente pela BTP no estuário de Santos são de origem exclusivamente pluvial. De acordo com os resultados obtidos no Programa de Gerenciamento de Efluentes (Item 2.6), não há indicativos diretos de alteração da qualidade da água superficial no entorno do empreendimento, em função dos lançamentos, demonstrando uma capacidade de suporte do corpo receptor superior à carga de efluentes pluviais lançada no estuário.

Com relação a análise integrada dos resultados considerados de maior relevância (oxigênio dissolvido, carbono orgânico total, fósforo total, polifosfatos, manganês total, nitrogênio amoniacal e nitrato) para a qualidade das águas superficiais, entre as campanhas de abril/2011 a junho/2016, concluiu-se que foram obtidos valores estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) para correlação entre eles, indicando uma possível associação entre estas variáveis. Também foram encontradas diferenças estatísticas significativas, no teste de Kruskal-Wallis, em relação à análise temporal para os parâmetros oxigênio dissolvido, fósforo total e manganês total. Indicando que estes parâmetros têm suas concentrações alteradas ao longo das estações do ano e; em relação à análise espacial para carbono orgânico total, fósforo total, polifosfatos, manganês total e nitrogênio amoniacal, indicando que as concentrações destes parâmetros são diferentes em relação à área de estudo (Canal de Santos x Rio Saboó), sendo possível identificar também, que as amostras do Rio Saboó apresentaram concentrações médias mais elevadas em todos os parâmetros, do que as amostras do canal de Santos.

Por fim cabe informar, que foi autorizada a suspensão do Programa de Monitoramento de Águas Superficiais e Sedimentos, pelo IBAMA, em agosto/2016 por meio do PAR.02001.003191/2016-52 COPAH/IBAMA, com base no banco de dados gerado ao longo de cinco anos de monitoramento e pelas análises integradoras realizadas.

## Referências bibliográficas

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

APRILE, F. M.; SIQUEIRA, G. W.; LORANDI, R. A Influência dos Processos Erosivos na Foz do rio Doce (Espírito Santo – Brasil). In: VIII Congresso da ABEQUA, Assoc. Bras. de Estudos do Quaternário, Mariluz/Imbé, RS, pp.203-205, 2001.

BAIRD, C. 2002. Química Ambiental. Tradução: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera, 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARBIER, O.; ARREOLA-MENDOZA, L.; DEL RAZO, L. M. Molecular mechanisms of fluoride toxicity. *Chemico-Biological Interactions*, v.188, n.2, p.319-333, 2010.

BRANCO, S.M. 1991. Água e o homem. In: *Hidrologia Ambiental*, v.3. São Paulo: Edusp. 1991.

BRASIL Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: julho/2016.



Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. Apêndice A: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: CETESB, Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009. São Paulo:

CETESB, 2010. 310 p., 2010. - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012. São Paulo: CETESB, 2013. 370 p. 2013.;

ANA. 2011. Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras: água sedimento, comunidades aquáticas, e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB: ANA. Brasília, 2011.

CONSÓRCIO CEMBRA – GERCONSULT. Porto de Santos. Disponível em: <<http://cembra.com.br/portodesantos/>>. Acessado em: 22 de dezembro de 2016.

COSTA R.L.; CARREIRA R.S. 2005. A comparison between faecal sterols and coliform counts in the investigation of sewage contamination in sediments. *Brazilian Journal of Oceanography*, 53(3/4):157:167.2005.

CPEA – Consultoria Planejamento e Estudos Ambientais. 2016. Relatórios Técnicos do Programa de controle e monitoramento da qualidade das águas superficiais no âmbito do PBA da BTP. Junho/2016

CURTIS, D.E. 1998. Boron stimulates embryonic troutgrowth. *J. Nutr*, vol 128, 2488–2493

ESTEVES, F.A.; AMADO, A.M. 2011. Nitrogênio. In: Fundamentos de limnologia. Esteves F.A.-coordenador, 3ª. Ed, Rio de Janeiro, Interciência, pp. 239-258, 2011.

ESTEVES, F.A.; PANOSSO, R. 2011. Fósforo. In: Fundamentos de limnologia. Esteves F.A.-coordenador, 3ª. Ed, Rio de Janeiro, Interciência, pp. 259-281, 2011.

ISO 5667-6. (2005). Water quality - Sampling - part 6: Guidance on sampling of rivers and streams - Revisão 2. p.16.

KIRK-OTHMER.1991. Encyclopedia of chemical technology. 4 ed. v. 4, p. 360-522, USA, 1991.  
LI E., XIONG Z.; CHEN L.; ZENG C.; LI K. Acute Toxicity of boron to juvenile white shrimp, *L. vannamei*, at two salinities. *Aquaculture*, v. 278. 175–178. 2008.

MIRANDA, G.T. Termina contrato do Santos Novos Tempos. Jornal A TRIBUNA. Santos, 20 de agosto de 2016. Disponível em < <http://www.tribuna.com.br/noticias/detalhe/noticia/termina-contrato-do-santos-novos-tempos/?cHash=1124e918fbba72920c421962aedc6c85>>. Acessado em: 22 de dezembro de 2016.

MKR; BTP. 2008. Grupo MKR – Consultoria, Serviços e Tecnologia; Brasil Terminal Portuários. Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Julho de 2008.

PANIGRAPHY, P. K.; DAS, J., DAS, S. N.; SAHOO, R. K. Evaluation of the influence of various physico-chemical parameters on coastal water quality, around Orissa, by factor analysis. Indian Journal of Marine Sciences, v. 28, n. 4, p. 360-364, 1999.

RILEY, J.P.; CHESTER, R. Introduction to marine Chemistry. Academic Press London and New York, 1971.

SANTOS, PREFEITURA MUNICIPAL. 2008. Relatório de avaliação ambiental dos componentes do programa. Programa de Desenvolvimento Estratégico de Santos e Infra-Estrutura Urbana e Habitacional das Zonas Noroeste e dos Morros de Santos – Programa Santos Novos Tempos, disponível em: <[www.portal.santos.sp.gov.br/conselhos/request.php?329](http://www.portal.santos.sp.gov.br/conselhos/request.php?329)>. Acessado em: agosto/2016.

SANTOS, M. G. C.; SANTOS, R. C. Fluoretação das águas de abastecimento público no combate à cárie dentária. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, v. 15, n. 1, p. 75-80, 2011.

SIQUEIRA, G. W. Estudo dos teores de metais pesados e outros elementos em sedimentos superficiais do Sistema Estuarino de Santos (Baixada Santista/São Paulo) e Plataforma Continental do Amazonas (Margem Continental Norte do Brasil). Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 386p. 2003.

VON SPERLING, M. 2005. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

## ANEXOS

Anexo A – Cadeias de Custódia julho/2015 a junho/2016 (Somente em meio digital).

Anexos B – Tabelas dos resultados de análises (Somente em meio digital).

**Anexos C – Relatórios de ensaio das análises físico-químicas (Somente em meio digital).**

**Anexos D – Relatórios de ensaio das análises químicas e ecotoxicológicas  
(Somente em meio digital).**



Anexos E – Carta laboratório Analytical Technology.

Anexos F – Garantia e controle da qualidade (Somente em meio digital).