

Estudo da qualidade das águas superficiais na foz do rio Lucaia, Salvador (BA), Brasil
Surface water quality study in foz river Lucaia, Salvador (BA), Brazil
Estudio de calidad del agua superficial en la desembocadura del río Lucaia, Salvador
(BA), Brasil

Recebido: 03/07/2020 | Revisado: 08/07/2020 | Aceito: 13/07/2020 | Publicado: 31/07/2020

Manuela Vieira Santos da Luz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6971-1044>

Universidade Salvador, Brasil

E-mail: manuelavieirasl@hotmail.com

Raiany Sandhy Souza Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4365-8027>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: raianysantos_2@hotmail.com

Adna Caroline Vale Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-9404>

Universidade Salvador, Brasil

E-mail: adnacaroline@hotmail.com

Isadora Machado Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1498-7179>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: isadoramachado1@hotmail.com

Michel de Meireles Brioude

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1695-9817>

Universidade Salvador, Brasil

E-mail: michel.brioude@unifacs.br

Ícaro Thiago Andrade Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3964-7368>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: icarotam@ufba.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais na foz do rio Lucaia em Salvador (BA), Brasil, através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, considerando a influência dos períodos de maré baixa e maré alta. Os valores obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05 para águas doces, classe 2. As concentrações de OD estiveram abaixo do limite estabelecido, sendo a maior no período de estiagem de 3,3 mg/L na maré alta e a menor de 0,42 mg/L no período chuvoso na maré alta. Esses resultados corroboraram com os valores da DBO, que estiveram no intervalo de 166,00 mg/L no período chuvoso na maré baixa e de 134 mg/L no período de estiagem, na maré baixa e alta. Nas análises de coliformes termotolerantes e *E. coli* foram encontrados valores > 8 NMP/100mL para o período chuvoso e de estiagem, tanto na maré baixa quanto na maré alta. O IQA classificou as águas superficiais como ruim na maré baixa do período chuvoso e na maré alta do período de estiagem. Contudo, classificou como regular na maré baixa do período de estiagem e na maré alta do período chuvoso. O IET classificou as águas superficiais como ultraoligotróficas na maré baixa e como oligotróficas na maré alta do período chuvoso. Já para o período de estiagem, as águas foram classificadas como ultraoligotróficas nas marés baixa e alta. A PCA confirmou a alta variabilidade dos dados, influência temporal e dos regimes de marés avaliados sobre os parâmetros analisados.

Palavras-chave: Rios urbanos; Qualidade das águas superficiais; Índice de Qualidade das Águas (IQA); Índice do Estado Trófico (IET); Análise dos Componentes Principais (PCA).

Abstract

This study aimed to assess the quality of surface water at the mouth of the Lucaia River in Salvador (BA), Brazil, through the analysis of physical-chemical and microbiological parameters, considering the influence of low and high tide periods. The values obtained were compared to the standards established by CONAMA Resolution No. 357/05 for freshwater, class 2. The DO concentrations were below the limit required by the Resolution, being the highest in the drought period of 3.3 mg/L in the high tide and the lowest of 0.42 mg/L in the rainy season at high tide. These results corroborate with the BOD values, which were in the range of 166.00 mg/L in the rainy season at low tide and 134 mg/L in the dry season, at low and high tide. In the analysis of thermotolerant coliforms and *E. coli* values >8 NMP/100mL were found for the rainy and drought periods, both at low tide and at high tide. The IQA classified surface waters as bad at low tide during the rainy season and at high tide during the

dry season. However, it was classified as regular at low tide during the dry season and at high tide during the rainy season. The EIT classified surface waters as ultraoligotrophic at low tide and as oligotrophic at high tide in the rainy season. For the dry season, the waters were classified as ultraoligotrophic at low and high tides. The PCA confirmed the high variability of the data, temporal influence and tidal regimes evaluated on the analyzed parameters.

Keywords: Urban rivers; Surface water quality; Water Quality Index (AQI); Trophic State Index (EIT); Principal Component Analysis (PCA).

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua superficial en la desembocadura del río Lucaia en Salvador (BA), Brasil, a través del análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos, considerando la influencia de los períodos de marea alta y baja. Los valores obtenidos se compararon con los estándares establecidos por la Resolución CONAMA No. 357/05 para agua dulce, clase 2. Las concentraciones de OD estuvieron por debajo del límite requerido por la Resolución, siendo las más altas en el período de sequía de 3.3 mg/L en la marea alta y la más baja de 0.42 mg/L en la temporada de lluvias con marea alta. Estos resultados corroboran con los valores de DBO, que estaban en el rango de 166.00 mg/L en la temporada de lluvias con marea baja y 134 mg/L en la estación seca, con marea baja y alta. En el análisis de coliformes termotolerantes y valores de E. coli >8 NMP/100 ml se encontraron para los períodos de lluvia y sequía, tanto en marea baja como en marea alta. El IQA clasificó las aguas superficiales como malas durante la marea baja durante la temporada de lluvias y durante la marea alta durante la estación seca. Sin embargo, se clasificó como regular con marea baja durante la estación seca y con marea alta durante la temporada de lluvias. El EIT clasificó las aguas superficiales como ultraoligotróficas con la marea baja y como oligotróficas con la marea alta en la temporada de lluvias. Para la estación seca, las aguas se clasificaron como ultraoligotróficas en mareas bajas y altas. El PCA confirmó la alta variabilidad de los datos, la influencia temporal y los regímenes de mareas evaluados en los parámetros analizados.

Palabras clave: Ríos urbanos; Calidad del agua superficial; Índice de calidad del agua (AQI); Índice de estado trófico (EIT); Análisis de componentes principales (PCA).

1. Introdução

A água é um elemento essencial e vital à manutenção da vida (Perard, 2018). Em sua generalidade tem importância sanitária, social e econômica, assegurando à atual e às futuras gerações disponibilidade de água. Deve obedecer a padrões de controle de qualidade e quantidade, atendendo as necessidades dos respectivos usos e proporcionando o desenvolvimento econômico (Brasil, 1997).

A crescente preocupação com as questões ambientais tem se tornado cada vez mais evidente devido ao acelerado crescimento da população e do processo de urbanização. A partir disso, diversos conflitos têm sido causados, como por exemplo o aumento da demanda por água, a desordenada utilização e o aumento da poluição, resultando numa pressão sobre os recursos hídricos (Moghim & Garna, 2019; Rocha et al., 2020).

Sendo assim, à medida que se intensifica o processo de urbanização e de industrialização, sérios conflitos e problemas ambientais são gerados impedindo a construção de um desenvolvimento urbano sustentável (Fan et al., 2019; Hao et al., 2020). Para Carli et al. (2013) a gestão da demanda por água deve apoiar-se em um uso racional, onde haja uma conservação, para que não seja comprometida a qualidade dos serviços prestados que dependem deste recurso natural. Logo, Darbandsari et al. (2020) acreditam que, para a redução dos conflitos, os tomadores de decisões devem tomar como ponto de partida uma análise em que se considere as esferas sociais, econômicas e ambientais, a fim de se ter uma redução da pressão causada sobre os recursos hídricos.

Os rios, por serem fontes de um dos recursos naturais mais importantes à manutenção da vida, possuem um grande valor e possibilitam o desenvolvimento urbano. Estudos em águas superficiais de rios urbanos tem crescido nos últimos anos buscando entendimento dos níveis de poluentes, sejam aqueles de origem industrial ou de efluentes domésticos. Além disso, pesquisas relacionadas a dispersão de poluentes em rios, projetando cenários futuros têm sido motivadas na área científica e tecnológica, pois os seus resultados podem auxiliar em tomadas de decisões na gestão dos recursos hídricos (Moreira et al., 2015; Pereira et al., 2015; Silva et al., 2015; Marques et al., 2016; Miranda et al., 2016; Rios et al., 2017; Cardoso et al., 2020)

Segundo Trevisan e Orssatto (2017) os problemas de saneamento refletem o crescimento desordenado da população, que não é acompanhado pelas melhorias em infraestrutura urbana. A problemática está expressa em políticas públicas que agem com

medidas temporárias ao invés de investir em medidas que venham a solucionar problemas a longo prazo.

Em Salvador, assim como em outros grandes centros urbanos, o encapsulamento de rios é utilizado como uma resposta para solucionar os problemas de esgotamento sanitário, poluições e inundações (Silva et al., 2019). O rio Lucaia, é um rio que retrata a realidade dos rios urbanos de Salvador. Com sua nascente na Avenida Joana Angélica, o rio recebe a contribuição de vários bairros no decorrer do seu percurso até desaguar no Largo da Mariquita, no bairro do Rio Vermelho. É uma bacia ocupada por uma população que exhibe uma diversidade de faixas de renda mensal, porém é constituída predominantemente por populações com rendas mais baixas. Esta bacia recebe parte dos efluentes domésticos da cidade, sendo caracterizada pelas suas águas sempre muito escuras e com sinais do intenso processo de assoreamento, interferindo diretamente no fluxo do rio (Santos et al., 2010).

Em um cenário de conflitos que envolve as condições precárias de saneamento básico e a indisponibilidade de água em quantidade e qualidade, torna-se necessária a busca de medidas que venham a intervir, mitigando os impactos e evidenciando a importância de se conservar os rios urbanos. Visto que o rio Lucaia apresenta condições desfavoráveis para a preservação do meio ambiente, fica clara a importância de se ter sistemas de gestão eficazes, a fim de impedir o avanço dos impactos que estão sendo causados ao meio ambiente. Contudo, segundo Marques et al. (2016), os métodos de investigação existentes criam a possibilidade de qualificar os problemas, para que posteriormente sejam feitas intervenções para a melhoria dos rios urbanos.

A partir deste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais na foz do rio Lucaia em Salvador (BA), Brasil, através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Tendo como objetivos específicos verificar a interferência dos períodos de maré baixa e maré alta na qualidade da água, avaliar o nível de trofia das águas superficiais através do cálculo do Índice do Estado Trófico (IET), classificar a qualidade das águas através do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e correlacionar todas estas variáveis estatisticamente através da Análise dos Componentes Principais (PCA).

2. Metodologia

A metodologia consistiu primeiramente numa revisão de literatura, visando obter uma melhor avaliação de qualidade das águas superficiais na foz de rios urbanos. Diante disso, o estudo consistiu na realização de duas campanhas de amostragem, realizadas no mês de

setembro, considerado um período chuvoso e no mês de novembro, considerado um mês de estiagem, para verificar se existe ou não influência da pluviosidade na qualidade da água da área de estudo. Foram determinados dois momentos do dia para coleta e medição dos parâmetros não conservativos, para se levar em consideração o coeficiente de maré, sendo realizada a coleta em maré alta e maré baixa, com base nas tábuas de marés (Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil - MARMIL, 2019).

Sendo assim, a primeira campanha de amostragem do estudo foi realizada no dia 16 de setembro, às 10h51min quando a maré estava com 0,3 m e às 17h04min quando a maré estava com 2,3 m. A segunda campanha de amostragem foi realizada no dia 05 de novembro, às 11h15min quando a maré estava com 1,7 m e às 17h32min quando estava com 1,0 m (MARMIL, 2019).

Os resultados obtidos nas campanhas de amostragem foram comparados com a Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005, que estabelece os padrões de qualidade das águas doces, salobras e salinas, avaliando parâmetros com seus respectivos limites individuais. Esta também estabelece que enquanto não aprovado o enquadramento, as águas doces serão consideradas como sendo classe 2 e as águas salobras e salinas como classe 1 (Brasil, 2005).

Área de estudo

A bacia do rio Lucaia está localizada ao Sul da cidade de Salvador, possuindo uma área de 14,74km² (Nascimento & Barbosa, 2005). Tendo em vista uma melhor caracterização do rio, Santos et al. (2010) em seus estudos realizaram a medição da vazão do rio Lucaia, em um ponto da Av. Juracy Magalhães Júnior, situada no bairro do Rio Vermelho e encontraram uma vazão de $Q=0,00612\text{m}^3/\text{s}$, para um período chuvoso.

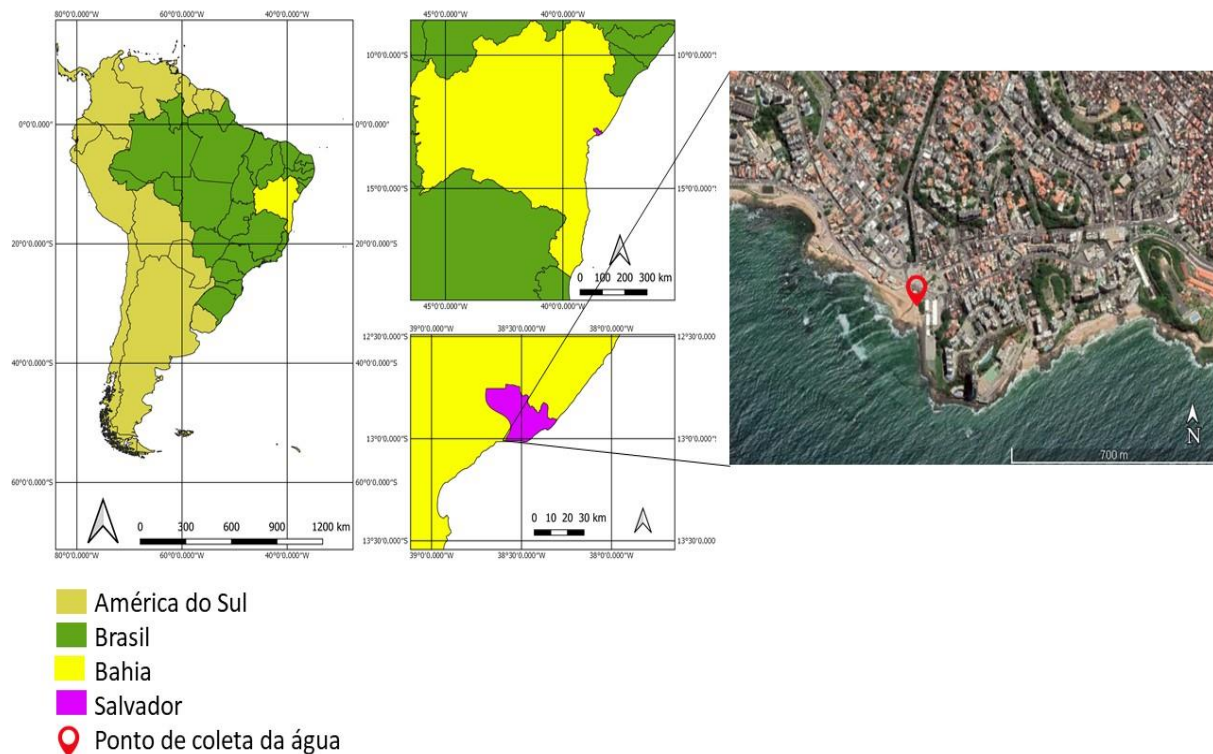
Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), a estação 83229, denominada Salvador Ondina, que é a estação mais próxima da área de estudo, registrou para o período do ano de 1981 a 2010, uma Temperatura média compensada – bulbo úmido de 23,6°C e uma precipitação acumulada de 1871,1mm. Bezerra (2011) descreve que, no geral, em Salvador, a temperatura média anual é de aproximadamente 25°C e que os índices pluviométricos mensais estão sempre acima de 100mm.

O rio Lucaia é um recurso hídrico que se encontra em toda a sua extensão tamponado e com evidências para os problemas de infraestrutura. As percepções do local permitiram constatar as contribuições antrópicas no entorno do rio, sendo percebida a presença de muitos

resíduos sólidos que contribuem para o assoreamento, como também foi constatado um odor desagradável.

A área de estudo deste trabalho é a foz do rio Lucaia, que deságua no Largo da Mariquita no bairro do Rio Vermelho em Salvador (Ba), nas coordenadas 13°0'50.8"S 38°29'20.1"W, como mostrado no mapa da Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da foz do rio Lucaia em Salvador, Bahia.



Fonte: Autores (2019).

Materiais e métodos

As coordenadas geográficas do local de amostragem foram determinadas em campo através de um GPS GARMIN eTrex 10. Previamente a coleta, todos os recipientes foram descontaminados seguindo o protocolo de descontaminação e/ou esterilização dos laboratórios.

Foram realizadas as análises dos parâmetros Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Nitrogênio total, Nitrogênio amoniacal, Nitrato, Nitrito, Fósforo total, Clorofila (*a*), coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* (*E.coli*) e Demanda Bioquímica de Oxigênio

(DBO). Os dados da temperatura do dia e do índice pluviométrico foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (2019).

A medição dos parâmetros não conservativos, tais como: potencial hidrogeniônico (pH); Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura, foi realizada em campo através de uma sonda multiparâmetro Water Quality Meter AK88. Os dados da temperatura do dia e do índice pluviométrico foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019).

A turbidez das amostras foi analisada através de um turbidímetro digital seguindo o método do Standard Methods 2130 B. A análise dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foi realizada através de um medidor de grade de bancada segundo o método do Standard Methods SM 2540 C. Para identificar a presença do nitrogênio total em água foi utilizado o Método de Kjeldahl, onde primeiramente foi realizada a digestão da amostra, seguido de uma destilação e por fim uma titulação volumétrica conforme o método do Standard Methods 4500-N C (Jenkins, 1982).

Para a análise do nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito foi realizada a destilação da amostra e posteriormente uma leitura no ICP/OES seguindo-se o método estabelecido pela American Society for Testing and Materials (ASTM) D1988 (USEPA, 1997). Na análise do fósforo total procedeu-se de forma a estabilizar e concentrar as partículas de fósforo para posterior leitura no ICP/OES segundo o método do Standard Methods 4500 P.

A análise de clorofila (*a*) foi realizada pelo método da Environmental Protection Agency (EPA) 447.0, onde primeiramente foi realizada a filtração das amostras por meio de uma membrana de fibra de vidro, em uma bomba de pressão a vácuo, posteriormente todas as amostras foram centrifugadas e submetidas a leitura em um espectrofotômetro, nos diferentes comprimentos de onda: 630 nm; 647 nm, 664 nm e 750 nm.

Para a análise da *Escherichia coli* e dos coliformes termotolerantes as amostras foram analisadas através de um teste, o Aquateste coli. Após adição do reagente, as amostras foram encubadas em estufa a $35 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ durante 24h, seguindo-se os métodos de análise estabelecidos pelo Standard Methods, sendo o método 9221 D,F para a análise dos coliformes termotolerantes e o método 9213 D para a análise da *Escherichia coli*. Por fim, a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi realizada pelo método Respiratório/Manométrico – OXITOP, mantendo as amostras a uma temperatura controlada de $20 (\pm 1) ^\circ\text{C}$ em uma incubadora biológica por 5 dias, seguindo o estabelecido pelo método do Standard Methods 5210 B.

A coleta das amostras para as análises laboratoriais foi realizada em recipientes âmbar de polietileno, as quais foram coletadas em triplicata de campo, para cada período de maré, para aumentar a confiabilidade dos dados, possibilitar a reprodutibilidade dos mesmos e garantir melhor representatividade do local de amostragem.

As amostras destinadas às análises biológicas foram coletadas em garrafas âmbar de vidro estéreis. As amostras foram previamente identificadas com os códigos A1-MB (maré baixa) e A2-MA (maré alta) para a primeira campanha de amostragem, e A3-MB (maré baixa) e A4-MA (maré alta) para a segunda campanha de amostragem. Após a coleta, as amostras foram conservadas em caixa térmica para o deslocamento até os laboratórios, para a realização das análises.

Índice do Estado Trófico (IET)

Após as análises, foi realizado o cálculo do Índice do Estado Trófico. O IET classifica a qualidade da água quanto ao seu nível de trofia ou seja, quanto ao seu enriquecimento por nutrientes e conseqüentemente o crescimento excessivo de algas. Para calcular este índice, são utilizados os valores obtidos nas análises dos parâmetros da Clorofila *a* e do Fósforo total (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2017).

Segundo a CETESB (2017), o cálculo do Índice do Estado Trófico é composto pelo IET para o fósforo total – IET (PT) e pelo IET para a clorofila (*a*) – IET (CL), onde os cálculos são realizados de acordo com as Equações 1, 2 e 3, modificadas por Lamparelli (2004).

$$IET(PT) = 10. (6 - ((0,42 - 0,36. (\ln PT))/\ln 2)) - 20 \quad (1)$$

$$IET(CL) = 10. (6 - ((-0,7 - 0,6. (\ln CL))/\ln 2)) - 20 \quad (2)$$

$$IET = [IET(PT) + IET(CL)]/2 \quad (3)$$

Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas é uma avaliação da qualidade das águas, é composto por nove parâmetros considerados relevantes quando a água é visada para o abastecimento

público. O IQA para o rio Lucaia foi calculado e classificado segundo o que é estabelecido pela CETESB (2017).

Segundo a CETESB (2017), o cálculo do IQA, conforme mostrado na Equação 4, é realizado pelo produtório ponderado das variáveis que integram a equação. Cada uma das variáveis avaliadas tem um peso (w_i) correspondente, atribuído em função da sua importância para a qualidade da água sendo elas e seus respectivos pesos: coliformes termotolerantes: $w_i = 0,15$; potencial hidrogeniônico (pH): $w_i = 0,12$; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): $w_i = 0,10$; Nitrogênio total: $w_i = 0,10$; Fósforo total: $w_i = 0,10$; Temperatura: $w_i = 0,10$; Turbidez: $w_i = 0,8$; Resíduo total: $w_i = 0,8$ e Oxigênio Dissolvido (OD): $w_i = 0,17$.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4)$$

Sendo: **IQA** - Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; **q_i** - qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; **w_i** - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade; **n** - número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Análise dos Componentes Principais (PCA)

Para a análise estatística dos dados, inicialmente foi utilizado o aplicativo da Microsoft Excel 2016 para a realização da média dos valores das triplicatas de cada parâmetro. Para garantir a confiabilidade dos dados, as variáveis que não apresentaram uma variabilidade significativa e aquelas que tiveram valores atípicos foram eliminadas, sendo estas: Nitrogênio total, Nitrito, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* (*E.coli*).

Posteriormente, com os dados já tratados foi utilizado o software STATISTICA7 e com isso foram gerados os gráficos da Análise dos Componentes Principais (PCA), que possibilitou uma melhor compreensão da correlação entre as variáveis, e das variáveis com a estação de amostragem.

Para fins de visualização dos gráficos, as amostras foram identificadas como A1-MB (maré baixa) e A2-MA (maré alta) para a primeira campanha de amostragem, e A3-MB (maré baixa) e A4-MA (maré alta) para a segunda campanha de amostragem. E os parâmetros

tiveram as seguintes abreviações: potencial hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Nitrogênio amoniacal (NA), Nitrato, Fósforo total (PT), Clorofila (*a*) (Cl) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

3. Resultados e Discussão

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), a estação 83229, denominada Salvador Ondina, registrou uma temperatura mínima de 21°C, uma temperatura máxima de 29°C e o índice pluviométrico de 8mm para a primeira campanha de amostragem. Para a segunda campanha de amostragem, registrou uma temperatura mínima de 24°C, uma temperatura máxima de 29°C e o índice pluviométrico de 0mm.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, foram comparados aos padrões para águas doces de classe 2, em conformidade com o que é estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05 para as águas que não possuem enquadramento (Brasil, 2005).

Tabela 1 - Resultado das análises da primeira campanha de amostragem.

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 Água doce, classe 2	Unidade	Primeira campanha de amostragem	
			Amostra A1-MB	Amostra A2-MA
Temperatura	-	°C	25,3	26,7
pH	6,0 a 9,0	-	7,22	7,13
OD	≥ 5,0	mg/L	2,21	0,42
Turbidez	≤ 100,0	UNT	45,84 ± 8,18	19,19 ± 0,52
STD	≤ 500	mg/L	8,13 ± 1,99	4,72 ± 0,40
Nitrogênio total	-	mg/L	45,51 ± 0,47	38,31 ± 2,09
Nitrogênio amoniacal	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5 ≤ 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0	mg/L	7,97 ± 0,31	7,10 ± 0,20
Nitrato	≤ 10,0	mg/L	0,13 ± 0,01	2,10 ± 1,93
Nitrito	≤ 1,0	mg/L	0,13 ± 0,01	1,73 ± 0,69
Fósforo total	≤ 0,1 (Lótico)	mg/L	0,54 ± 0,04	0,48 ± 0,02
Clorofila (<i>a</i>)	≤ 30	µg/L	1,75 ± 0,89	4,93 ± 1,06
Coliformes Termotolerantes	-	NMP/100mL	> 8	> 8
<i>E.coli</i>	-	NMP/100mL	> 8	> 8
DBO	≤ 5,0	mg/L	166	155

Nota: UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez; NMP - Número Mais Provável.
 Fonte: Autores (2019).

Tabela 2 - Resultado das análises da segunda campanha de amostragem.

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA n° 357/05 Água doce, classe 2	Unidade	Segunda campanha de amostragem	
			Amostra A3-MB	Amostra A4-MA
Temperatura	-	°C	29,2	28,6
pH	6,0 a 9,0	-	7,37	7,91
OD	≥ 5,0	mg/L	1,5	3,3
Turbidez	≤ 100,0	UNT	51,85 ± 17,48	19,9 ± 2,03
STD	≤ 500	mg/L	16,58 ± 0,99	24,80 ± 1,42
Nitrogênio total	-	mg/L	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Nitrogênio amoniacal	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5 ≤ 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0	mg/L	8,80 ± 2,27	1,53 ± 0,11
Nitrato	≤ 10,0	mg/L	13,17 ± 0,04	20,67 ± 0,24
Nitrito	≤ 1,0	mg/L	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Fósforo total	≤ 0,1 (Lótico)	mg/L	1,64 ± 0,12	0,40 ± 0,06
Clorofila (a)	≤ 30	µg/L	13,62 ± 2,46	2,71 ± 0,81
Coliformes Termotolerantes	-	NMP/100mL	> 8	> 8
<i>E.coli</i>	-	NMP/100mL	> 8	> 8
DBO	≤ 5,0	mg/L	134	134

Nota: UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez; NMP - Número Mais Provável.

Fonte: Autores (2019).

Temperatura

Os resultados obtidos para a temperatura superficial da água nas duas campanhas apresentaram-se com uma pequena variação. Os valores encontrados na primeira campanha foram 25,3°C na maré baixa e 26,7°C na maré alta. Os valores da segunda campanha foram 29,2°C para a maré baixa e 28,6°C para a maré alta. A Resolução CONAMA n° 357/05 não estabelece um padrão para a temperatura da água superficial para águas doces, classe 2.

Os maiores valores de temperatura, encontrados na segunda campanha de amostragem, evidencia a influência do período de estiagem sobre a temperatura da água superficial (CETESB, 2016). A pequena variação da temperatura da água corrobora com os valores encontrados por (Santos et al., 2018), que encontraram valores de temperatura da água superficial do rio Lucaia de 27,6°C e 28,2°C. Considerando os valores de temperatura encontrados nesta pesquisa e a possível influência do período de estiagem, esta não apresentou uma alta variabilidade.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH encontrados na primeira campanha foram 7,22 na maré baixa e 7,13 na maré alta. Os valores da segunda campanha foram 7,37 para a maré baixa e 7,91 para a maré alta. Estes valores encontrados se enquadram nos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05, que estabelece uma faixa de pH de 6,0 a 9,0 para águas doces de classe 2 e não apresentaram uma alta variabilidade

Oxigênio Dissolvido (OD)

Os valores encontrados para o OD na primeira campanha foram 2,21 mg/L na maré baixa e 0,42 mg/L na maré alta. Na segunda campanha, os valores foram 1,5 mg/L na maré baixa e 3,3 mg/L na maré alta. Os valores obtidos nas duas campanhas de amostragem se encontram abaixo do valor mínimo de 5,0 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para as águas doces de classe 2 (Brasil, 2005).

A observação dos resultados obtidos na análise do OD corrobora com um estudo realizado por Marques et al. (2016) no rio Lucaia, onde encontraram um valor máximo de 3,7 mg/L e um valor mínimo de 1,1 mg/L para os diferentes períodos de maré no rio Lucaia, justificando-os que, devido ao lançamento de efluentes no rio, as bactérias consomem o OD para metabolizar a matéria orgânica, reduzindo assim os valores de OD. O lançamento de efluentes no rio Lucaia é constatado no estudo de Oliveira (2017), que relata a presença de tubulações clandestinas de efluentes domésticos.

Turbidez

Para a turbidez, os valores encontrados na primeira campanha foram $45,84 \pm 8,18$ UNT na maré baixa e $19,19 \pm 0,52$ UNT para a maré alta. Na segunda campanha, os resultados encontrados foram $51,85 \pm 17,48$ UNT na maré baixa e $19,9 \pm 2,03$ UNT na maré alta. De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/05, a turbidez encontra-se dentro do valor permitido para a classe 2, que é um valor menor ou igual a 100,0 UNT.

Santos et al. (2018) encontraram valores de turbidez de 30 UNT e 22 UNT em um estudo feito sobre o rio Lucaia, que corroboram com os valores encontrados neste estudo, estando abaixo do limite máximo permitido pela Resolução.

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os valores de STD encontrados na primeira campanha foram de $8,13 \pm 1,99$ mg/L na maré baixa e de $4,72 \pm 0,40$ mg/L na maré alta. Na segunda campanha, os valores encontrados foram $16,58 \pm 0,99$ mg/L na maré baixa e de $24,80 \pm 1,42$ mg/L na maré alta. Os valores obtidos nas análises atendem ao que é estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para as águas doces de classe 2, um valor ≤ 500 mg/L.

Em Santos et al. (2018) encontraram valores muito altos de STD no rio Lucaia, estando entre 228 mg/L e 327 mg/L. Ainda que abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução, é preciso considerar que presença de sólidos na água faz com que ocorra um aumento significativo da turbidez, fazendo com que grande parte dos resíduos se sedimentem, afetando a qualidade da água (CETESB, 2016).

Nitrogênio total, Nitrogênio amoniacal, Nitrato e Nitrito

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, observou-se que os resultados obtidos para o nitrogênio total apresentaram uma diminuição na segunda campanha, tanto para maré baixa quanto para maré alta. A Resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece limites padrão para o nitrogênio total.

Em relação ao nitrogênio amoniacal destaca-se que os valores obtidos na maré baixa e na maré alta da primeira campanha são respectivamente $7,97 \pm 0,31$ mg/L e $7,10 \pm 0,20$ mg/L, para a segunda campanha os valores foram $8,80 \pm 2,27$ mg/L na maré baixa e $1,53 \pm 0,11$ mg/L, que estão em desconformidade com o limite estabelecido pelo CONAMA n° 357/2005. Cabe ressaltar que, apenas o valor obtido na maré alta da segunda campanha está de acordo ao limite estabelecido, considerando o valor do pH da amostra. Os valores de nitrogênio amoniacal encontrados acima do limite estabelecido pela Resolução indicam o lançamento de efluentes domésticos (CETESB, 2016; INEMA, 2015).

Carvalho et al. (2015) encontraram concentrações de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal acima dos valores permitidos pela Resolução, sendo os valores de 10,6 mg/L e 9,0 mg/L, respectivamente. Peixoto (2016) também encontrou concentrações de nitrogênio amoniacal nos valores de 5 mg/L e 10 mg/L, indicando que estes estão acima dos limites permitidos e explicam que, o nitrogênio amoniacal é um indicador de efluentes na água e que se encontrados em concentrações elevadas podem ser extremamente tóxicos.

As concentrações de nitrato obtidas nas amostras da primeira campanha sendo $0,13 \pm 0,01$ mg/L para maré baixa e $2,10 \pm 1,93$ para maré alta, assim como foi encontrado em Santos et al. (2018), valores correspondentes a $<0,02$ mg/L e $1,28$ mg/L, estando em conformidade com o limite de $\leq 10,0$ estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005. Já as concentrações obtidas na segunda campanha, no período de maré baixa e de maré alta foram de $13,67 \pm 0,04$ mg/L e $20,67 \pm 0,24$ mg/L respectivamente.

Em relação ao nitrito, tanto para a primeira campanha de amostragem em maré baixa como na segunda campanha maré baixa e alta foi obtido a concentração de $0,13 \pm 0,01$ mg/L, portanto dentro do limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 que determina o máximo de $1,0$ mg/L. Já o período de maré alta na primeira campanha, apresentou concentração de $1,73 \pm 0,69$ mg/L, corroborando com os estudos de Andrietti et al. (2015) que no período chuvoso encontrou uma concentração de $2,6$ mg/L e para um período seco $2,1$ mg/L justificando-os que o comportamento deste poluente é reflexo, principalmente, da ação do escoamento superficial e de eventos de precipitação.

Estes resultados podem indicar a contaminação do rio por cargas de efluentes, dispostas indevidamente neste corpo hídrico, visto que quando estes compostos são descarregados em águas naturais provocam o enriquecimento, tornando o meio eutrofizado (CETESB, 2016).

Fósforo total

Observou-se que os níveis de fósforo encontrados tanto no período de maré baixa como maré alta para as duas campanhas de amostragem estavam acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que é de $\leq 0,1$ mg/L. Acrescenta-se que nas duas campanhas, no período de maré baixa apresentaram as maiores concentrações de fósforo, sendo $0,54 \pm 0,04$ mg/L para a primeira campanha e $1,64 \pm 0,12$ mg/L para a segunda campanha. O valor de fósforo que foi encontrado na maré baixa, na primeira campanha de amostragem pode ter sido influenciado pelas características de maior incidência de chuva no mês de setembro, fazendo com que este fosse transportado pela ação da chuva. No entanto, ressalta-se que o fósforo também está presente no meio pela contaminação por efluentes, aumentando assim as concentrações (CETESB, 2016; INEMA 2015).

Santos et al. (2018) em uma avaliação temporal, encontraram um valor máximo de fósforo total de $0,54$ mg/L sendo que para todas as amostras, que foram coletadas nos meses de setembro e novembro, estiveram acima do limite da Resolução, indicando a influência

temporal sobre os parâmetros. Os resultados obtidos corroboram com os valores encontrados para o rio Lucaia pelo INEMA no Relatório técnico N° 005/15, foram encontradas elevadas concentrações fósforo, sendo a maior de 1,79 mg/L e a menor de 0,81 mg/L valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA para um ambiente lótico, caracterizado como um ambiente que está em constante movimentação.

Clorofila (a)

Os resultados obtidos de clorofila (*a*) para a primeira campanha no período de maré baixa foi de $1,75 \pm 0,89$ µg/L, já na maré alta foi de $4,93 \pm 1,06$ µg/L. Considerando a segunda campanha, os resultados obtidos com relação a maré baixa foi de $13,62 \pm 2,46$ µg/L e maré alta foi de $2,71 \pm 0,81$ µg/L. A Resolução do CONAMA n° 357/05 para rios de água doce classe 2, apresenta como diretriz valores ≤ 30 µg/L de clorofila (*a*) que são considerados prejudiciais ao corpo hídrico, portanto nas duas campanhas realizadas se encontram abaixo do valor máximo permitido pela legislação.

Em um estudo feito por Marques et al. (2016) também no rio Lucaia, verificando a interferência da amplitude da maré na qualidade das águas superficiais deste rio, foi apresentado maior valor para clorofila (*a*) na maré baixa com concentração de 650 µg/L, estando acima do que é permitido pela legislação (≤ 30 µg/L). A clorofila (*a*) é considerada como um indicador representativo da biomassa algal, sendo a principal variável para determinação do estado trófico de corpos d'água (CETESB, 2016), portanto os valores acima de ≤ 30 µg/L podem ser justificados pela fonte de despejo de efluentes domésticos, que influencia no aumento da oferta de nutrientes disponíveis no meio, favorecendo a proliferação de algas (Marques et al., 2020; Marques et al., 2017).

Considerando que nesta presente pesquisa nenhuma das campanhas apresentaram concentrações acima do que é permitido pela legislação, pode ser justificado pela diluição proveniente das águas marinhas e pluviais, devido ao ponto de coleta ser próximo do mar e porque na primeira campanha ocorreu precipitação pluvial antes da coleta.

Coliformes termotolerantes e Escherichia coli (E. coli)

Os resultados obtidos para estes dois parâmetros em ambas as campanhas de amostragem, nos momentos de coleta (maré baixa e maré alta), representam uma água

imprópria para consumo humano pois obteve-se em todas as amostras um valor >8 NMP/100mL.

A pesquisa realizada por Nascimento e Barbosa (2005) identificou que em 52,6% dos 24 pontos totais de coleta para avaliar a qualidade das águas na bacia do rio Lucaia, apresentaram presença de coliformes termotolerantes o que justifica a presença de algum tipo de contaminação. Considerando que o grupo dos coliformes é representado principalmente pela *Escherichia coli*, bactéria que tem origem do intestino humano, está diretamente ligada ao processo de contaminação da água por efluentes domésticos (CETESB, 2016). Estes parâmetros são fundamentais na avaliação da qualidade da água pois indicam níveis de contaminação microbiológica provenientes de efluentes domésticos, sendo um potencial risco a saúde humana e aos organismos aquáticos (Gregório et al., 2020).

A presença de coliformes em águas de rios urbanos podem influenciar na balneabilidade das praias, visto que uma pesquisa realizada por Arcos et al. (2020) onde foram identificados presença de coliformes fecais como indicador de qualidade das águas das praias e rios no Amazonas, indicaram que mesmo o ponto mais frequentado da praia não receber contribuição de efluentes domésticos, foi encontrado densidade elevada de coliformes, devido a contaminação nos períodos de cheia dos rios.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A primeira campanha apresentou a maior concentração de DBO com 166 mg/L para a maré baixa e para a maré alta foi apresentado concentração de 155 mg/L. A menor concentração foi de 134 mg/L para ambas as amplitudes de maré na segunda campanha. A Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece que para este parâmetro a DBO deve ser menor ou igual a 5 mg/L, verificando que os valores obtidos nas duas campanhas de amostragem não atendem aos valores estabelecidos pela legislação. De acordo com as análises, a demanda de oxigênio é maior que a quantidade de oxigênio dissolvido disponível na foz do rio Lucaia e o aumento da DBO é causado por despejos de origem orgânica, advinda da contaminação por efluentes (CETESB, 2016).

Em um monitoramento temporal realizado por Santos et al. (2018), as concentrações de DBO apresentaram um aumento significativo para todo o mês devido à baixa precipitação característica da estação do ano. Sendo assim, o elevado valor da DBO já era previsto principalmente na primeira campanha, por se tratar de um período seco e pela correlação direta entre este parâmetro e o oxigênio dissolvido sendo assim, desde que constatado valores

de OD abaixo do requerido já era esperado que esta demanda de oxigênio fosse com valores acima do permitido na Resolução do CONAMA.

Resultado do Índice do Estado Trófico (IET)

O resultado dos cálculos do Índice do Estado Trófico está apresentado na Tabela 3, a qual foram utilizados os dados obtidos dos parâmetros fósforo total (PT) e clorofila (*a*) (Cl), para as duas campanhas de amostragem e a classificação obtida por meio do índice de Lamparelli (2004).

Tabela 3 - Resultado dos cálculos do Índice do Estado Trófico.

Amostras	IET (PT)	IET (CL)	IET	Parâmetro	Classificação
A1-MB	30,74	54,94	42,84	$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
A2-MA	30,13	63,91	47,02	$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
A3-MB	39,84	41,56	40,7	$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
A4-MA	39,1	40,16	39,63	$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico

Fonte: Autores (2019).

O IET classificou as águas superficiais como ultraoligotróficas na maré baixa e como oligotróficas na maré alta do período chuvoso. Já para o período de estiagem, as águas foram classificadas como ultraoligotróficas nas marés baixa e alta. Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2012) em ambas as classificações, o corpo hídrico apresentou baixa produtividade, com concentrações mínimas de nutrientes, não causando prejuízos aos usos da água indicando um baixo nível de eutrofização do rio. Estas classificações obtidas para o rio Lucaia podem ser justificadas devido a interferência dos períodos de maré (Marques et al., 2016), fazendo com que estes nutrientes possam ter sido dispersados no meio, principalmente pela ocorrência de chuva no dia da coleta da primeira campanha.

Resultado do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Os resultados apresentados na Tabela 4 correspondem aos cálculos do Índice de Qualidade das Águas, onde foram utilizados os dados obtidos para os parâmetros: coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido.

Tabela 4 - Resultado dos cálculos do Índice de Qualidade das Águas.

Amostras	IQA	Parâmetro	Classificação
A1-MB	32,86	$19 < IQA \leq 36$	Ruim
A2-MA	42,5	$36 < IQA \leq 51$	Regular
A3-MB	36,08	$36 < IQA \leq 51$	Regular
A4-MA	31,79	$19 < IQA \leq 36$	Ruim

Fonte: Autores (2019).

O IQA classificou as águas superficiais como ruim na maré baixa do período chuvoso e na maré alta do período de estiagem. Contudo, classificou como regular na maré baixa do período de estiagem e na maré alta do período chuvoso. Segundo a ANA (2012), um corpo hídrico classificado como regular indica que as águas podem ser tratadas e destinadas ao abastecimento público, já para as águas classificadas como ruim, estas são impróprias para tratamento convencional, sendo necessário um tratamento avançado, quando se tem a finalidade de abastecimento público.

As classificações obtidas nas duas campanhas de amostragem corroboram com Santos et al. (2018) que classificaram o rio Lucaia como ruim em três pontos de amostragem. A classificação encontrada para o rio Lucaia pode ser justificada devido a desconformidade dos parâmetros (Tabelas 1 e 2) que possuem um maior peso no cálculo do IQA, sendo atribuído em função da sua importância para a qualidade da água. Sendo assim, os parâmetros que mais contribuíram com esta classificação foram: OD, fósforo total, coliformes termotolerantes e DBO.

Resultado da Análise dos Componentes Principais (PCA)

Inicialmente foi utilizada a correlação de Pearson, onde foi possível obter uma indicação da força de relação entre as variáveis. Na Tabela 5 foram observadas a correlação inversamente proporcional do OD com Turbidez, NA e DBO o que é justificável, pois a presença do NA no meio indica fortemente a presença de efluentes domésticos em corpos d'água, desencadeando no aumento da Turbidez e no consumo do OD através da atividade bacteriana a fim de metabolizar a matéria orgânica, provocando o aumento da DBO (Brasil, 2014; Chatanga et al., 2019).

Tabela 5 - Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros analisados na primeira e segunda campanha de amostragem no rio Lucaia, Salvador, Bahia.

Variáveis	Temperatura	pH	OD	Turbidez	STD	NA	Nitrato	PT	Cl	DBO
Temperatura	1,000000									
pH	0,600250	1,000000								
OD	0,208599	0,844004	1,000000							
Turbidez	0,007358	-0,327357	-0,020250	1,000000						
STD	0,757075	0,954703	0,792844	-0,082192	1,000000					
NA	-0,300942	-0,878287	-0,697972	0,710347	-0,700681	1,000000				
Nitrato	0,870617	0,916006	0,626940	-0,189925	0,968390	-0,687795	1,000000			
PT	0,575992	-0,154577	-0,239011	0,742537	0,144107	0,575150	0,198231	1,000000		
Cl	0,672227	-0,149035	-0,377941	0,533712	0,127051	0,502898	0,247694	0,959423	1,000000	
DBO	-0,989616	-0,707810	-0,326402	0,070354	-0,834343	0,429806	-0,931386	-0,470244	-0,561511	1,000000

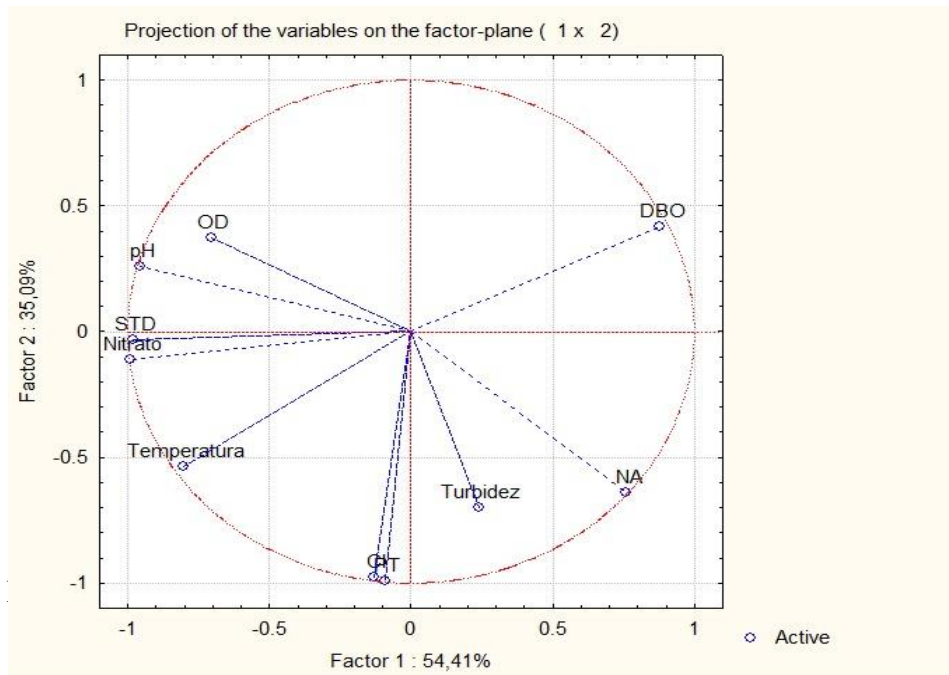
Fonte: Autores (2019).

Observou-se também que houve uma correlação diretamente proporcional entre Cl e PT (Tabela 5), pois quando há a disponibilidade do nutriente fósforo no meio, este favorece a proliferação de algas, sendo estas identificadas por meio da análise da clorofila (*a*), que é um pigmento fotossintetizante encontrado nesses organismos (Longley et al., 2019).

O tratamento dos dados feito pela PCA, quando reduzido a duas dimensões mostra que o Fator 1 obteve um valor de 54,41% e o Fator 2, 35,09% da variância dos dados. Quando somados os fatores, este foi representado por um valor total de 89,50% de variância dos dados para as duas campanhas de amostragem, resultado bastante significativo, indicando uma alta variabilidade dos dados encontrados, quando comparados em períodos diferentes (Figura 2).

A partir da PCA podem ser identificados os parâmetros que tiveram menor e maior influência para este estudo. É possível observar que todos os parâmetros analisados tiveram bastante significância para esse estudo, sendo que apenas Turbidez teve uma variabilidade menor do que as outras variáveis. Observamos forte correlação positiva entre Cl e PT, confirmando os resultados da correlação de Pearson. Finalmente foi encontrada uma correlação negativa do OD com Turbidez, NA e DBO, o que confirma os baixos valores de OD encontrados (Tabelas 1 e 2).

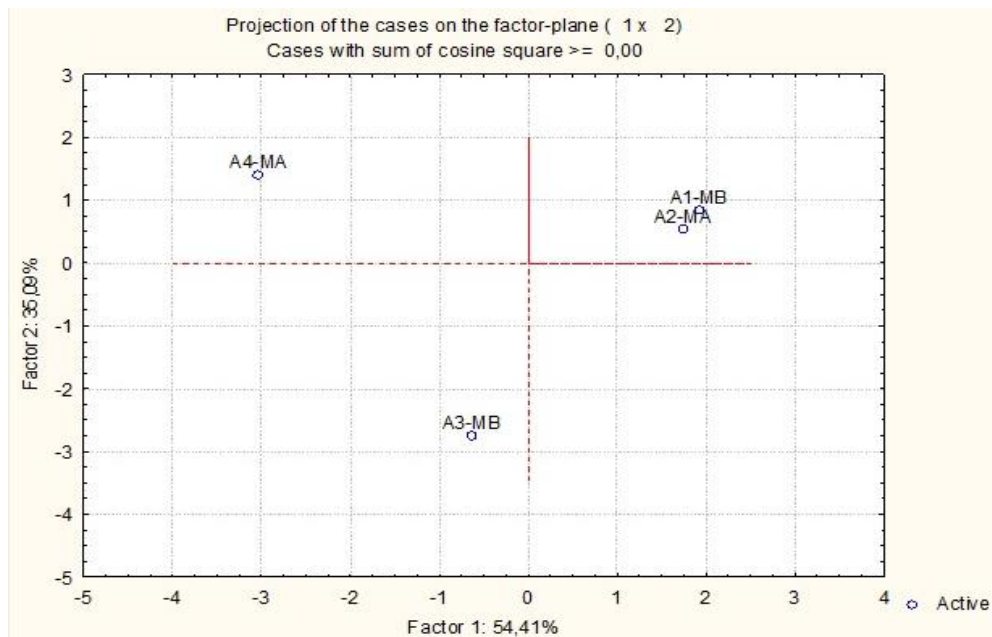
Figura 2 - Projeção da Análise dos Componentes Principais (PCA) referente aos parâmetros analisados na primeira e segunda campanha de amostragem no Rio Lucaia, Salvador, Bahia.



Fonte: Autores (2019).

Na Figura 3 é possível observar as variáveis que tiveram maior influência sobre as estações de amostragem. Em A4-MA a variável que mais influenciou na qualidade da água foi o OD. Em A1-MB e A2-MA a variável que mais se correlacionou foi DBO, isso porque os valores de DBO na primeira campanha de amostragem foram superiores a da segunda campanha (Tabelas 1 e 2), e para A3-MB as variáveis mais influentes foram Cl e PT, estação onde foi encontrado o maior valor para esses parâmetros (Tabela 2). Observou-se ainda que, A3-MB e A4-MA confirma a variabilidade dos parâmetros na segunda campanha de amostragem por influência dos períodos de maré baixa e alta.

Figura 3 - Projeção da Análise dos Componentes Principais (PCA) referente aos parâmetros analisados na primeira e segunda campanha de amostragem no Rio Lucaia, Salvador, Bahia.



Fonte: Autores (2019).

Os resultados encontrados nessa pesquisa apontam para uma necessidade de aplicação de técnicas de remediação para rios urbanos tropicais. Investigações científicas e tecnológicas recentes tem apresentado alternativas de biotecnologias de remediação de águas e sedimentos costeiros tropicais. O uso de microalgas, bactérias, plantas ou até biofibras vegetais têm apresentados excelentes resultados e podem ser alternativas para o caso do rio Lucaia (BA), Brasil (Moreira, 2011; Moreira, 2014; Silva et al., 2014; Moreira et al., 2016; Cardoso et al., 2020; Marques et al., 2020).

4. Considerações Finais

Diante dos resultados apresentados e comparados aos padrões da Resolução do CONAMA 357/05, destaca-se os parâmetros oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio que para os períodos de maré baixa e maré alta, nas duas campanhas realizadas, não estão em conformidade com os valores estabelecidos para as águas doces de classe 2. O oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do mínimo necessário, que corroborou com os valores de DBO.

Os parâmetros turbidez, pH, e STD estiveram em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução. Para a temperatura, nitrogênio total, coliformes termotolerantes

e *Escherichia coli*, não foi possível realizar uma comparação de dados, pois a Resolução CONAMA 357/05 não estabelece valores de referência para as águas doces da classe 2. Porém, segundo o método utilizado para a análise de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* este indicou que a água do rio Lucaia é imprópria para o consumo humano, tornando-se um potencial risco a saúde humana e a qualidade ambiental.

Para os parâmetros nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e fósforo total, estes indicaram a contaminação do rio pelo despejo indevido de efluentes, tornando-o suscetível ao processo de eutrofização. De acordo com o cálculo do IET que classificou as águas superficiais como ultraoligotróficas na maré baixa e como oligotróficas na maré alta do período chuvoso. Já para o período de estiagem, as águas foram classificadas como ultraoligotróficas nas marés baixa e alta. Esta classificação indica que uma baixa produtividade, indicando um baixo nível de eutrofização, o que não impossibilita constatar a contaminação do rio.

No cálculo do IQA as águas superficiais foram classificadas como ruim na maré baixa do período chuvoso e na maré alta do período de estiagem. No entanto, classificou como regular na maré baixa do período de estiagem e na maré alta do período chuvoso. As variáveis que mais influenciaram nesta classificação foram o OD, fósforo total, coliformes termotolerantes e DBO, que foram encontrados em desconformidade com a Resolução e que possuem uma maior importância neste cálculo que determina a qualidade das águas.

Quanto a análise dos dados através da PCA destaca-se primeiramente o resultado do fator de variância dos dados, representado por um valor total de 89,50%, o que confirmou a alta variabilidade dos dados, a influência temporal e dos regimes de marés avaliados sobre os parâmetros analisados. Com base na PCA, os parâmetros Turbidez, NA e DBO, constataram uma correlação inversamente proporcional com o OD, assim como comprova a correlação diretamente proporcional entre a Cl e o PT.

Portanto, os resultados obtidos pela sonda multiparâmetro, as análises realizadas em laboratório, os cálculos do IQA, do IET e a análise estatística dos dados representam as condições atuais de qualidade das águas superficiais na foz do rio Lucaia, evidenciando que a pluviosidade e os períodos de maré baixa e maré alta influenciam na qualidade da água.

Observou-se a degradação deste rio urbano pela falta do cumprimento de requisitos mínimos que assegurem boas condições de saneamento básico, visando garantir a preservação do meio ambiente e conseqüentemente, promovendo boas condições de saúde e qualidade de vida para a população de Salvador. Sendo assim, notou-se a importância de estudos de

qualidade da água em que são considerados a influência temporal e os regimes de marés, que influenciam diretamente na qualidade das águas superficiais.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Salvador (UNIFACS) pelo apoio e pela oportunidade de ingressar no programa de Iniciação Científica. Ao LEPETRO, laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), ao LABDEA, laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a toda equipe técnica que colaborou para a realização deste estudo.

Referências

Agência Nacional de Águas. (2012). Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil. Brasília.

Andriett, G., Freire, R., Amaral, A. G., Almeida, F. T., Bongiovani, M. C., & Schneider, R. M. (2015). Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11(1), 162-175. doi:10.4136/ambiente-agua.1769

Arcos, A. N., Silva, J. S., Cunha, H. B. (2020). Grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade em praia de água doce no rio Negro, Amazonas. *Dk*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Bezerra, P. G. (2011). Contaminação de águas subterrâneas por BTEX na bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador - BA, Brasil.

Brasil. (1997). *Lei nº 9.433/1997 - Outorga de uso da água. Pdr 2020*, 3901–3902. <https://dre.pt/application/file/67508032>

Brasil. (2005). Resolução n 357, 18 de março de 2005. *Diário Oficial*, 053, 58–63.

Brasil. (2014). Resolução do CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014 . Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA n.º 279,. *Publicado No D.O.U. Em 25 Jul. 2014*, 1–21.

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>

Cardoso, C. K. M., Santana, R. S. G., Silva, V. L., Meirelles, A. C. L. E., Mattedi, S., Moreira, Í. T. A., & Lobato, A. K. C. L. (2020). Estudo cinético e de equilíbrio de adsorção de petróleo utilizando fibras de coco pré-tratadas. *Research, Society and Development*, 9, 523974413.

Carli, L. N., Conto, S. M., de Beal, L. L., & Pessin, N. (2013). Rational Water Use At Universities – University of Caxias Do Sul Case Study. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 2(1), 143–165. <https://doi.org/10.5585/geas.v2i1.30>

Carvalho, K. Q., Lima, S. B., Passig, F. H., Gusmão, L. K., Souza, D. C., Kreutz, C., Belini, A. D., & Arantes, E. J. (2015). Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 96-106.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.00413suppl>

Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. (2019). Tábuas de Marés. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>>. Acesso em: 10 de setembro.

Chatanga, P., Ntuli, V., Mugomeri, E., Keketsi, T., & Chikowore, N. V. T. (2019). Situational analysis of physico-chemical, biochemical and microbiological quality of water along Mohokare River, Lesotho. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(1), 45–51.
<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.12.002>

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2019). Mortandade de Peixes. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/>>. Acesso em: 05 out de 2019.
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2016). Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Apêndice E, Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2017). Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Apêndice D, Índices de Qualidade das Águas. São Paulo.

Darbandsari, P., Kerachian, R., Malakpour-Estalaki, S., & Khorasani, H. (2020). An agent-based conflict resolution model for urban water resources management. *Sustainable Cities and Society*, 57(March). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102112>

Fan, Y., Fang, C., & Zhang, Q. (2019). Coupling coordinated development between social economy and ecological environment in Chinese provincial capital cities-assessment and policy implications. *Journal of Cleaner Production*, 229, 289–298.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.027>

Gregório, M. G., Brito, A. N. S. L., Oliveira, A. G., Paiva, F. J. S., Mascarenhas, N. H. . (2020). Qualidade microbiológica da água de poços artesianos localizados na Cidade de Acari, Rio Grande do Norte Microbiological. *NBER Working Paper Series*, 9, 1–9.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5251> Qualidade

Hao, Y., Zheng, S., Zhao, M., Wu, H., Guo, Y., & Li, Y. (2020). Reexamining the relationships among urbanization, industrial structure, and environmental pollution in China—New evidence using the dynamic threshold panel model. *Energy Reports*, 6, 28–39.
<https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.11.029>

Instituto Nacional de Meteorologia. (2019). Previsão do tempo. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 16 de setembro e 5 de novembro.

Instituto Nacional de Meteorologia. (2019). Dados meteorológicos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 16 de setembro e 5 de novembro.

Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2019). Qualidade das praias. Salvador. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-das-praias/>. Acesso em: 20 de outubro.

Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2015). Relatório técnico nº 005/15 – diagnóstico da qualidade ambiental dos rios de Salvador. Salvador.

Jenkins, S. H. (1982). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *Water Research*, 16(10), 1495–1496. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(82\)90249-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(82)90249-4)

Lamparelli, M. C. (2004). *Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo* : 238.

Marques, I. M., Melo, N. R., Oliveira, A. C. V., & Moreira, Í. T. A. (2020). Bioremediation of urban river wastewater using *Chlorella vulgaris* microalgae to generate biomass with potential for biodiesel production. *Research, Society And Development*, 9, 1-29.

Marques, I. M., Moreira, Í. T. A., Melo, N. R., Oliveira, A. C. V., Wicks, W. S. F., & Souza, L. C. (2017). Protótipo Para Tratamento De Águas Residuais Urbanas Utilizando a Espécie De Microalga *Chlorella Vulgaris* Com Vistas À Geração De Bioprodutos. *RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico*, 1(39), 183. <https://doi.org/10.21452/rde.v3nesp.5407>

Marques, I. M., Oliveira, A. C. V., Souza, L. C., Melo, N. R., Wicks, W. S. F., & Moreira, Í. T. A. (2016). *Avaliação Do Nível De Degradação Das Águas Superficiais Do Rio Lucaia, Salvador – Ba.* 341–348. <https://doi.org/10.5151/engpro-eneeamb2016-rh-010-5119>

Miranda, L. S., Moreira, Í.T.A., Oliveira, O. M.C., Santos, C. P., Pinheiro, S. M.M., Oliveira, L. M. L., Martins, A. B. O., & Filho, M. S. C. (2016). Oil-suspended particulate material aggregates as a tool in preventing potential ecotoxicological impacts in the São Paulo river, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil: Influence of salinity and suspended particulate material. *Marine Pollution Bulletin*. 111, 23.

Miranda, S. B. de A., Pires, B. C., & Brito, A., A. C. M. de O. (2020). Análise da água do canal da Avenida Visconde de Souza Franco na cidade de Belém-PA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Moghim, S., & Garna, R. K. (2019). Countries' classification by environmental resilience. *Journal of Environmental Management*, 230(August 2018), 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.090>

Moreira, I. T. A. (2011). *Avaliação da Eficiência de Técnicas de Remediação em Áreas*

Impactadas por Atividades Petrolíferas. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.

Moreira, I. T. A. (2014). *Investigação de possíveis impactos ecológicos do petróleo sobre comunidades biológicas estuarinas na Baía de Todos os Santos e no sul da Bahia: OSA como uma ferramenta norteadora*. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

Moreira, Í. T.A., Oliveira, O. M. C., Silva, C. S., Rios, M. C., Queiroz, A. F. S., Assunção, R. V., & Carvalho, A. P. N. (2015). Chemometrics applied in laboratory study on formation of oil-spm aggregates (OSA) - a contribution to ecological evaluation. *Microchemical Journal (Print)*, 118, 198-202.

Moreira, Í. T. A., Oliveira, O. M. C., Azwell, T., Queiroz, A. F. S., Nano, R. M. W., Souza, E. S., Dos Anjos, J. A. S. A. ; Assunção, R. V., & Guimarães, L. M. (2016.) Strategies of Bioremediation for the Degradation of Petroleum Hydrocarbons in the Presence of Metals in Mangrove Simulated. *Clean Weinheim. Print*, 44.

Nascimento, S. A. M., & Barbosa, J. S. F. (2005). *Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, Bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia* (543–550).

Oliveira, K. T. L. L. (2017). De Estação De Cura À Balneabilidade Duvidosa: Análise Ambiental Das Praias Do Bairro Rio Vermelho, Salvador-Ba. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 21, 190. <https://doi.org/10.5902/2236499420452>

Perard, E. (2018). Economic and financial aspects of the sanitation challenge: A practitioner approach. *Utilities Policy*, 52(March), 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.03.007>

Pereira, T. S., Moreira, Í. T. A., Oliveira, O. M. C., Rios, M. C., Almeida, M., Filho, W., & Carvalho, G. (2015). Distribution and ecotoxicology of bioavailable metals and As in surface sediments of Paraguaçu estuary, Todos os Santos Bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 166-177.

Peixoto, J. S. (2016). Monitoramento da qualidade da água no Baixo São Francisco e ações de educação ambiental. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão - Sergipe, Brasil.

Rocha, G. S., Pinheiro, A. V. dos R., & Costa, C. E. A. de S. (2020). Gestão dos Recursos Hídricos no Município de Parauapebas (PA): Avaliação dos Usos, Alteração dos Cenários e Possíveis Impactos. *Dk*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Rolle Longley, K., Huang, W., Clark, C., & Johnson, E. (2019). Effects of nutrient load from St. Jones River on water quality and eutrophication in Lake George, Florida. *Limnologica*, 77(November 2018). <https://doi.org/10.1016/j.limno.2019.125687>

Santos, E., Pinho, J. A. G. de, Moraes, L. R. S., & Fischer, T. (2010). *O Caminho das Águas em Salvador: Bacias Hidrográficas, Bairros e Fontes*. <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Livros/caminhodasaguas.pdf>

Santos, J. J., Junior, A. D. S., Pita, N. S., Conceição, E. K. D. S., Souza, V. M. B., & Faria, A. C. F. (2018). Qualidade Das Águas Das Bacias Hidrográficas Da Cidade De Salvador E Do Município De Lauro De Freitas, Bahia. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 6(1), 97. <https://doi.org/10.9771/gesta.v6i1.24346>

Santos, R. C. L., Lima, Á. S., Cavalcanti, E. B., de Melo, C. M., & Marques, M. N. (2018). Application of indexes to assess the water quality of coastal basin of the sapucaia in sergipe. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(1), 33–46. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017159832>

Silva, A. L. A., Mello, M. M. C., & Almeida, R. D. M. (2019). Por Onde Andam Os Rios De Salvador? *Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos*, 5(2), 297. <https://doi.org/10.18224/baru.v5i2.7856>

Silva, C. S., Oliveira, O. M. C., Moreira, Í. T. A., Queiroz, A. F. S., De Almeida, M., Silva, J. V. L. S., Andrade, I. O. (2019). Potential application of oil-suspended particulate matter aggregates (OSA) on the remediation of reflective beaches impacted by petroleum: a mesocosm simulation. *Environmental Science and Pollution Research International*, 67, 3096.

Silva, M. M., Leao, D. J., Moreira, Í. T. A., De Oliveira, O. M. C., Queiroz, A. F., & Ferreira, S.L.C. (2014). Speciation analysis of inorganic antimony in sediment samples from São Paulo

Estuary, Bahia State, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research International (Internet)*, 10, 1.

Trevisan, L. Y; Orssatto, F. (2017). Tratamento de Águas Residuárias e Mecanismos de Gestão Hídrica de uma Universidade em Foz do Iguaçu/PR. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS*, 6(3), 118–130. <https://doi.org/10.5585/geas.v6i3.412>

USEPA & Office, O. W. (1997). Method 1640 determination of trace elements in water by preconcentration and inductively coupled plasma-mass spectrometry April 1997 U . S . Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology Engineering and Analysis Division. April.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Manuela Vieira Santos da Luz – 40%

Raiany Sandhy Souza Santos – 10%

Adna Caroline Vale Oliveira – 10%

Isadora Machado Marques – 10%

Michel de Meireles Brioude – 10%

Ícaro Thiago Andrade Moreira – 20%