



INTER  
FACES  
CIENTÍFICAS

SAÚDE E AMBIENTE

ISSN IMPRESSO 2316-3313

E - ISSN 2316-3798

DOI - 10.17564/2316-3798.2016v5n1p11-26

---

## **MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO DE PITUAÇU, INSERIDO NA MATRIZ DE EXPANSÃO URBANA DA CIDADE DE SALVADOR - BAHIA**

**MONITORING PITUAÇU RESERVOIR, ENTERED THE MATRIX EXPANSION OF URBAN CITY SALVADOR - BAHIA**

**MONITOREO DE DEPÓSITO PITUAÇU, INSERTADO EN LA MATRIZ DE EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD SALVADOR - BAHIA**

---

Fabrcio T. Fontes Aleluia<sup>1</sup>  
Lilian Cota Cruz<sup>1</sup>  
Jorge Tadeu de Freitas<sup>2</sup>  
Martha Lúcia Théophilo Costa<sup>1</sup>  
Júlio César M. G. de Sousa<sup>1</sup>

Tarciana de O. Leonídio<sup>1</sup>  
Franceli Sousa Santos<sup>1</sup>  
Luciano Menezes Maia<sup>1</sup>  
Jussara Chagas de Carvalho<sup>1</sup>

### **RESUMO**

O reservatório de Pituaçu, na matriz de expansão urbana da cidade de Salvador (Bahia), encontra-se inserido no Parque Metropolitano de Pituaçu. Esse foi fundado em 1973 com 660 hectares e atualmente possui uma área de aproximadamente 390 hectares, a redução é consequência das intervenções históricas que ocorreram na área e no entorno do reservatório. O trabalho tem objetivo apresentar os resultados dos parâmetros monitorados pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa) no período entre os anos de 2007 até 2015. No delineamento amostral foram distribuídos aleatoriamente 09 pontos, com frequência de monitoramento semestral, onde apenas

os parâmetros: Cloreto Total, Potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Alumínio Dissolvido, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Zinco Total, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos, Sulfato Total, Turbidez, Clorofila-a, Coliformes Termotolerantes, Cianobactérias e Cianotoxinas, apresentam resultados significativos para discutir a qualidade da água do reservatório. As ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Pituaçu promovem aporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos que comprometem a qualidade da água, conforme indica os parâmetros analisados. O elevado

tempo de residência da água no reservatório potencializa a degradação dos nutrientes aportados pelas fontes antrópicas localizadas na bacia hidrográfica. As alterações observadas no monitoramento indicam variações significativas no grau de trofia do reservatório, onde o mesmo flutua dentro do balanço hídrico anual entre os estados eutrófico e hipereutrófico. A qualidade da água não atende os parâmetros destinados ao enquadramento para consumo humano e a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), apesar de possuir estrutura eficiente para o tratamento convencional, não utiliza o reservatório para

abastecimento da população da cidade de Salvador (Bahia). Contudo, mantém o programa de monitoramento ativo, visando auxiliar os órgãos responsáveis pela gestão do Parque Metropolitano de Pituáçu na definição dos usos para o reservatório.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento, Reservatório, Pituáçu.

## **ABSTRACT**

The reservoir Pituáçu in urban expansion array of the city of Salvador (Bahia), is inserted in Pituáçu Metropolitan Park. This was founded in 1973 with 660 hectares and currently has an area of approximately 390 hectares, the reduction is a result of historical interventions that occurred in the area and around the reservoir. The study aimed to present the results of the parameters monitored by the Bahian Company for Water and Sanitation (Embasa) in the period between the years 2007 to 2015. The sample design were randomly assigned 09 points, often semi-annual monitoring where only the parameters: Total chloride, hydrogen potential, Biochemical Oxygen Demand, Total Phosphorus, Nitrogen Ammonium, Nitrate, Aluminum Dissolved, Barium, Total Cadmium, Total Lead, Dissolved Iron, Manganese, Total Zinc, Dissolved Oxygen, Dissolved Solids, Total Sulfate, Turbidity Chlorophyll-a, Thermotolerant Coliforms, Cyanobacteria and Cyanotoxins present significant results to discuss the quality of the reservoir water. Irregular occupations in the basin of river Pituáçu promote contribution of organic and inorganic nutrients that impair water quality, as indicated by the parameters analyzed. The

high water time of residence in the reservoir enhances the degradation of nutrients contributed by anthropogenic sources in the basin. The changes observed in the monitoring indicate significant variations in the trophic level of the reservoir, where it floats in the annual water balance between the eutrophic and hypertrophic states. The water quality does not meet the parameters for the framework for human consumption and the Bahia Company for Water and Sanitation (Embasa), despite having efficient structure for conventional treatment, does not use the reservoir for supplying the population of the city of Salvador (Bahia). However, it keeps the active monitoring program, aimed at assisting the agencies responsible for managing the Pituacu Metropolitan Park in the definition of uses for the reservoir.

## **KEYWORDS**

Monitoring, Reservoir, Pituáçu.

## RESUMEN

El depósito Pituacu en orden de expansión urbana de la ciudad de Salvador (Bahia), se inserta en Pituacu Parque Metropolitano. Esta fue fundada en 1973 con 660 hectáreas y actualmente cuenta con una superficie aproximada de 390 hectáreas, la reducción es el resultado de las intervenciones históricas que se produjeron en la zona y alrededor del embalse. El estudio tuvo como objetivo presentar los resultados de los parámetros monitorizados por la Compañía de Bahía de Agua y Saneamiento (Embasa) en el periodo comprendido entre los años 2007 a 2015. El diseño de la muestra se asignaron al azar 09 puntos, a menudo monitoreo semestral donde sólo los parámetros: Cloruro Total, Potencial de Hidrógeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fósforo Total, Nitrógeno de Amonio, Nitrato, Aluminio Disuelto, Bario, Total de Cadmio, Lead total, Disuelve Hierro, Manganeso, Zinc Total, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos, Total Sulfato, Turbidez, Clorofila-a, Coliformes Termotolerantes, Cianobacterias y Cianotoxinas, presentan resultados significativos para analizar la calidad del agua del depósito. Ocupaciones irregulares en la cuenca del río Pituacu promover la contribución de nutrientes orgánicos e inorgánicos que deterioran la calidad del agua,

como lo indican los parámetros analizados. El tiempo de residencia del agua alta en el depósito aumenta la degradación de los nutrientes aportados por fuentes antropogénicas en la cuenca. Los cambios observados en el seguimiento indican variaciones significativas en el nivel trófico de la reserva a la que flota en el balance anual de agua entre los estados eutróficos e hipertróficos. La calidad del agua no cumple con los parámetros para el marco para el consumo humano y la Compañía Bahía de Agua y Saneamiento (Embasa), a pesar de que tiene una estructura eficiente para el tratamiento convencional, no utiliza el depósito para el abastecimiento de la población de la ciudad de Salvador (Bahia). Sin embargo, se mantiene el programa de vigilancia activa, destinada a ayudar a los organismos responsables de la gestión del Parque Metropolitano Pituacu en la definición de usos para el depósito.

## PALABRAS-CLAVE

Monitoreo, Depósito, Pituacu.

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos apresentam funções que podem ser qualificadas de serviços e benefícios para diferentes espécies (ODUM, 1988) e (TUNDISI, 2003). Quando se aprofunda o estudo em reservatório percebe-se que ocorrem zonas verticais, horizontais e longitudinais, distinguindo-se assim: uma zona litoral, uma zona limnética e uma zona profunda (RICKLEFS, 2003). A variação das comunidades nos compartimentos aquáticos permite produção primária, a

ciclagem de nutrientes e a transferência de energia necessária para manutenção dos sistemas (RICKLEFS, 2003) e (CAMARGO, 2003).

Construindo reservatórios, o homem modifica a paisagem e afeta a capacidade ecológica dos sistemas aquáticos. As águas paradas apresentam baixa eficiência na oxidação de efluentes do que águas correntes (HENRY, 2005). Com isso, a ecologia de um reser-

vatório se torna completamente diferente de um rio e de um lago natural. Percebe-se que os reservatórios apresentam balanços térmicos diferentes dos lagos naturais, dependendo do regime de operação do barramento. Assim, a depender da sua forma de funcionamento, pode reter o calor e exportar os nutrientes, ao contrário dos rios e lagos naturais que funcionam retendo nutrientes e exportando calor (HENRY, 2005) e (SANTANA, 1990).

Em 1906, a bacia do rio Pituaçu teve seu fluxo hídrico barrado com a construção da represa, promovendo alterações fisiográficas que se refletiram no equilíbrio do novo sistema formado. Esta bacia hidrográfica apresenta formato longilíneo, sendo perpendicular à costa da cidade de Salvador (Bahia). Seus limites a noroeste são a BR 324 e a Estrada Velha do Aeroporto, limitando-se a sudeste com a Avenida Octávio Mangabeira, na orla marítima (SANTANA, 1990) e (PEREIRA, 1990). A bacia do rio Pituaçu, apresenta em sua área de escoamento um crescente processo de favelização e contribuições irregulares de lançamentos de efluentes domésticos. Sendo assim, o reservatório localizado na parte baixa da bacia de drenagem, recebe ao longo dos anos este aporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos que promovem alterações nas suas características ecológicas e refletem o estado de conservação da bacia contribuinte.

O saneamento ambiental na bacia hidrográfica do rio Pituaçu está diretamente vinculado à qualidade de vida da população e, apesar da extensa rede de esgotamento sanitária implantada pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), os processos de degradação contribuem significativamente para intensificação dos problemas ambientais na região. O rio Pituaçu sofre esse impacto há décadas e a intensificação das ocupações desordenadas ao longo da bacia hidrográfica reflete diretamente nas características físicas, químicas e biológicas da água no reservatório de Pituaçu.

O Reservatório de Pituaçu é parte integrante do Parque Metropolitano de Pituaçu, e possui um espe-

lho de água superficial de aproximadamente 758000 m<sup>2</sup>, com capacidade para 2.473.000,0 m<sup>3</sup> de água e profundidade média de 4,50 m. Este tem um fluxo irregular, devido à dependência dos eventos de chuva, onde o ponto de entrada do rio Pituaçu está situado próximo às imediações da Avenida Luis Viana Filho (HANDALL, 2003). Com base na pluviometria regional verifica-se a existência de dois períodos climáticos distintos em Salvador (Bahia): um chuvoso abrangendo os meses de abril a agosto, e outro mais seco durante os demais meses do ano (SANTANA, 1990) e (PEREIRA, 1990).

Considerando uma precipitação média anual de 1700mm, a bacia hidrográfica contribuirá com uma vazão média anual de 59.620 m<sup>3</sup>/d = 0,69 m<sup>3</sup>/s, que pode possibilitar, abatida uma evaporação em torno de 50% da precipitação, uma vazão regularizada de aproximadamente 350 l/s na barragem. Com base nas características, pode-se observar que o reservatório de Pituaçu teria seu volume de 2.473.000,0 m<sup>3</sup> renovado com uma precipitação de 195 mm dentro de um período chuvoso. É certo, que durante os meses de abril a agosto, o volume do reservatório será renovado pelo menos duas vezes, este fato é importante para o controle de nutrientes e de inóculos de microrganismos indesejáveis (HANDALL, 2003).

## 2 OBJETIVO

Apresentar os resultados dos parâmetros limnológicos, físico-químicos, geoquímicos e microbiológicos monitorados pela EMBASA no período compreendido entre os anos de 2007 até 2015.

## 3 MÉTODOS E MATERIAIS

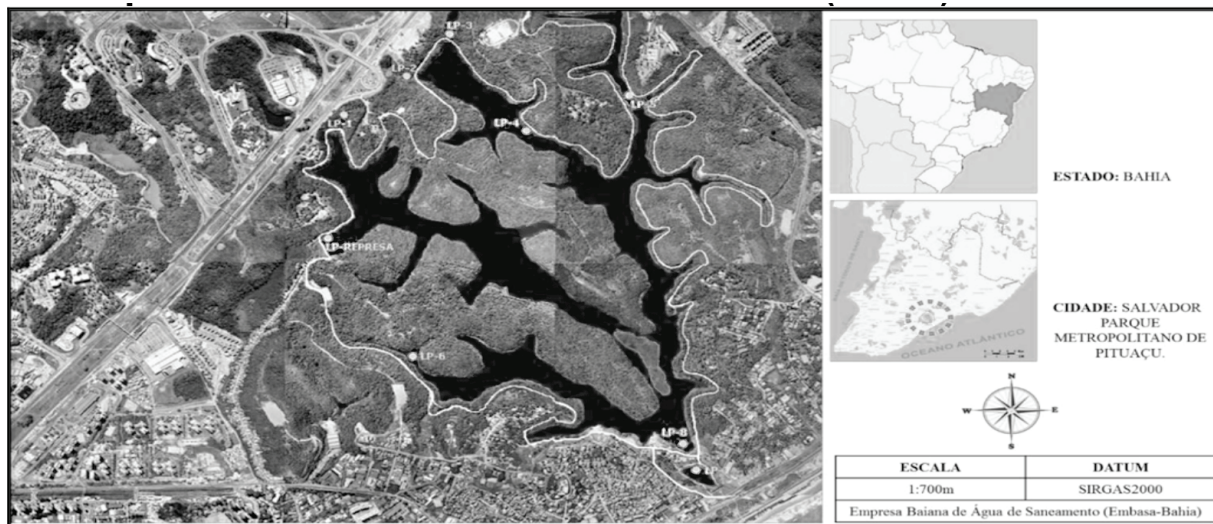
### 3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

As amostragens foram realizadas em 09 pontos distribuídos aleatoriamente no reservatório de Pitua-

çu, visando monitorar as características limnológicas, físico-químicas, geoquímicas e microbiológicas da água (Figura 1). Os pontos apresentam características distintas, que são influenciadas pela dinâmica da bacia de drenagem contribuinte e pela morfometria do reservatório. Estes pontos foram amostrados sem-

tralmente, considerando o período seco e chuvoso da região, entre os anos de 2007 até 2015, gerando até o momento atual 17 campanhas de monitoramento, que totalizam 153 amostras de água, tornando suficientemente representativa a amostragem para estudos em reservatórios inseridos em matrizes de expansão urbana.

Figura 1 - Localização espacial dos pontos de amostragem distribuídos no Reservatório de Pituauçu, localizado no Parque Metropolitano de Pituauçu inserido na zona de expansão urbana da cidade de Salvador (Bahia).



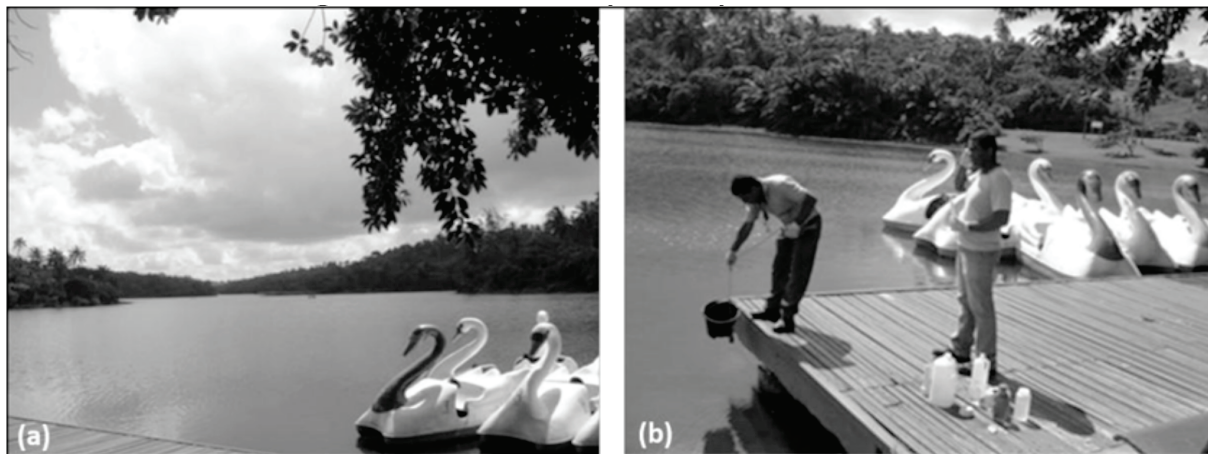
Fonte: EMBASA (2007)

### 3.2 AMOSTRAGEM E PARÂMETROS ANALISADOS NO PROGRAMA DE MONITORAMENTO

O monitoramento das características limnológicas, físico-químicas, geoquímicas e microbiológicas da água do reservatório de Pituauçu é realizado com base nos seguintes parâmetros: Cloreto Total, Potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Alumínio Dissolvido, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Zinco Total, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos, Sulfato To-

tal, Turbidez, Clorofila-a, Coliformes Termotolerantes, Cianobactérias e Cianotoxinas. As amostras foram obtidas através da coleta de água na superfície ( $\pm 40.0\text{cm}$ ) em cada ponto de amostragem. Após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas para o Departamento de Controle da Qualidade (TSQ) da EMBASA em frascos com os conservantes específicos. O TSQ é responsável pelas análises dos parâmetros citados e utiliza como referência para realização dos ensaios os procedimentos técnicos definidos pelo Standard Methods 22ª Edição (APHA, 2012).

Figura 2 - Representação do procedimento de amostragem executado pela equipe de coletores do Departamento de Controle da Qualidade (TSQ), onde: (a) representa uma visão geral do reservatório de Pituauçu (LP-08); e (b) demonstração do procedimento de amostragem executado (LP-08).



Fonte: EMBASA (2007)

### 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO

Após os procedimentos desenvolvidos para análise dos parâmetros de qualidade da água foram realizados os tratamentos estatísticos pertinentes, tendo como base as matrizes primárias dos dados. O tratamento tem como finalidade avaliar a qualidade da água no reservatório de Pituauçu baseado nos valores médios, e no desvio padrão, dos resultados obtidos nas campanhas executadas no período seco (PS) e chuvoso (PC) da cidade de Salvador (Bahia).

Com a finalidade de caracterizar espacialmente o comportamento dos pontos de monitoramento os dados foram submetidos a uma Análise dos Componentes Principais (Principal Component Analysis – PCA). A PCA é uma formulação matemática usada na redução da dimensionalidade dos dados que possibilita a identificação de padrões, permitindo expressá-los de maneira tal que suas semelhanças, e diferenças, sejam destacadas. Dessa forma, utilizou-se a correlação na matriz de semelhança para gerar autovetores de comprimento decrescente em função da sua contribuição na variância total dos dados. O coeficiente “R”

de Pearson foi utilizado como índice de semelhança, esse coeficiente promove internamente uma padronização dos dados no próprio cálculo. Os maiores autovalores foram encontrados no Eixo 01 (autovalor = 15.81) e no Eixo 02 (autovalor = 7.66), que explicam 94.69% da variabilidade dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A qualidade da água em uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por diversos fatores, em especial destaca-se o uso e ocupação do solo ao longo das linhas de drenagens que formam a bacia contribuinte. Os vários processos que controlam a qualidade da água de um determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar impactar significativamente a sua qualidade. Os valores médios dos parâmetros analisados entre os pontos de amostragem no período seco (PS) e chuvoso (PC) estão apresentados na Tabela 1, podendo observar também a indicação dos anos e períodos sazonais onde não foi possível realizar a coleta e análise das amostras (sr). Os mesmos foram

comparados com os limites estabelecidos pela Resolução número 357/2015 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para Classe 02 (BRASIL, 2005), visando comparações ao longo das discussões dos resultados, sem considerar os mesmos como critérios para classificação e enquadramento da água do reservatório.

Ao longo da série história observa-se que os parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Chumbo Total, Ferro Dissolvido, Manganês

Total, Densidade de Cianobactérias, Clorofila-a e Coliformes Termotolerantes, apresentam valores médios fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. A localização do reservatório no contexto da bacia hidrográfica proporciona uma resposta acentuada ao lançamento de efluentes domésticos oriundos das ocupações irregulares localizadas no alto e médio curso do rio Pituáçu. Esse fato quando associado ao elevado tempo de residência da água no sistema justifica os valores apresentados, e refletem o impacto das atividades antrópicas sobre a qualidade do reservatório.

Tabela 1 - Valores médios anuais dos parâmetros, obtidos no período seco (PS) e chuvoso (PC), durante a execução do programa de monitoramento do reservatório de Pituáçu, com indicação dos resultados acima dos valores de referência. Os valores de referência (VR) são definidos pela Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

VALORES MÉDIOS ANUAIS								
PARÂMETROS	2007		2008		2009		INFORMAÇÕES	
	PS	PC	PS	PC	PS	PC	VR 357/05	UNIDADE
Cloreto Total	38,0	sr	sr	47,6	54,5	27,8	250,0	mg/L
DBO	2,9	2,3	1,9	<b>11,8</b>	2,5	2,4	< 5,0	mg/L
Fósforo Total	<b>0,04</b>	0,02	<b>0,05</b>	<b>0,35</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	0,03	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,42	sr	sr	<b>3,96</b>	1,44	1,78	3,7	mg/L
Nitrato	0,50	0,55	0,50	1,20	0,50	0,50	10,0	mg/L
Oxigênio Dissolvido	7,95	<b>3,45</b>	<b>4,34</b>	<b>4,52</b>	<b>3,29</b>	<b>3,42</b>	> 5,0	mg/L
Potencial Hidrogeniônico	7,94	6,79	7,09	7,12	6,89	6,68	6.0 a 9.0	pH
Sólidos Dissolvidos Totais	148,00	14,27	189,71	222,13	209,13	169,78	500,0	mg/L
Sulfato Total	5,00	sr	sr	13,59	9,07	19,62	250,0	mg/L
Turbidez	3,67	sr	sr	37,78	24,80	22,00	100,0	NTU
Alumínio Dissolvido	0,0352	0,0252	0,0537	0,0510	0,0218	0,0443	0,10	mg/L
Bário Total	0,0385	0,0999	0,0662	0,1055	0,1949	0,0958	0,70	mg/L
Cádmio Total	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,001	mg/L
Chumbo Total	0,0083	0,0043	<b>0,0252</b>	<b>0,0429</b>	0,0108	<b>0,0285</b>	0,01	mg/L
Ferro Dissolvido	<b>0,5408</b>	<b>0,7437</b>	<b>1,3403</b>	<b>1,0113</b>	<b>0,3685</b>	<b>0,3563</b>	0,30	mg/L
Manganês Total	<b>0,2178</b>	<b>0,3078</b>	<b>0,4568</b>	<b>0,2692</b>	<b>0,3158</b>	<b>0,4717</b>	0,10	mg/L
Zinco Total	0,0032	0,0021	0,0190	0,0813	0,0611	0,0457	0,18	mg/L

VALORES MÉDIOS ANUAIS								
PARÂMETROS	2007		2008		2009		INFORMAÇÕES	
	PS	PC	PS	PC	PS	PC	VR 357/05	UNIDADE
Cianobactérias	236,6	211,7	255,1	1760,2	649,0	724,1	50000,0	Cél./mL
Clorofila-a	<b>47,4</b>	12,1	3,2	8,1	9,8	10,9	30,0	µg/L
Coliformes Termotolerantes	58,7	<b>1005,1</b>	156,3	<b>83770,9</b>	181,3	<b>1694,9</b>	1000,0	UFC

VALORES MÉDIOS ANUAIS								
PARÂMETROS	2010		2011		2012		INFORMAÇÕES	
	PS	PC	PS	PC	PS	PC	VR 357/05	UNIDADE
Cloreto Total	30,3	61,2	40,2	31,3	31,3	43,5	250,0	mg/L
DBO	<b>5,5</b>	<b>5,5</b>	4,3	3,7	2,8	2,4	< 5,0	mg/L
Fósforo Total	<b>0,14</b>	<b>0,29</b>	<b>0,16</b>	<b>0,23</b>	<b>0,08</b>	0,03	0,03	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	2,47	sr	1,49	1,41	1,06	1,72	3,7	mg/L
Nitrato	0,51	0,50	0,66	0,60	sr	0,50	10,0	mg/L
Oxigênio Dissolvido	<b>3,85</b>	<b>4,92</b>	<b>4,02</b>	<b>4,38</b>	<b>4,35</b>	<b>4,78</b>	> 5,0	mg/L
Potencial Hidrogeniônico	6,73	7,24	6,94	6,88	6,92	7,11	6,0 a 9,0	pH
Sólidos Dissolvidos Totais	136,33	127,50	112,78	136,89	140,43	145,57	500,0	mg/L
Sulfato Total	11,14	25,86	25,06	12,53	9,48	7,90	250,0	mg/L
Turbidez	78,28	36,80	31,79	37,12	25,04	15,85	100,0	NTU
Alumínio Dissolvido	0,0690	0,0209	0,0986	sr	sr	0,0184	0,10	mg/L
Bário Total	0,0881	0,0414	0,0669	sr	0,0315	0,0273	0,70	mg/L
Cádmio Total	0,0001	0,0001	0,0001	sr	0,0002	0,0001	0,001	mg/L

Fonte: EMBASA (2005)

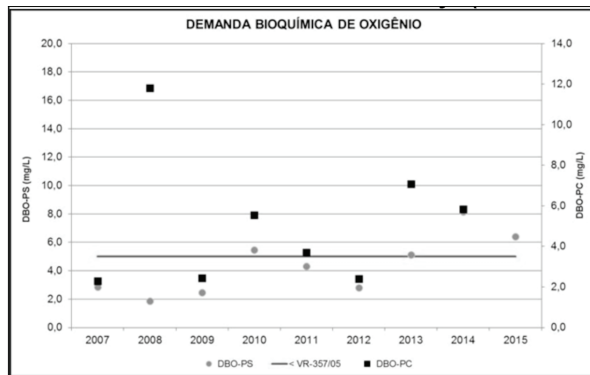
A Figura 3 representa as concentrações médias da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), onde é possível observar a ocorrência de valores acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 nos anos de 2008 (PC), 2010 (PS e PC), 2011 (PC), 2013 (PS e PC), 2014 (PS e PC) e 2015 (OS). A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os valores elevados

demonstram a influência das contribuições alóctones de matéria orgânica para dinâmica do reservatório de Pituaçu, provenientes dos aportes irregulares de efluentes domésticos na bacia contribuinte. O elevado tempo de residência promove a geração de zonas de estagnação de nutrientes alóctones e autóctones, potencializando os processos de degradação da matéria orgânica e justificando assim os resultados observados dentro da série histórica.



Segundo Souza (2002), vários conflitos e problemas são gerados nas áreas de entorno dos reservatórios inseridos em matrizes urbanas, tais como: (a) degradação ambiental dos mananciais; (b) aumento do risco de comprometimento das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química; (c) contaminação dos rios por esgotos doméstico, industrial e pluvial; (d) geração de enchentes urbanas pela extensiva ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana; e (e) insuficiência de coleta e disposição do lixo urbano. A degradação e a falta de planejamento, ou ainda sua inadequação, podem acarretar, além de danos ambientais e comprometimento dos recursos naturais locais, sérios riscos à população local, tanto em termos de conforto ambiental como de segurança.

Figura 3 - Concentrações médias da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).

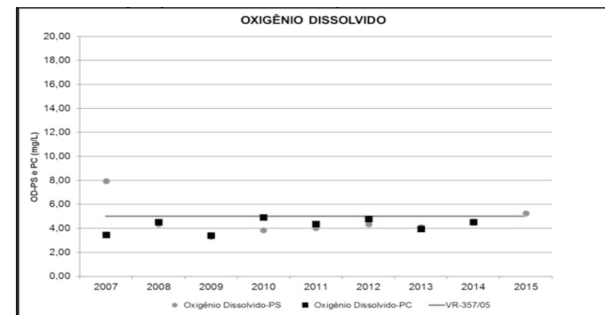


Fonte: EMBASA (2005)

A Figura 4 representa as concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD), onde é possível observar a ocorrência de valores fora do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 no período seco e chuvoso nos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. As concentrações da DBO são significativas para justificar o comportamento apresentado dentro da série histórica para o OD. O aporte de matéria orgânica alóctone, e a produção autóctone, no reservatório de

Pituauçu é bastante significativa, e as taxas de consumo de oxigênio direcionada para degradação promove no sistema a formação de zonas de anóxia. Esse fato, afeta diretamente a qualidade da água no manancial e a biota aquática inserida no contexto do ecossistema aquático formado e caracteriza uma indicação nítida de alteração de estado trófico.

Figura 4 - Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).



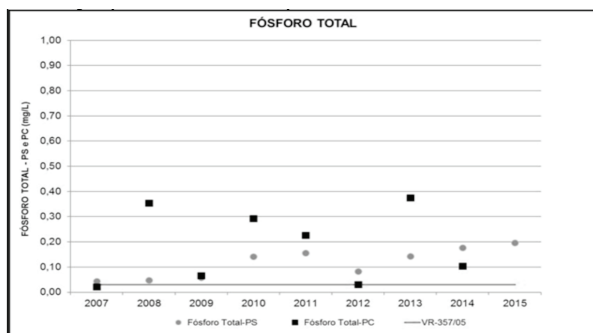
Fonte: EMBASA (2005)

A Figura 5 representa as concentrações médias de Fósforo Total, onde é possível observar a ocorrência de valores acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05, no período seco e chuvoso em todos os anos de monitoramento (2007 até 2015). O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de efluentes domésticos, nesse sentido, os processos observados na bacia hidrográfica contribuem para o aumento das concentrações no reservatório de Pituauçu. Segundo Lamparelli (2004), valores anuais médios de fósforo total nos reservatórios do Estado de São Paulo acima de 0,053 mg/L já caracterizam os ambientes como eutróficos, e valores iguais ou acima de 0,120 mg/L já indicam que o ambiente se encontra supereutrótico podendo chegar até o estado hipereutrótico.

Os valores médios anuais observados no período seco, da cidade de Salvador (Bahia), indicam que o reservatório de Pituauçu sofre variações entre os estados eutrótico (2007, 2008, 2009 e 2012) e supereutrótico (2010, 2011, 2013, 2014 e 2015), no período

chuvoso ocorrem variações entre mesotrófico (2007), eutrófico (2009, 2012 e 2014) e hipereutrófico (2008, 2010, 2011 e 2013). Os resultados demonstram que a contribuição da bacia hidrográfica, durante o período chuvoso, promove um incremento de nutrientes no reservatório de Pituvaçu. Esse incremento gera uma elevação no estado trófico do sistema e confirma o impacto dos lançamentos irregulares (clandestinos) de efluentes domésticos sobre a qualidade da água.

**Figura 5 - Concentrações médias de Fósforo Total (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituvaçu (Salvador-Bahia).**

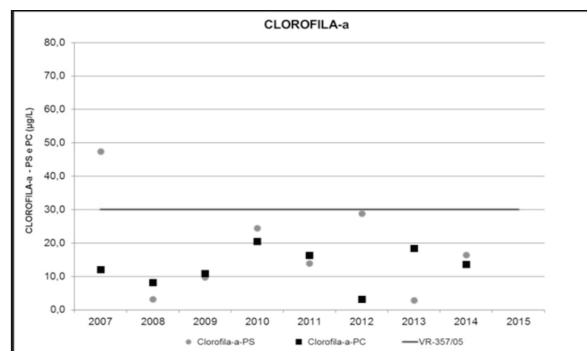


Fonte: EMBASA (2005)

A Figura 6 representa as concentrações médias Clorofila-a, onde é possível observar a ocorrência de valores acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 apenas no período seco de 2007. Apesar das elevadas concentrações de fósforo total observa-se que os valores de clorofila-a não ultrapassam o limite estabelecido pela resolução citada, demonstrando que a biomassa algal não aumenta de forma significativa. Contudo, observa-se no reservatório de Pituvaçu extensos e densos bancos de macrófitas livres flutuantes e emergentes, essas competem diretamente com o fitoplâncton na absorção do fósforo presente na água. Segundo Bento (2007), as macrófitas aquá-

licas, através dos mecanismos de absorção, alocação, reabsorção e realocação, podem ser consideradas como as principais acumuladoras de fósforo em lagos e reservatórios rasos.

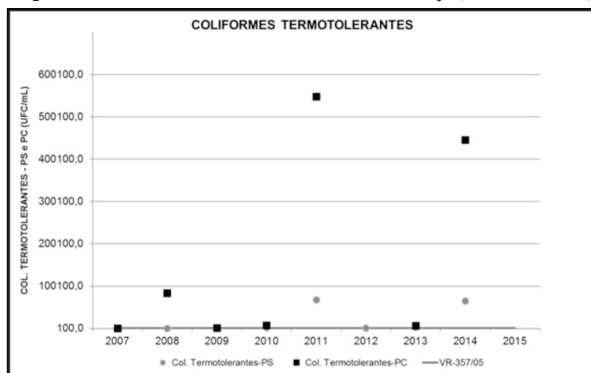
**Figura 6 - Concentrações médias de Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituvaçu (Salvador-Bahia).**



Fonte: EMBASA (2005)

A Figura 7 representa as concentrações médias Coliformes Termotolerantes, onde é possível observar a ocorrência de valores acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 nos períodos secos que ocorrem entre 2010 até 2014, e no chuvoso entre 2007 até 2014, com exceção apenas de 2012. Os coliformes estão presentes em grandes quantidades nas fezes do ser humano e em mamíferos. O grupo Coliformes, em especial os Termotolerantes, representa um valioso indicador bacteriano para determinação da extensão da contaminação fecal de águas superficiais, e pode ser utilizado para informar contaminação da água subterrânea. Neste contexto, as concentrações observadas confirmam a influência do lançamento irregular de efluentes doméstico ao longo da bacia do rio Pituvaçu, indicando assim o comprometimento da qualidade da água por material fecal humano.

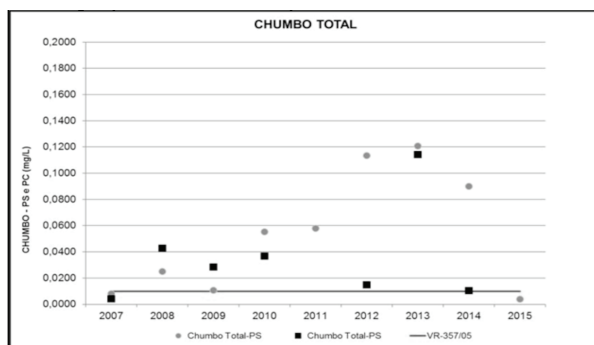
Figura 7 - Concentrações médias de Coliformes Termotolerantes (UFC/mL), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).



Fonte: EMBASA (2005)

As Figuras 8, 9 e 10 representam, respectivamente, as concentrações médias Chumbo Total, Ferro Dissolvido e Manganês Total, onde é possível observar a ocorrência de valores acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 no período compreendido entre os anos de 2007 até 2014 tanto no período seco quanto no período chuvoso. A presença desses metais na água do reservatório de Pituauçu é justificada pelo aporte clandestino de efluentes doméstico e pela lixiviação de solos durante o processo de escoamento superficial ao longo da bacia hidrográfica.

Figura 8 - Concentrações médias de Chumbo Total (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).

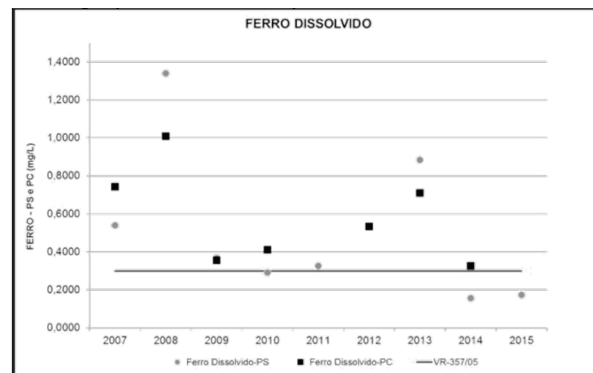


Fonte: EMBASA (2005)

Os reservatórios urbanos, inseridos nas matrizes de expansão das grandes cidades, se tornam com o passar dos anos depositários de uma variedade de subprodutos provenientes das atividades antrópicas circunvizinhas. A presença de elementos traços potencialmente tóxicos, como os identificados no reservatório de Pituauçu, promove efeitos adversos sobre o ambiente, refletindo diretamente na economia e na saúde pública. O crescimento desenfreado e desordenado dos centros urbanos está alheio às demandas que vão surgindo em função das atividades antrópicas instaladas. Estas, por sua vez, desempenham um papel importante na sociedade como geradoras de benefícios, quanto à produção de bens de consumo, impostos e empregos.

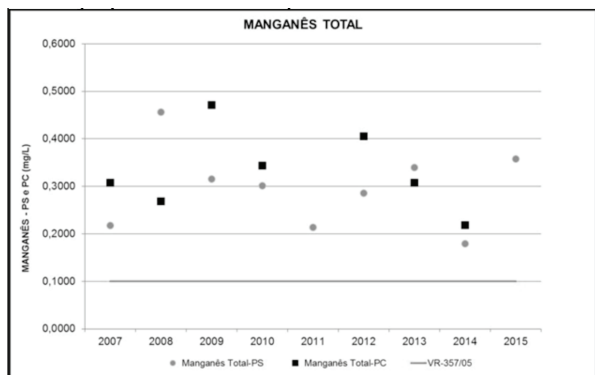
Na bacia hidrográfica do rio Pituauçu existe uma série de atividades antrópicas com potencial de aportar metais para a água, como exemplo pode-se citar: pequenas industriais, clínicas, hospitais e o próprio escoamento da drenagem das vias urbanas. Sendo assim, o lançamento irregular de efluentes domésticos e o processo de lixiviação durante o escoamento superficial tornam-se fatores complementares dentro dessa extensa rede de tensores antrópicas que influenciam diretamente a qualidade da água no reservatório localizado no baixo do rio Pituauçu.

Figura 9 - Concentrações médias de Ferro Dissolvido (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).



Fonte: EMBASA (2005)

Figura 10 - Concentrações médias de Manganês Total (mg/L), nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), dentro da série histórica do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu (Salvador-Bahia).



Fonte: EMBASA (2005)

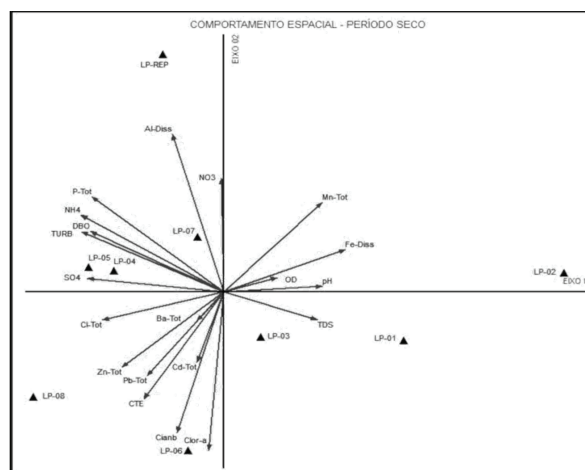
Com a finalidade de caracterizar espacialmente o comportamento dos pontos de monitoramento no período compreendido entre os anos de 2007 até 2015, os resultados obtidos ao longo da série histórica, sem a transformação na média aritmética, foram submetidos a uma Análise dos Componentes Principais (Principal Component Analysis – PCA). Os maiores autovalores foram encontrados no Eixo 01 (autovalor = 15.81) e no Eixo 02 (autovalor = 7.66), sendo que esses eixos explicam 94.69% da variabilidade dos dados. As Figuras 11 e 12 representam, respectivamente, o resultado da Análise dos Componentes Principais no período seco e chuvoso da cidade de Salvador (Bahia).

No período seco observa-se que os pontos LP-04 e LP-05 apresentam comportamento similar devido às concentrações de Sulfato Total na água superficial, apesar dessas não se apresentarem superiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. No período chuvoso observa-se uma dissi-

milaridade entre os pontos de monitoramento devido as variações nas concentrações dos parâmetros analisados, esse fato é justificado pela renovação da água no reservatório em decorrência da redução do tempo de residência.

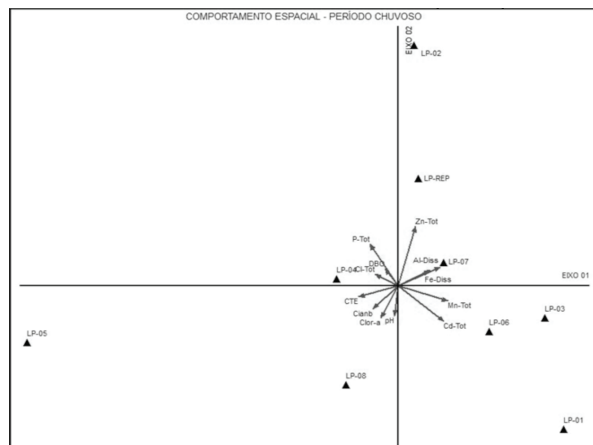
Os sulfatos compõem um dos importantes agrupamentos de íons em águas naturais originando-se, sobretudo, a partir da oxidação da matéria orgânica ou da alteração de sulfetos/sulfatos das rochas, em processos supergênicos (KRAUSKOPF, 1995). No reservatório de Pituauçu o período seco é caracterizado pela redução dos índices pluviométricos na cidade de Salvador (Bahia), fato que promove um aumento no tempo de residência da água dentro do sistema e como consequência intensificação dos processos de degradação da matéria orgânica alóctone oriunda da bacia hidrográfica.

Figura 11 - Resultado da Análise dos Componentes Principais (PCA) utilizada para caracterizar o comportamento espacial dos pontos de monitoramento localizados no reservatório de Pituauçu com base nos resultados das campanhas realizadas no período seco da cidade de Salvador (Bahia).



Fonte: EMBASA (2005)

Figura 12 - Resultado da Análise dos Componentes Principais (PCA) utilizada para caracterizar o comportamento espacial dos pontos de monitoramento localizados no reservatório de Pituvaçu com base nos resultados das campanhas realizadas no período chuvoso da cidade de Salvador (Bahia).



Fonte: EMBASA (2005)

Na dinâmica do reservatório de Pituvaçu observa-se que o aumento do aporte de água dentro do sistema, mesmo diferenciado ao longo dos meses e semanas dentro da série histórica analisada, promove contribuições diferenciadas devido às dimensões da bacia hidrográfica. Estas proporcionam flutuações e alterações nas características dos parâmetros analisados, promovendo alterações do estado trófico e confirmando a degradação da qualidade da água no reservatório de Pituvaçu.

Esse processo ocorre devido ao estado acentuado de degradação ambiental observado ao longo da bacia hidrográfica, que proporciona o lançamento de nutrientes inorgânicos e orgânicos oriundos das ligações irregulares e clandestinas de esgoto que são direcionadas para o rio Pituvaçu. O reservatório apresenta uma dinâmica no aporte de nutrientes condicionada pelas variações sazonas do regime pluviométrico, pelas dimensões e estado de degradação da bacia do rio Pituvaçu, evidenciado com base nas flutuações observadas nas concentrações dos parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total,

Nitrogênio Amônia, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Chumbo Total, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Densidade de Cianobactérias, Clorofila-a e Coliformes Termotolerantes.

## 5 CONCLUSÕES

A EMBASA possui uma extensa e completa rede de esgotamento sanitário nos bairros inseridos na bacia hidrográfica do rio Pituvaçu, onde a finalidade é coletar todos os efluentes domésticos oriundos das residências e direcionar para a estação e tratamento de esgoto da cidade. Apesar da elevada taxa de cobertura, observa-se ao longo da bacia hidrográfica um processo crescente de ocupação irregular e desordenada que contraria a lei de ordenação do uso e da ocupação do solo da cidade de Salvador (LEI Nº 8.167/2012), fato que promove o lançamento irregular e clandestino de efluentes doméstico no rio Pituvaçu.

Dessa forma, as alterações observadas, dentro da série histórica, nos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Amônia, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Chumbo Total, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Densidade de Cianobactérias, Clorofila-a e Coliformes Termotolerantes, refletem o impacto dos efluentes aportados pelas ligações irregulares localizadas no alto e médio curso do rio Pituvaçu. Como o reservatório de Pituvaçu encontra-se localizado no baixo curso, e apresenta um tempo de residência bastante elevado, toda matéria orgânica e inorgânica oriunda da bacia contribuinte é degradada pela dinâmica do sistema.

O processo de degradação da matéria orgânica promove consumo do oxigênio dissolvido no meio aquático, gerando zonas de anóxia no reservatório, comprometendo a dinâmica da biota aquática. Em contrapartida a remineralização promovida pela dinâmica do sistema proporciona um incremento constante de fósforo que, quando associado as elevadas

contribuições da bacia hidrográfica, justificam as alterações de estado trófico observadas dentro da série histórica nos períodos sazonais analisados.

Sendo assim, a degradação da qualidade da água no reservatório de Pituauçu é bastante acentuada, não atendendo os limites mínimos dos parâmetros destinados ao enquadramento da água para consumo humano. A EMBASA, apesar de possuir estrutura de tratamento com eficiência comprovada, para o enquadramento conforme os requisitos de potabilidade estabelecidos pela portaria do Ministério da Saúde número 2.914/2011, não utiliza o reservatório para abastecimento da população da cidade de Salvador (Bahia). Mesmo assim, a empresa mantém o programa de monitoramento ativo com a finalidade de auxiliar com informações técnicas, respaldadas pelos controles analíticos implementados, os órgãos responsáveis pela gestão do Parque Metropolitano de Pituauçu na definição dos usos para reservatório.

## 6 RECONHECIMENTOS

Agradecer ao Departamento de Controle da Qualidade (TSQ) da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), em especial ao gerente Júlio Cesar Mato Grosso de Souza, pela autorização e liberação dos resultados analíticos utilizados para confecção desse trabalho. Essa iniciativa demonstra que o compartilhamento do conhecimento tem sido a base da inovação e da produção de novos conhecimentos que visam o cumprimento da política da qualidade do departamento e da empresa.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington: American Water Works Association, 22th ed. 2012.

BENTO, L. et al. O Papel das Macrófitas Aquáticas Emersas no Ciclo do Fósforo em Lagos Rasos. **Oecol. Bras**, v.11, n.4, 582-589. 2007.

BRASIL. Resolução 357/05, de 18 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. Brasília, em 18 de março de 2005.

CAMARGO, A. F. M. et al. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, p.59-83. 2003.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUA E SANEAMENTO – EMBASA. **Programa de monitoramento do reservatório de Pituauçu – Salvador – Bahia**. Bahia: EMBASA. 2007.100p.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUA E SANEAMENTO - EMBASA. **Relatórios de Ensaios das Amostras oriundas do Programa de Monitoramento do Reservatório de Pituauçu – Salvador – Bahia**. Bahia: EMBASA. 2005. 153p.

HANDALL F. **Estudos das características da bacia hidrográfica e do reservatório do rio Pituauçu**. Bahia: Conder. 2003.150p.

HENRY, R. et al. **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, ações de manejo e sistema de cascata**. São Paulo: RIMA, 459p. 2005.

KRAUSKOPF, K. B.; BIRD, D. K. **Introduction to Geochemistry**. 3th. ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 637p.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 1988.

PEREIRA, R. A. **Estudos Linmológicos na Represa de Pituçu Salvador – BA**. 1990. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Bahia. Bahia, 1990.

RICKLEFS, R. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 2003.

SANTANA, M. S. **Experimento de Produção Primária no Reservatório de Pituçu Salvador-**

**BA**. 1990. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Bahia. Bahia, 1990.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2002.

TUNDISI, J. G. et al. Integration of Research and Management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and brazilian case studies. **Hidrobiologia**, v.500. 231-242p. 2003.

---

Recebido em: 10 de Junho de 2016  
Avaliado em: 13 de Agosto de 2016  
Aceito em: 28 de Agosto de 2016

---

**1. Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), Salvador, Brasil**