



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

TESE DE DOUTORADO

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS PRINCIPAIS
LAGOAS E FONTES URBANAS DE SALVADOR-BA COMO
SUBSÍDIO ÀS NOVAS POLÍTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL**

ANA CARINA MATOS SILVA

Salvador – BA

2019

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS PRINCIPAIS
LAGOAS E FONTES URBANAS DE SALVADOR, BAHIA
COMO SUBSÍDIO ÀS NOVAS POLÍTICAS DE GESTÃO
AMBIENTAL**

Ana Carina Matos Silva

Orientador: Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de M. Nascimento

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

Salvador – BA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S586 Silva, Ana Carina Matos

Estudo da qualidade das águas das principais lagoas e fontes urbanas de Salvador-BA como subsídio às novas políticas de gestão ambiental/ Ana Carina Matos Silva. – Salvador, 2021.

182 f.

Orientadora: Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Geociências, 2021.

1. Geologia. 2. Água - Qualidade. 3. Esgotos Domésticos.
4. Meio Ambiente. I. Cruz, Manoel Jerônimo Moreira. II.
Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 551:504

ANA CARINA MATOS SILVA

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS PRINCIPAIS
LAGOAS E FONTES URBANAS DE SALVADOR, BAHIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Doutora em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. em _18/_06_/2019.

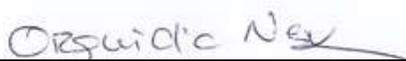
TESE APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Manoel Jerônimo Moreira Cruz
Orientador – PPPGG/UFBA



Dr. Rodrigo Alves Santos
Examinador Externo – UFBA



Dra. Maria Orquidia Teixeira Neves
Examinador Externo – ULisboa



Dr. Jofre Ferrero Ferran
Examinador Externo – UFBA



Dr. Antonio Puentes Torres
Examinador Externo – UFBA

Salvador – BA

2019

À minha família, com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, em especial à minha mãe, que com todo apoio e dedicação tornaram esta jornada possível. À minha irmã por servir de base e exemplo e estar sempre por perto, e aos meus primos pela união e cumplicidade nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos sempre presentes (Danlei, Bel, Samy, Gabi, Jay, Du, Lai, Moema, Papel, Ítalo, Rodolfo, Rafa, Silvanir, Chico, Vinicius, Jayme, Nailinha) pela paciência, compreensão, por me incentivarem a crescer sempre e por me proporcionarem momentos maravilhosos de distração.

Amigos conquistados no grupo de pesquisa e no laboratório (Manuel Vítor, Bomfim, Rodolfo, Carminha, Mônica, Túlio, Rembrandt, Amanda) pela compreensão, e por todo apoio e pelos ricos momentos de discussão.

Ao professor Manuel Jerônimo, acreditar no projeto, e principalmente por me acolher como orientanda e por estar sempre solícito e se dispor a resolver de forma simples e eficaz cada um dos meus problemas.

Ao professor Sérgio Nascimento, por me aceitar como coorientanda, e me enriquecer com doses enormes de incentivo, pelo socorro, boas ideias e por todos os esclarecimentos.

Aos doutores Manuel Vitor e Antônio Bomfim, pelo estímulo, pela presença, pela confiança, pela ajuda nos momentos mais críticos, e por me apadrinhar nesse processo final de desenvolvimento acadêmico.

Aos técnicos do Laboratório do Plasma (Nea, Sales e Raolina) pelo empenho em possibilitar que este projeto acontecesse, juntamente aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Ao Núcleo de Estudos Ambientais (em especial Gisele, Jorginho, Sara e Rui) pela responsabilidade e comprometimento com as análises químicas.

Ao Laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Ufba (LABDEA), pelo amparo ao projeto, por proporcionar a realização dos ensaios e orientações mais básicas.

Ao INEMA, especialmente presidente do Conselho Gestor da APA das Lagoas e Dunas do Abaeté, Altamiro Neto, pelo apoio logístico junto a CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia), grupamento operacional do GMAR (13º Grupamento De Bombeiro Militar) e Coordenadoria de Salvamento Marítimo (SALVAMAR/ SEMOP) que possibilitaram as coletas na Lagoa do Abaeté.

Ao Carlos, e aos funcionários da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER), que permitiu deslocamento para coleta ao longo do Dique do Tororó.

Ao Sérgio e toda equipe do Loca Bike, que nos cedeu de forma gratuita seus funcionários e embarcação que utilizamos nas coletas, sem os quais seria impossível percorrer a extensão da Lagoa de Pituaçu.

Aos integrantes da comunidade de Nova Brasília de Valéria, por nos acompanhar e garantir nossa segurança durante as coletas na Lagoa da Paixão.

A todos os membros das comunidades no entorno das fontes e lagoas, pela ajuda nos momentos críticos, pelo enriquecimento com informações históricas e culturais e principalmente ao senhor João, que durante um imprevisto, nos ajudou reunindo gelo em todas as casas para ajudar a refrigerar as amostras.

Aos funcionários da Universidade Federal da Bahia (UFBA) que possibilitam todos os dias que a ciência aconteça, mesmo nos momentos de dificuldade.

Ao CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações pela concessão da bolsa e disponibilização de recursos que tornaram possíveis a presente pesquisa.

*“O importante não é ver o que ninguém nunca viu,
mas sim, pensar o que ninguém nunca pensou sobre
algo que todo mundo vê.”*

(Arthur Shopenhauer)

RESUMO

Neste estudo, analisou-se a qualidade química, física e biológica das águas superficiais de lagoas, e das águas subterrâneas que escoam em fontes de Salvador (Bahia), respaldando-se na premissa de que existe uma variação sazonal na deterioração na qualidade destas águas, derivadas de fatores decorrentes do processo de urbanização. O primeiro capítulo contextualiza o estudo e aborda as relações conceituais posteriormente utilizadas. Do segundo em diante, formaliza-se a divulgação dos dados em notas técnicas e dos resultados através da publicação de quatro artigos que objetivam (i) ilustrar a importância do Índice de Qualidade de Água (IQA) como ferramenta de gestão, e suas limitações, determinando a importância de cada parâmetro que o compõe (ii) descrever as condições físico-químicas e de contaminação de metais em lagoas e fontes, e (iii) compreender como esses parâmetros se relacionam entre si e como se modificam temporalmente e em função da sazonalidade. A maioria das variáveis avaliadas (pH, temperatura, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, nitrato, sulfato, cloreto e coliformes termotolerantes) não demonstraram padrões de variação sazonal estatisticamente significantes, porém os resultados das análises geoquímicas e microbiológicas apontam a inadequação das fontes e lagoas estudadas para os usos a que se destinam. Nas lagoas os parâmetros físico-químicos (com exceção de variações pontuais no pH) estão dentro dos valores preconizados pela Resolução CONAMA 357 para águas doces de Classe 2, nas fontes também considerou-se a título de avaliação de qualidade as resoluções Conama 396/2008 (águas subterrâneas), e 274/2000 (balneabilidade), e, dentre os valores em desacordo, demandam atenção pH, oxigênio dissolvido, nitrato e coliformes termotolerantes. Para metais, a presença de Manganês nas quatro fontes (embora dentro dos limites de segurança) requer atenção, e nas lagoas a presença de Ferro, Chumbo, Manganês e Alumínio em níveis perigosamente acima dos limites representam um risco para a integridade e equilíbrio do ecossistema. Índices bióticos e de qualidade (IQA e IET) apontam a necessidade de atenção para o monitoramento e conservação da qualidade da água das lagoas avaliadas, onde os valores encontrados estão fortemente associados às fontes de lançamento de esgotos domésticos e resíduos, revelando a negligência da gestão e determinando um problema social e de saúde pública. O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001.

Palavras-chave: Qualidade da água. Índice de qualidade da água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET). Sazonalidade.

ABSTRACT

In this study, the chemical, physical and biological quality of the surface waters of lagoons was analyzed, and groundwater that drains from sources in Salvador (Bahia), supported by the premise that there is a seasonal variation in the deterioration in the quality of these waters, derived from factors resulting from the urbanization process. The first chapter contextualizes the study and addresses the conceptual relations later used. From the second onwards, the disclosure is formalized data in technical notes and results through the publication of four articles that aim to (i) illustrate the importance of the Water Quality Index (WQI) as a management tool, and its limitations, determining the importance of each parameter that composes it (ii) describe the physical-chemical and contamination conditions of metals in ponds and sources, and (iii) understand how these parameters relate to each other and how they change over time and depending on seasonality. Most of the variables evaluated (pH, temperature, turbidity, conductivity, total dissolved solids, nitrate, sulfate, chloride and thermotolerant coliforms) did not show statistically significant patterns of seasonal variation, however the results of geochemical and microbiological analyzes indicate the inadequacy of sources and lagoons studied for their intended uses. In the lagoons, the physical-chemical parameters (with the variations in pH) are within the values recommended by the CONAMA Resolution 357 for Class 2 freshwater, in the sources, it was also considered as an evaluation of quality standards Conama resolutions 396/2008 (groundwater), and 274/2000 (bathing), and, among the values in disagreement, demand attention pH, dissolved oxygen, nitrate and coliforms thermotolerant. For metals, the presence of manganese in the four sources (although within the safety limits) requires attention, and in the lagoons, the presence of Iron, Lead, Manganese and Aluminum at levels dangerously above the limits poses a risk to the integrity and ecosystem balance. Biotic and quality indices (WQI and TSI) point to the need of attention to the monitoring and conservation of the water quality of the evaluated lagoons, where the values found are strongly associated with sources of discharge of domestic sewage and waste, revealing the neglect of management and determining a social and health problem public. This work was carried out with the support of CAPES - Financing Code 001.

Keywords: Water Quality. Water Quality Index (WQI) and Trophic State Index (TSI). Seasonality.

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPÍTULO 2 - ARTIGO 1 – IMPORTÂNCIA DA GEOQUÍMICA NA GESTÃO DE AMBIENTES LACUSTRES: ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE COMPÕEM O ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).....	18
CAPITULO 3 - ARTIGO 2 - PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA EM TRÊS LAGOAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR-BA, BRASIL.....	39
CAPÍTULO 4 - ARTIGO 3 – INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE GEOQUÍMICA DA ÁGUA DAS FONTES PÚBLICAS DE SALVADOR	66
CAPÍTULO 5 - ARTIGO 4 - VARIABILIDADE SAZONAL DA QUALIDADE DE ÁGUA EM LAGOAS URBANAS NO NORDESTE DO BRASIL.....	79
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	103
APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES.....	106
APÊNDICE B – DETALHAMENTO DO MÉTODO DE TRABALHO DESENVOLVIDO.....	108
APÊNDICE C – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E O MEIO FÍSICO NATURAL	121
APÊNDICE D – TABELAS COM DADOS BRUTOS.....	130
APÊNDICE E – REVISÃO DA LITERATURA	138
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA OPEN ACCESS LIBRARY JOURNAL.....	158
ANEXO B – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS.....	162
ANEXO C – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	168
ANEXO D – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOCIÊNCIAS UNESP	172
ANEXO E – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1	176
ANEXO F – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO 2	177
ANEXO G – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 3.....	178
ANEXO H – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 4.....	179

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A escassez de água doce é cada vez mais percebida como um risco global sistêmico. Estima-se que atualmente dois terços da população global, cerca de 4 bilhões de pessoas, vivem em condições de grave escassez de água, pelo menos um mês do ano. Meio bilhão de pessoas no mundo enfrentam escassez severa de água durante todo o ano (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Até o ano de 2080, a insegurança quanto à disponibilidade de água e as alterações climáticas ameaçam aumentar o número de pessoas subnutridas em todo o mundo de 75 para 125 milhões, portanto, a escassez de água é apontada como um dos principais problemas ambientais do mundo neste século (GEO BRASIL RECURSOS HIDRICOS, 2007 apud INGÁ, 2009).

A sobrevivência está diretamente ligada às necessidades do homem e aos recursos oferecidos pela natureza. A sociedade que é capaz de captar seus recursos hídricos demonstra sua capacidade em melhor administrar o ambiente natural (ESTRELA, 2017). Apesar de ser um recurso natural renovável, a água apresenta disponibilidade limitada e está distribuída desigualmente. Menos de 3% da água do planeta é doce, das quais 2.5% está presa em geleiras. Dos 0.5% de água restantes no mundo, a maior parte está presa em aquíferos subterrâneos, dificultando o acesso humano. Somente 0,04% da água do planeta disponível na superfície, em rios, lagos e mangues.

A água doce disponível para consumo também está distribuída de forma não uniforme, 60% deste recurso está concentrada em apenas 10 países: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo. Isto somado às diferenças na densidade populacional destas regiões comparada a outros países, faz com que haja também grandes variações de disponibilidade de água per capita (WATER, 2018).

O uso da água no mundo tem se multiplicado por seis nos últimos 100 anos (WADA et al., 2016) e continua crescendo de maneira constante a uma taxa aproximada de 1% ao ano segundo relatório mais recente da Organização das Nações Unidas (WATER, 2018). A escassez de água doce é cada vez mais percebida como um risco sistêmico global, a previsão é que o uso da água siga aumentando a nível mundial, principalmente em função do aumento da população, do desenvolvimento econômico e da mudança nos padrões de consumo.

Em geral, estudos que determinam a escassez de água anual subestimaram a escassez de água por falta de captura das flutuações sazonais no consumo e disponibilidade de água. Em nível global e anualmente, há disponibilidade de água doce suficiente para atender a essa demanda, mas as variações espaciais e temporais da demanda e da disponibilidade de água são grandes, levando à escassez de água em várias partes do mundo durante períodos específicos (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016).

Calcula-se que a população mundial aumente de 7,7 bilhões (registrados em 2017), para algo entre 9,4 e 10,2 bilhões para o ano de 2050, com mais de dois terços vivendo em cidades. Com isso, a previsão é que a demanda mundial energética e agrícola, que requerem uso intensivo de água, aumente aproximadamente entre 60% e 80%, respectivamente, para o ano de 2025 (ALEXANDRATOS E BRUINSMA, 2012; OCDE, 2012). Simultaneamente, o ciclo global da água está se intensificando devido ao aquecimento global, fazendo com que as regiões mais úmidas se tornem ainda mais úmidas, e tornando ainda mais áridas as regiões mais secas.

Além disso, prevê-se que até 2025 as áreas afetadas por severo stress hídrico se expandam e se intensifiquem, crescendo globalmente sua área de 36,4 para 38,6 milhões de km². Este aumento é especialmente significativo na África do Sul e Ocidental e no sul da Ásia. O número de pessoas vivendo nestas áreas também aumentará de 2,1 para 4,0 bilhões de pessoas. Em bacias fluviais sob severo stress hídrico, haverá forte competição pelo escasso recurso hídrico entre uso doméstico, indústria e agricultura (ALCAMO et al., 2017).

O Brasil detém a maior reserva de água doce superficial do planeta, correspondente à 12% da parcela mundial e 28% da parcela sul-americana. Estas reservas são favorecidas geograficamente permitindo a formação de extensas reservas de água subterrâneas e bacias hidrográficas formadas por rios e seus afluentes (SILVA et. al.,2016).

Em contrapartida, a distribuição desse recurso é desigual: 68% de toda a água de superfície do país está retida na Bacia do Amazonas, uma região onde vive cerca de 7% da população total. A irregularidade de distribuição encontra eco quando são analisadas as demandas locais, por exemplo, nas regiões Sudeste e Nordeste onde estão concentrados 62% de todos os municípios do país, há apenas 10% de disponibilidade do líquido em reservas naturais, e juntas correspondem a 71% de toda a demanda projetada para o ano de 2025 (SILVA et. al.,2016).

Uma das regiões semiáridas mais populosas do planeta é o Nordeste brasileiro, que enfrenta um problema crônico de falta de água, com ciclos de fortes estiagens e secas prolongadas, um problema agravado pelo alto potencial de evaporação da água (MARENGO, 2010). Durante várias décadas o problema da seca foi visto como sendo exclusivamente de falta de água, porém, com o tempo verificou-se outros bloqueios como os problemas resultantes da concentração da propriedade e do controle da água pelos grandes proprietários. Este contexto embasa questões amplas e transdisciplinares relacionadas, como a degradação dos ecossistemas, a redução de caudais, a utilização intensiva de água e o desfavorecimento de algumas comunidades. A temática ganha amplitude também com a mudança climática, o crescimento populacional e o adiar de soluções para o saneamento básico que ciclicamente afeta a vasta região semiárida (FERREIRA, 2017).

Na Bahia, a variedade de disponibilidade de recursos hídricos coincide com as fortes diferenças climáticas pontuais e os diversos contrastes regionais. Entre os anos de 2013 e 2017, 88,5% dos municípios baianos informaram ter sofrido com episódios de seca, de acordo com a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, publicada pelo IBGE. A escassez é considerada o desastre ambiental mais frequente, seguida de alagamentos (20,6% dos municípios), enxurradas ou inundações bruscas (18,9%) e os processos erosivos acelerados (18,7%).

Das 417 cidades constituintes do estado da Bahia, a maioria, incluindo a cidade de Salvador e a quase totalidade das cidades que compõem a sua região metropolitana são abastecidas por mananciais superficiais. Os mananciais subterrâneos, assim como o uso da água de chuva, estão em fase inicial muito incipiente, não representam percentuais a serem considerados como de importância no manejo geral dos recursos hídricos utilizados no abastecimento da cidade (MESQUITA, 2014).

Com relação à avaliação de tipos de mananciais utilizados para abastecimento de água no Brasil, nos estados e municípios brasileiros, observa-se que a maioria (61%) utiliza-se principalmente de mananciais superficiais, com exceção dos estados da região Nordeste e do Sudeste, o que é compatível com a elevada disponibilidade hídrica superficial (computada em 91 mil m³/s) e vazões com 95% de permanência. A maioria das cidades constituintes do estado da Bahia seguem essa mesma tendência (307 entre os 417 municípios), entretanto, é importante destacar

que alguns utilizam mananciais subterrâneos (78 municípios, cerca de 25,4%) ou abastecimento misto (32 municípios, aproximadamente 10,4%) (MESQUITA, 2014).

De uma forma geral, os centros urbanos intensificam a pressão sobre os ecossistemas aquáticos através de suas altas demandas e produção de resíduos e gerando um grande passivo ambiental traduzido em aporte de matéria orgânica, via efluentes domésticos e industriais. A contaminação química se classifica como uma das principais causas de poluição das águas urbanas, sendo determinante para regular a qualidade do ambiente para os organismos aquáticos ou mesmo a saúde humana, a partir da transmissão de doenças de veiculação hídrica ou por meio da ingestão de águas contaminadas (SILVEIRA, 2004).

O abastecimento público no Brasil segue a tendência mundial de progressiva degradação dos mananciais para abastecimento. Essa deterioração se intensifica devido à severa pressão ambiental associada a indutores antrópicos. A degradação dos mananciais torna a garantia da potabilidade da água vulnerável, com isso, a mera detecção, na água tratada, de substâncias resistentes aos processos convencionais de tratamento se mostra insuficiente. Portanto, o monitoramento da água bruta assume uma importância de controle preventivo, subsidiando ações de proteção e conservação destes ambientes.

A qualidade da água destes ecossistemas varia em função dos fenômenos naturais e da ação antrópica e é descrita por dois grupos principais de variáveis: bióticas (caracterizam a biocenose) e abióticas (caracterizam o biótopo). Derivando deste modo, a importância da análise da água, sendo esta, veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias, os quais influenciam diretamente à saúde da população.

A exemplo das demais áreas urbanas, a cidade de Salvador apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água por eutrofização, principalmente nos centros urbanos, onde praticamente todo seu complexo hidrográfico apresenta-se em avançado estado de deterioração evidenciando a completa falta de planejamento e ações públicas voltadas para a conservação dos seus recursos naturais (BAHIA, 2006). Além de experimentar um significativo crescimento populacional, a insuficiência de projetos de gestão e monitoramento tem atingido diretamente os recursos naturais, como os rios, lagos e fontes e conseqüentemente as águas subterrâneas. A necessidade de se contemplar os recursos hídricos na implementação de ações é urgente (TOURINHO, 2008).

A região metropolitana de Salvador apresenta, simultaneamente, problemas derivados da escassez periódica de água que interfere no abastecimento, o mau uso das águas e a ocupação desordenada do meio físico. Segundo Mesquita e Cruz (2015), quando consideradas as tendências de evolução de consumo baseadas no crescimento populacional e urbanização estimativas da Região Metropolitana de Salvador (RMS) projetadas para as próximas décadas, é evidenciado que os mananciais atualmente utilizados para o abastecimento da cidade serão insuficientes para sustentar as demandas previstas, com necessidade de se recorrer a novas fontes para fins de abastecimento humano e suprimentos de demandas básicas.

Para Tourinho e Beretta (2010) a relevância de estudos de qualidade também pode ser justificada pela escassez de dados e de políticas públicas referentes às fontes alternativas de abastecimento. A cidade não tem conhecimento oficial e regular das condições físico-químicas e bacteriológicas de suas águas subterrâneas e superficiais, pouco se tem escrito sobre a existência e menos ainda sobre a qualidade da água das fontes em Salvador, o que se desenvolveu foram algumas lendas a respeito delas devido à escassez de registro histórico e bibliográfico. Sabe-se, porém, que conservar as fontes resgata o passado, transmite ideias, valores e representa-se um período.

Este trabalho baseia-se na hipótese de que em Salvador existe uma deterioração na qualidade das águas doces superficiais e das águas subterrâneas que escoam em fontes, derivadas de fatores decorrentes do processo de urbanização (remoção da vegetação marginal; utilização de pavimentos impermeáveis; aumento da produção de lixo em efluentes; alterações nas nascentes, influência de esgotamento, e emissões veiculares e industriais no entorno).

De acordo com o exposto, o objetivo desta pesquisa concentra-se em caracterizar a qualidade química, física e biológica das águas superficiais e das águas subterrâneas que escoam em fontes de Salvador (Bahia) através de resultados de mensuração dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade), quantificação de matéria orgânica e seu potencial poluidor (análises de Clorofila A, DBO e DQO) e análises de metais (Fe, Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Cd, Cr e Pb). Os objetivos específicos centram-se em (i) ilustrar a importância do Índice de Qualidade de Água como ferramenta de gestão, e suas limitações, determinando a importância de cada parâmetro que o compõe (ii) descrever as condições físico-químicas e de contaminação de metais em lagoas e fontes e (iii) compreender como esses

parâmetros se relacionam entre si e como se modificam temporalmente e em função da sazonalidade.

A realização desta pesquisa se justificou pela necessidade crescente de produzir e divulgar informações visto que o trabalho de conscientização da sociedade quanto à necessidade premente de conservar as águas da cidade deve estar aliado a informações sobre os estudos de qualidade. Em geral, nas grandes cidades, as campanhas veiculadas na mídia dizem respeito ao uso racional da água tratada, porém não fazem menção à conservação das águas naturais urbanas. Este trabalho busca, portanto, oferecer subsídios hidrogeocímicos para que, integrados à realidade da área possam, de maneira objetiva, contribuir para solucionar ou amenizar a problemática da oferta de água, consequência do crescimento populacional, ocupação desordenada, escassez de informação atualizada e descentralização dos órgãos de gestão e planejamento.

Dentre os resultados paralelos que pretende-se alcançar com esta pesquisa destacam-se: (a) a integração, comparação e análise de dados que determinam a perspectiva ambiental de diferentes órgãos de gestão de recursos hídricos; (b) a realização paralela de registro de parâmetros de qualidade de água e análises com diferentes metodologias que complementem ou retifiquem os dados adquiridos (c) contribuir com subsídio teórico produzindo e divulgando informações para elaboração de políticas públicas que resultem nas devidas ações de manejo para a preservação e/ou recuperação dos corpos aquáticos urbanos.

Os resultados produzidos por este trabalho podem ser utilizados o como base para o desenvolvimento de políticas ambientais urbanas que determinem o uso destas águas, bem como a avaliação de medidas mitigadoras que visem resolver às questões da degradação com o objetivo de tornar sustentável o uso do sistema hídrico superficial da cidade de Salvador.

Os resultados deste estudo foram traduzidos em divulgações de cunho científico nos periódicos Open Access Library Journal (ISSN: 2333-9721), Pesquisa em Geociências (ISSN:1807-9806), Revista Águas Subterrâneas (ISSN: 0101-7004), e Revista Geociências Unesp (ISSN: 1980-900X) além destes, também haverá um esforço de divulgação que alcance o público interessado de forma direta e acessível através de contato com a Assessoria de Comunicação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Referências

ALCAMO, J.; HENRICH, T.; RÖSCH, T. **World water in 2025: Global modeling and scenario analysis for the world commission on water for the 21st century**. 2017.

ALEXANDRATOS, N. and BRUINSMA, J. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision. **Documento de trabajo de la ESA N° 12-03**. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2012.

BAHIA. Secretaria Municipal do Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas no Município de Salvador: Iniciativa de Gestão Integrada**. Salvador: PMS/Seplam/SMA, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Gestão dos recursos hídricos no Brasil: evolução e “estado da arte”. **GEO BRASIL: recursos hídricos**. Brasília, 2007.

ESTRELA, G. F. **Fontes e Chafarizes**. O abastecimento de água nos espaços públicos na Baixa Idade Média portuguesa. 2017.

FERREIRA, J. G. A transposição das águas da bacia do rio São Francisco no contexto da resposta à seca do Nordeste. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, 2017.

INGÁ – INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS E CLIMA. Gestão de Recursos Hídricos Ed. 1. **Série Águas da Bahia, v. 3**. Salvador. INGÁ, 2009. 166 p.

MARENCO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

_____. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

MESQUITA, F. J. G. **Problemática da Água nos Grandes Centros Urbanos—Estudo de Caso: Cidade de Salvador e Região Metropolitana, Estado Bahia, Brasil**. 2014.

MESQUITA, F. J. G.; CRUZ, M. J. M. Water supply situation diagnosis in Salvador, Bahia, Brazil. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v. 4, n. 1, p. 35-41, 2015.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico. 2012. **Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050: Consecuencias de la inacción**. París, Ediciones de la OCDE doi.org/10.1787/9789264122246-em

SILVA, E. M. S.; DE MESQUITA F., J., CAMARGO, M., DOS SANTOS, M. R., HÜBNER, M. Sustentabilidade e Responsabilidade Socioambiental: o uso indiscriminado de água. **Maiêutica-Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, 2016.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios, EMBRAPA**. Jaguariúna. 68 p. 2004.

TOURINHO, A. O. **Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador**. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado. 158 p. 2008.

TOURINHO, A. O.; BERETTA, M. **Investigação da Qualidade da Água Subterrânea Utilizando as Fontes Naturais da Cidade de Salvador**. *Águas Subterrâneas*, v. 24, n. 1, 2010.

WADA, Y. et al. Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 1, p. 175, 2016.

WATER, U. N. The United Nations world water development report 2014: Nature-based Solutions for Water. **United Nations. Paris**. 2018.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1 – IMPORTÂNCIA DA GEOQUÍMICA NA GESTÃO DE AMBIENTES LACUSTRES: ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE COMPÕEM O ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

**THE IMPORTANCE OF GEOCHEMISTRY IN THE MANAGEMENT OF LAKE
ENVIRONMENTS: ANALYSIS OF PARAMETERS COMPOSING THE WATER
QUALITY INDEX (WQI)**

OPEN ACCESS LIBRARY JOURNAL

DOI: 10.4236/oalib.preprints.1200261, PP. 1-11

Ana Carina Matos Silva; Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Resumo

O presente trabalho objetiva elaborar uma revisão dos aspectos geoquímicos utilizados para compor o Índice de Qualidade da Água bruta (IQA) com destaque para ambientes lacustres e sua importância para as práticas de gestão. Os lagos apresentam destacada importância dentre os recursos aquáticos globais no que se refere aos serviços ambientais e suporte ecológico. Sua vulnerabilidade aos diferentes impactos ambientais inspira uma pungente necessidade de manutenção, preservação e conservação, sendo estas de responsabilidade das diferentes esferas administrativas. No Brasil, a gestão é efetivada utilizando critérios e padrões de ordem física, química e biológica desejáveis para determinar a qualidade da água em função dos seus usos (consumo humano, recreação, dessedentação de animais, irrigação, proteção da vida aquática e aquicultura) e com base nesses dados, é possível fazer uma gestão mais eficiente, essencial para conceder outorgas de direito de uso da água, realizar estudos e planos, entre outras atividades. O IQA é o principal índice de qualidade utilizado no país, e é calculado com base em nove parâmetros (temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez). Os valores determinados através do cálculo do IQA são classificados em faixas que definem a qualidade da água, que varia entre os diferentes estados brasileiros. Dentre seus percalços, vale destacar que o IQA não analisa outros fatores importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex.: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água, que ficam a cargo de outros instrumentos de gestão. O modelo sistêmico do gerenciamento de recursos hídricos adotado para o Brasil ainda se encontra em fase de aperfeiçoamento pois ainda funciona através de um sistema descentralizado onde o poder público, em diferentes níveis, possui voz atuante, sendo necessário,

portanto, o comprometimento de efetivar um monitoramento de longa duração com base sólida em uma análise geoquímica confiável, para que seja possível efetivar uma gestão integrada permitindo a síntese e caracterização do estado atual e dos critérios de gerenciamento dos ambientes lacustres, com o objetivo principal de enfrentar os desafios da conservação aliada ao uso sustentável de seus recursos.

Introdução

Os lagos e lagoas são ecossistemas pertencentes às bacias hidrográficas de reconhecida importância em diferentes processos geológicos e ecológicos, como por exemplo a atenuação de cheias e vazantes, a redução da erosão superficial, o condicionamento da qualidade da água e a manutenção de canais pela proteção de margens e redução do assoreamento (SILVA et al., 2011). Existe amplo consenso científico (ABC/SBPC) de que são ecossistemas que, para sua estabilidade e funcionalidade, precisam ser conservados ou restaurados, se historicamente degradados.

A degradação dos lagos e lagoas no mundo é um tópico importante para os Recursos Aquáticos Globais, que desperta e requer atenção, visto que os lagos, além de sua importância como componente da regulação dos ecossistemas, contêm mais que 90% da água doce disponível para consumo humano na superfície terrestre (GORGULHO, 2003).

Dentre os principais valores dos recursos oferecidos pelos lagos e reservatórios pode-se dividir os mais relevantes em três principais grupos: serviços de provisão (fornecimento de água potável, irrigação, navegação, pesca e turismo), serviços de regulação (inundação e seca, manejo, drenagem, remediação climática) e serviços culturais (valores religiosos e históricos) (PORTO, 2012).

Com o contínuo aumento da população global, a provisão de suprimento adequado de água potável está se tornando um desafio crítico. Portanto, existe uma importância crucial no que tange a atenção das diferentes esferas administrativas para a proteção dos ecossistemas lacustres e reservatórios, sendo os primeiros mais vulneráveis aos diferentes impactos ambientais.

Atualmente, o Brasil conta um sólido arcabouço legal, para a gestão das águas, em especial o da gestão descentralizada que permite a participação do Poder Público em diferentes níveis de atuação, dos usuários e da sociedade em geral (LOBATO, 2003).

No ápice do arcabouço institucional situa-se o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e, nos estados, os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, que disciplinam procedimentos e arbitram

situações de conflito. Paralelamente, existem instalados cerca de 150 comitês de bacia estaduais e interestaduais em diferentes regiões do país, que deliberam planos de recursos hídricos e as prioridades de ações requeridas (BRASIL, 2012).

Esse conjunto, que configura o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, juntamente com os instrumentos de gestão definidos em lei¹, encontram-se em plena vigência em todo o país. Com isso, são claras as diferenças relativas à institucionalidade, os critérios de gestão, e à capacidade técnica instalada em cada estado, que, em alguma medida, ainda requerem aperfeiçoamento (BRASIL, 2007).

A ampla necessidade e abrangência de estudos geocientíficos, e em especial os geoquímicos, se justifica não só para o conhecimento científico ambiental, mas principalmente na determinação dos impactos que os diferentes tipos usos, empreendimentos, projetos e ações nos lagos e lagoas podem acarretar quando efetivamente imersos da realidade física (ROHDE, 2004).

Os parâmetros comumente utilizados para o estudo da qualidade da água em lagos e reservatórios são: (físicos) luz solar, temperatura, turbidez, material particulado em suspensão, condutividade e cor; (químicos) oxigênio dissolvido, salinidade, pH, alcalinidade, fosfatos, nitratos e amônia, carbono orgânico entre outros; (bióticos) fitoplâncton, zooplâncton, peixes, crustáceos, invertebrados aquáticos; (hidrológicos) área da superfície, descarga ou vazão, tempo de detenção, flutuação, profundidade, continuidade; (geomorfológicos) cobertura vegetal da bacia, aglomerados urbanos, mata ciliar e ripária, evolução da paisagem (MARTINS; PORTO, 2014).

Segundo a Agência Nacional das Águas, o principal índice de qualidade da água utilizado no país é o IQA, criado nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation* em 1970 e utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) a partir de 1975. O IQA é um modelo matemático simples que determina a qualidade das águas com base em nove parâmetros (coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido), atribuindo um peso correspondente para cada um em função de sua importância.

¹ São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, de acordo com a Lei no. 9.433/97: a) os Planos de Recursos Hídricos; b) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e e) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O IQA portanto, baseia sua qualificação de qualidade de água com base em parâmetros que trazem como informação agregada a contaminação das águas em decorrência de matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes, porém apresenta limitações quando considera-se que este índice não leva em consideração outros parâmetros indispensáveis para a qualificação de um corpo d'água como adequado para o abastecimento público, como por exemplo, incidência de substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), ocorrência de protozoários patogênicos e outras substâncias que podem interferir nas propriedades organolépticas da água.

Nutrientes são elementos essenciais ao desenvolvimento da biota aquática, principalmente em ambientes confinados e que podem, em excesso, provocar a eutrofização dos lagos e reservatórios, ou seja, o seu enriquecimento exagerado, com danos consideráveis para o meio ambiente. Os principais nutrientes são o Fósforo, Nitrogênio, Carbono e Sílica (MARTINS; PORTO, 2014).

Portanto, este trabalho objetiva elaborar uma síntese e caracterização do estado atual dos critérios de gestão e revisão dos aspectos geoquímicos e indicadores ambientais avaliados em ambientes lacustres utilizados para compor o Índice de Qualidade da Água bruta (IQA).

Métodos

Este trabalho reúne e interpreta os conceitos da literatura científica e legislativa especializada realizada entre abril 2016 e março de 2019. Os artigos científicos foram selecionados através de busca no banco de dados do Scielo e do portal Periódicos Capes utilizando como critério de escolha suas datas de publicação (considerando como limite máximo inferior o ano de 2010) e o fator de impacto (relação entre o número de vezes que os artigos de uma revista são citados e o número total de artigos publicados a cada ano) de cada periódico consultado.

A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias cadastradas nos Descritores (Thesaurus) ou Palavras-Chaves (Scopus e Web of Science) para geociências e ciências ambientais.

A metodologia desta pesquisa pode ser dividida em duas etapas principais: (i) uma etapa referente à procura minuciosa por textos científicos e cláusulas legais oficiais referentes ao assunto; (ii) outra em que os textos encontrados foram analisados com relação ao seu conteúdo.

Para conclusão das análises, foram efetuadas reuniões de discussão dos resultados com o grupo de pesquisa de Geoquímica das Interfaces, da Universidade Federal da Bahia.

Resultados

Crítérios de Gestão

Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses constituem os padrões de qualidade que são fixados a fim de garantir que a água a ser utilizada não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo, ou ainda, para o caso do lançamento de efluentes, que estes não venham a causar dano ao meio ambiente.

É importante destacar a diferença entre critérios e padrões de qualidade da água. A definição de critério de qualidade da água trata de valores máximos toleráveis que garantem os usos pretendidos da água considerando condições genéricas de exposição. O critério torna-se um padrão de qualidade quando é citado em uma legislação, para seu estabelecimento são necessários estudos toxicológicos adequados (PORTO, 2012).

Os critérios de qualidade de água são estabelecidos individualmente por cada tipo de uso, sendo eles: consumo humano, recreação, dessedentação de animais, irrigação, proteção da vida aquática e aquicultura.

Os padrões de qualidade das águas expressam características de ordem física, química e biológica desejáveis nas águas em função dos usos preponderantes. Tendo em vista a proteção dos corpos d'água foram instituídas restrições legais para a manutenção das características físicas, químicas e biológicas dentro de certos limites (ALEKSANDER-KWATERCZAK; ZDECHLIK, 2016).

Os padrões e critérios de qualidade da água na legislação brasileira são produzidos tendo em vista atender aos usos da água, como abastecimento público, balneabilidade, irrigação, pesca, dentre outros. Tais usos são protegidos pelos padrões fixados pelas seguintes legislações: Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11, Resolução CONAMA nº 274/2000, Resolução CONAMA nº 357/2005 (PORTO, 2012).

A ocorrência e a gestão de problemas em ambiente lacustres são influenciadas principalmente por três características específicas desse tipo de ecossistema: (i) sua natureza integradora, (ii) tempo longo de retenção e (iii) uma dinâmica complexa de resposta. (CUDISCHEVITCH; FONTANETTO; OLIVEIRA, 2012).

A primeira característica significa que os problemas nestes ambientes estão raramente localizados dentro dos lagos. Sua origem parte do meio em que se localiza e acabam sendo introduzidas como parte dos problemas do ecossistema, por exemplo, enchentes que afetam a orla do lago; a poluição que se espalha pode afetar grande parte do ambiente, e os problemas biológicos, como as espécies que não são daquele meio, mas acabam sendo introduzidas, também representam ameaças. O relativo longo tempo de retenção quer dizer que os problemas levam um bom tempo para se tornarem aparentes. E a complexidade da dinâmica dos lagos influencia o jeito como os problemas se tornam evidentes.

A qualidade da água é resultante dos processos que ocorrem sobre a superfície da bacia hidrográfica e tem forte dependência com as características naturais da bacia hidrográfica, como tipo de solo, vegetação e clima, assim como, com as atividades antrópicas. (PORTO, 2012).

Entre os principais problemas por trás da preservação das bacias lacustres hoje, de origem biológica, destacam-se o crescimento excessivo de plantas aquáticas, que altera os habitats da fauna nativa, interfere no transporte aquático, abriga espécies prejudiciais, impede os fluxos da água e aumenta a evapotranspiração da superfície do lago (MOOE; HAANDE; COUTURE, 2016) e a introdução de espécies silvestres que podem competir por recursos alimentares, ou se tornar predadoras de espécies nativas (SMITH et al., 2016).

Com relação aos aspectos de origem química, destaca-se alterações da salinidade dos lagos que interrompem alguns ecossistemas, consequentemente prejudicando as comunidades dependentes deles. O acúmulo de nutrientes também é um fator que influencia as diversas comunidades promovendo a eutrofização de plantas aquáticas. Este problema é particularmente comum em lagos asiáticos. Erosão do solo e uso de fertilizantes também são responsáveis pelo excesso de entradas difusas de fontes de nutrientes, podendo causar a chamada poluição agroquímica, que afeta cadeias alimentares aquáticas e torna os peixes impróprios para o consumo humano (MOOE; HAANDE; COUTURE, 2016).

Atividades humanas como o desmatamento, uso improdutivo da terra e má gestão da mata ciliar em bacias lacustres resultam em excesso de entradas de sedimentos e redução das zonas húmidas, sem falar do despejo de resíduos sem tratamento ou mau tratados, contaminando lagos e reduzindo as concentrações de oxigênio e nutrientes, o que aumenta a eutrofização do lago. Além desses fatores, há previsões de que as mudanças climáticas e o aquecimento global causem

alterações na precipitação e no escoamento, além de modificações no equilíbrio termodinâmico e ecológico dos lagos (CUDISCHEVITCH; FONTANETTO; OLIVEIRA, 2012).

Os problemas das bacias e recursos hidrográficos são muito similares ao redor do mundo. O que difere é a percepção acerca da seriedade dos problemas e a capacidade dos governos para lidarem com eles. A eutrofização, por exemplo, é vista como um aspecto negativo nos países desenvolvidos. No entanto, o aumento da produção aquática associada à eutrofização é considerado uma qualidade positiva no sudeste e sul da Ásia e em outras regiões, onde se pratica aquicultura e existem cercados e fazendas de peixes (CUDISCHEVITCH; FONTANETTO; OLIVEIRA, 2012).

Parâmetros Geoquímicos

Oxigênio Dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 2011).

O Oxigênio Dissolvido é indispensável aos organismos aeróbios; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do lago, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição da água (PORTO, 2012; SHADRIN, 2017).

O padrão de distribuição de oxigênio em ecossistemas aquáticos é, via de regra, inverso ao gás carbônico. Quando ocorre na zona eufótica um intenso consumo de gás carbônico devido à fotossíntese, ao mesmo tempo em que ocorre uma produção considerável de oxigênio. Por outro lado, na zona afótica, devido à atividade microbiana (decomposição da matéria orgânica), há uma alta produção de gás carbônico e correspondente consumo de oxigênio (BALLESTER, 2001; DUNCAN, 2019).

A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução e solubilidade do oxigênio na água. (HANSON et al., 2006; BREITBURG, 2018; SHADRIN, 2017) Alguns fatores indiretos também podem ser citados como controladores da concentração de oxigênio dissolvido, como por exemplo, a extensão do período de estratificação térmica, a concentração de matéria orgânica (dissolvida e particulada) da água, e a taxa de fotossíntese do fitoplâncton. Baseado nestas propriedades conclui-se que organismos aquáticos tropicais têm, em princípio, menos oxigênio disponível do que os de lagos temperados. (ESTEVEVES, 2011).

Coliformes termotolerantes

Coliformes termotolerantes é um dos indicadores microbiais de qualidade da água mais utilizados (HACHICH et al., 2012). Este Parâmetro é baseado no desenvolvimento de bacilos da família *Enterobacteriaceae*, de origem fecal ou ambiental, dentro da faixa de temperatura $44,5 \pm 0,2$ °C. A tolerância dentro desta faixa de temperatura determina a diferenciação entre os subgrupos fecais (termotolerantes) e não fecais (termosensíveis) (CERQUEIRA, 1999; HODGE, 2016).

A família *Enterobacteriaceae*, inclui bactérias oxidase-negativas, não formadoras de esporos e com tamanho de aproximadamente 0,4-0,7 μ m, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase (fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído) (BRASIL, 2005). Quatro grupos destas bactérias, incluindo *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, são amplamente utilizados como indicadores de coliformes termotolerantes, distribuem-se em diferentes proporções em diversos ambientes, como água, esgoto, solo, verduras e alimentos. Desses, apenas a *E. coli* tem presença garantida nas fezes, humanas e animais homeotérmicos com percentuais em torno de 96 a 99%. Os demais gêneros participam com percentuais que variam entre 3 e 8% em fezes animais a 3 a 4% em fezes humanas (CERQUEIRA, 1999; HODGE, 2016; MIRZAEI et al., 2015).

A determinação da presença de coliformes termotolerantes é de grande importância como indicador de contaminação fecal, visto que, mesmo em águas de uso de contato secundário e recreacional os coliformes termotolerantes são considerados causadores de patologias de veiculação hídrica (otite externa, distúrbios gastrointestinais caracterizados por diarreia, infecções

urinárias, pneumonias e meningites), ou indicativos da presença de outros patógenos (ROBERTSON et al., 1998; VAN ASPEREN, et al. 1995; MAURER, et al., 2015).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Em água pura existe uma quantidade, embora pequena, de íons H e OH⁻ em equilíbrio com as moléculas de água. A basicidade ou a acidez de uma solução é frequentemente expressa em termos de concentração de íons, H⁺ que é determinada pH, o qual é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio (ESTEVES, 2011).

Em ambiente natural, muitos fatores podem influenciar nos valores de pH, o que o torna, apesar de sua importância, uma das variáveis ambientais mais difíceis de se interpretar. Na maioria das águas superficiais o pH é influenciado pela concentração de íons H originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (TENNANT, 2016).

A grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8; no entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais alcalinos. Em ambos os casos, estes ecossistemas apresentam comunidades vegetais e animais também características (ALEKSANDER-KWATERCZAK; ZDECHLIK, 2016).

Lagos com pH baixos são encontrados frequentemente em regiões vulcânicas. Os baixos pH destes ecossistemas (<2) devem-se principalmente à presença de ácido sulfúrico e outros sais minerais cujos cátions hidrolisam-se (ESTEVES, 2011).

Ecossistemas aquáticos com elevados valores de pH são encontrados, geralmente, em regiões com balanço hídrico negativo (onde a precipitação é menor do que a evaporação); em regiões em que os ecossistemas aquáticos continentais são, em diferentes graus de intensidade, influenciados pelo mar (recebem grandes contribuições de carbonatos e bicarbonatos), e em regiões cársticas (regiões ricas em cálcio) (TENNANT, 2016).

A importância do pH como fator limitante à colonização dos ecossistemas aquáticos pelos diferentes organismos foi primeiramente reconhecida por Thienemann (1918). Este fato lhe serviu de base para formular um princípio básico em Ecologia: “Quanto mais as condições de vida de um biótopo se afastarem das condições ótimas para a maioria dos organismos. Tanto mais

pobre em espécies serão as comunidades, tanto mais uniformes e mais típicas serão estas, e tanto maior será o número de organismos de cada espécie”.

O pH também tem influência sobre as etapas de tratamento da água (coagulação e grau de incrustabilidade/corrosividade) e no controle da operação de estações de tratamento de esgotos (digestão anaeróbia).

Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (BIUDES; CAMARGO, 2008).

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O aumento do nitrogênio na água está associado à presença de esgotos domésticos, industriais e fertilizantes. A forma predominante do nitrogênio pode fornecer o estágio da poluição: poluição recente está associada ao nitrogênio orgânico ou amônia, enquanto a poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato. (PORTO, 2012)

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), amônia (NH₃), íon amônio (NH₄⁺), óxido nitroso (N₂O), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. (ESTEVES, 2011).

Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (OCHOCKA, A.; PASZTALENIEC, A., 2016).

Altas concentrações do íon amônio podem ter grandes implicações ecológicas como, por exemplo: influenciando fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido do meio e influenciando a comunidade de peixes pois em pH básico o íon amônio se transforma em amônia (livre, gasoso), que dependendo de sua concentração pode ser tóxica para estes organismos (ESTEVES, 2011).

Um dos primeiros estudos a determinar os efeitos do nitrogênio em ambientes naturais e sua associação com outros parâmetros, foi realizado por Trussel (1972), concluindo que, nesses

ambientes, a concentração de amônia atinge muito raramente níveis letais. Para que estes níveis sejam atingidos devem ocorrer simultaneamente elevados valores de pH (>9,0), temperatura (> 260C) e baixos valores de potencial de oxirredução.

Fósforo

O fósforo é um elemento com grande importância em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular (através dos fosfolipídios) (ESTEVES, 2011).

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas (BIUDES; CAMARGO, 2008; SCHINDLER, 2016; DODDS, 216).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, tanto na forma iônica quanto na forma complexada, encontra-se sob a forma de fosfato que pode ser dividido em cinco principais formas: fosfato particulado (P - particulado), fosfato orgânico dissolvido (P - Orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo (P-orto), fosfato total dissolvido (P - total dissolvido) e fosfato total (P - total) (PORTO, 2012).

Do ponto de vista limnológico, todas as formas (também chamadas de frações) e de fosfato são importantes, no entanto, o P-orto assume maior relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos. Desta maneira, a sua quantificação em avaliações limnológicas torna-se indispensável (GONG et al., 2012).

O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem, com destaque para minerais como apatita, constituem a fonte básica de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais. A liberação do fosfato, a partir da forma cristalina dos minerais primários da rocha, ocorre através da desagregação desta pela intemperização (ESTEVES, 2011).

Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser apontados, como: material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 2011).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

A redução na concentração de oxigênio dissolvido é o principal problema de poluição nas águas, e ocorre como consequência da atividade respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica. Portanto, a avaliação da presença de matéria orgânica na água pode ser feita pela medição do consumo de oxigênio. Para indicar o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica na água são usados os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) (BRASIL, 2006).

A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada: enquanto a DBO se refere exclusivamente a matéria orgânica mineralizada por atividade dos microrganismos, a DQO engloba também a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos baseando-se no fato de que alguns compostos orgânicos são oxidados por agentes químicos oxidantes considerados fortes em meio ácido. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO.

Como em geral, os valores de DQO são maiores do que os encontrados para DBO, em testes de laboratório, a DQO é determinada em primeiro lugar, e os resultados servem de orientação para estabelecer as diluições para o teste da DBO. A relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica. Essa demanda é referida convencionalmente a um período de cinco dias, já que a estabilização completa da matéria orgânica exige um tempo maior, e a uma temperatura de 20 °C (APHA, 2012).

Tanto a DBO quanto a DQO são expressas em mg/L. A maioria dos valores encontrados na literatura nacional reportam o carregamento orgânico em termos de DBO, que é, entre os dois, o parâmetro normalmente mais utilizado para caracterizar esgotos domésticos e efluentes industriais (BRANDÃO et al., 2011).

Em ambientes naturais não poluídos, a concentração de DBO é baixa (1 mg/L a 10 mg/L), podendo atingir valores bem mais elevados em corpos d'água sujeitos à poluição orgânica, em geral decorrente do recebimento de esgotos domésticos ou de criatórios de animais. Efluentes de indústrias que processam matéria orgânica (laticínios, cervejarias, frigoríficos) apresentam valores de DBO na ordem de grandeza de dezenas ou mesmo centenas de gramas por litro (BRASIL, 2006).

Temperatura

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas) e pode influenciar significativamente o ambiente aquático e sua biota interferindo na velocidade das reações químicas, nas atividades bioquímicas e fisiológicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (VERONES et al., 2010).

O regime térmico de um corpo d'água é um fator crucial para a qualidade do ecossistema. No Brasil, os ambientes aquáticos apresentam em geral temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C. Entretanto, em regiões mais frias, como no Sul do país, a temperatura da água em períodos de inverno pode alcançar valores entre 5 °C e 15 °C, atingindo, em alguns casos, o ponto de congelamento (BRASIL, 2006).

A temperatura influencia também outros parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução. Quanto maior a temperatura, menor é a tensão superficial que serve de substrato para a vida de pequenos organismos (ALLEN; VAUGHN, 2011; MIN et al., 2010). A viscosidade reflete a sua resistência ao escoamento, de forma inversamente proporcional à temperatura, o que significa que uma água quente é menos viscosa que uma água fria, interferindo, entre outros fatores, na mobilidade de pequenos organismos e na sedimentação de partículas em suspensão (HANAFIAH, 2013).

Em razão do alto calor específico da água, ambientes aquáticos são bastante estáveis com relação a temperatura. Apesar da estabilidade térmica, os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia (em maior ou menor amplitude a depender do domínio morfoclimático local) e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (ZLATANOVIĆ et al., 2017).

Turbidez

A turbidez é o parâmetro que representa a intercorrência da passagem da luz através da água devido à presença de partículas suspensas, conferindo à mesma um aspecto turvo (GLORIA et

al., 2017) expresso por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas) (BRASIL, 2006). O aspecto esteticamente indesejável provocado pelo aumento da turbidez é derivado da presença de partículas suspensas em diferentes dimensões, que variam desde coloides a suspensões grosseiras, incluindo detritos orgânicos, algas, bactérias e plâncton que comprometem a passagem de luz, causando sua dispersão e absorção.

As comunidades biológicas aquáticas são fortemente afetadas pela variação da turbidez, uma vez que seu aumento, por exemplo, reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas, podendo, conseqüentemente, suprimir a produtividade de peixes (ESTEVES, 2011). Além disso, alta turbidez afeta diretamente o uso doméstico, industrial e recreacional da água.

Nos corpos d'água brasileiros, devido às características geológicas e ocorrência de altos índices pluviométricos na maioria das bacias de drenagem, a turbidez é particularmente alta, pois a precipitação pluviométrica em solos erodíveis podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo.

Em lagos e represas, onde há pouco escoamento da água, a turbidez é menor. A turbidez natural das águas nestes ambientes varia de 3 a 500 Unidades (NTU) De acordo com a resolução CONAMA (2005), para os corpos de água doce da classe 3, o limite de turbidez é de 100 UNT (unidade de turbidez). Na água filtrada, a turbidez assume uma função de indicador sanitário e não meramente estético. Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade, garantindo eficácia dos processos de filtração, desinfecção e ausência de organismos patógenos.

Resíduo (sólido) total

Resíduos ou Sólidos são todas as matérias suspensas ou dissolvidas na água, nos despejos domésticos ou industriais. O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Em Linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis) (KINDLEIN, 2010).

Os sólidos totais podem ser classificados em sólidos em suspensão totais e sólidos dissolvidos totais, e de acordo com o tratamento térmico efetuado na amostra, pode-se, ainda, fragmentar os sólidos em termos de “fixos” e “voláteis”, que são determinados gravimetricamente,

procedimento analítico que se baseia na diferença entre a massa seca e a massa úmida, em relação ao volume de amostra disposta no teste em diferentes temperaturas (LAMPARELLI, 2014; GARCEZ, 2014).

Muito embora os parâmetros turbidez e sólidos totais estejam intuitivamente associados, eles não são absolutamente equivalentes. Uma pedra, por exemplo, colocada em um copo de água limpa confere aquele meio uma elevada concentração de sólidos totais, mas sua turbidez pode ser praticamente nula (BRASIL, 2006).

Conclusões

Lagos e suas bacias são unidades singulares e integradas, portanto, todos os processos são interconectados e os problemas são interligados. Desta forma, este ecossistema deve ser gerido sem limitação de jurisdição e diversos instrumentos políticos precisam ser introduzidos.

Entende-se que esse gerenciamento deva ser institucionalizado por meio de políticas e sistemas, que definiam e deem consequência aos papéis de governos, sociedade civil e setor privado, nos âmbitos nacional, regional e global.

A água na natureza apresenta uma série de compostos dissolvidos que se resultam da sua interação com a atmosfera, solos, rochas e pela decomposição da matéria orgânica. Estes compostos são responsáveis pelas características da água mesmo em seu estado natural (PORTO, 2012). Por conta do longo tempo de resposta, os impactos se mantêm por longo tempo, as soluções demoram e as mudanças costumam ser graduais e invisíveis. Sendo necessário um comprometimento de monitoramento de longa duração com base sólida em uma análise geoquímica confiável.

A dinâmica complexa de resposta nesses ecossistemas também torna as respostas aos impactos imprevisíveis, tornando indispensável o envolvimento científico relacionando os problemas às suas causas, com um comprometimento de longa duração e politicamente forte. Baseado nisso, os sistemas de classificação de água se dividem em dois principais tipos, aqueles que preocupam com a quantidade de poluição presente e aqueles preocupados com as comunidades que vivem de organismos macroscópicos ou microscópicos.

A atribuição de um valor numérico, baseado em variáveis físico-químicas devem levar em consideração as conformidades das características das águas e clima locais, e suas adaptações às

análises, embora apresentem resultados satisfatórios, mascara uma variedade de condições que ocorrem em um curso d'água, p.ex. presença de microrganismos patógenos. Embora sua capacidade de síntese o torne um importante instrumento com forte utilidade pública, vale ressaltar que o IQA representa um índice de qualidade não um instrumento de avaliação de atendimento ao público.

Um dos grandes desafios atuais na gestão da qualidade ambiental é obter o equilíbrio entre as atividades que geram o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, este desafio tem sido traduzido através do conceito de desenvolvimento sustentável, o qual visa suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações (PORTO, 2012).

A gestão integrada das bacias deve buscar enfrentar os desafios visando o uso sustentável dos recursos de lagos e rios. O termo 'gestão integrada' se refere à consideração simultânea de todos os fatores relevantes da gestão, incluindo fatores científicos e socioeconômicos. Os elementos científicos têm destaque em sua importância como aporte de subsídio teórico e informações técnicas, os socioeconômicos são componentes majoritários de administração do lago e são, portanto, fatores que devem estar alinhados ao uso sustentável dos serviços daquele ecossistema e de uma determinada bacia (CUDISCHEVITCH; FONTANETTO; OLIVEIRA, 2012).

Embora haja muito que celebrar no que se refere ao arcabouço legal e os avanços registrados, restam enormes desafios a serem vencidos com o objetivo de se atingir um gerenciamento efetivamente integrado. Esses desafios se referem a questões de grande complexidade que merecerão ainda enormes esforços para serem superadas: integração da gestão de águas com a gestão ambiental; integração dos aspectos de quantidade e qualidade; integração da gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e, principalmente, à integração da política de recursos hídricos com as políticas setoriais (PORTO, 2012). Esforços devem ser feitos, entretanto, para uma abordagem inovadora gerando novas práticas e políticas de gestão.

O modelo sistêmico do gerenciamento de recursos hídricos adotado para o Brasil ainda se encontra em fase de aperfeiçoamento, não obstante os grandes e atuais avanços alcançados desde o início de sua implementação. Os desafios apontados, em nenhum momento, questionam os postulados e as premissas do modelo, nem preconizam sua revisão. Apenas apontam que, dada a diversidade do país e os diferentes níveis de comprometimento dos recursos hídricos ao longo de

seu território, é razoável pensar-se em visões múltiplas e cuidados de adaptação que ainda não estão dados (PORTO, 2012).

Agradecimentos

A Universidade Federal da Bahia (UFBA);

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB);

E ao professor José Maria Landim Dominguez, pelas fundamentais orientações.

Referências

ALEKSANDER-KWATERCZAK, U.; ZDECHLIK, R. Hydrogeochemical characteristics of interstitial water and overlying water in the lacustrine environment. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 20, p. 1352, 2016.

ALLEN, D. C.; VAUGHN, C. C. Density-dependent biodiversity effects on physical habitat modification by freshwater bivalves. **Ecology**, v. 92, n. 5, p. 1013-1019, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed., **Washington, American Public Health Association Pub.**, 1935 p.

BALLESTER, M.; SANTOS, J. E. Biogenic gases (CH₄, CO₂ and O₂) distribution in a wetland system. **Oecologia Australis**, v. 9, n. 1, p. 21-32, 2001.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 1, p. 2, 2008.

BRANDÃO, C. J. et al. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo. CETESB, 2011.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Gestão dos recursos hídricos no Brasil: evolução e “estado da arte”. GEO BRASIL: recursos hídricos. Brasília, 2007.

_____. **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2006.

_____. **Ministério do Meio Ambiente**. Agência Nacional de Águas. Pacto nacional pela gestão das águas: construindo uma visão nacional. Brasília, 2012.

BREITBURG, D. et al. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. **Science**, v. 359, n. 6371, p. eaam7240, 2018.

CERQUEIRA, D. A.; HORTA, M. C. S. Coliformes fecais não existem. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1999. p. 1239-1244.

COLE, J. J., CARACO, N. F., KLING, G. W., & KRATZ, T. K. Carbon dioxide supersaturation in the surface waters of lakes. **Science-AAAS-Weekly Paper Edition**, v. 265, n. 5178, p. 1568-1569, 1994.

COSTA, F. J. L. **Estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial**. Série Água Brasil nº 1. Banco Mundial. Brasília. 2003.

CUDISCHEVITCH, C., FONTANETTO, R., OLIVEIRA, S. Gestão e políticas públicas para bacias hidrográficas. **Academia Brasileira de Ciências**, 2012. Disponível em: <http://www.abc.org.br/article.php?id_article=2168>. Acesso em; 07/08/2016.

DODDS, W. K.; SMITH, V. H. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. **Inland Waters**, v. 6, n. 2, p. 155-164, 2016.

DUNCAN, S. et al. Dynamics of residential water-soluble organic gases: Insights into sources and sinks. **Environmental science & technology**, 2019.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro. **Interciência**, 2011. 826 p.

GARCEZ, L. N. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. Escola Politécnica de Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004. 105 p.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água-IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, 2017.

GONG, L. J., YANG, X. F., XIONG, B. X., LI, G. P., & CHEN, X. L. Study on Nitrogen, Phosphor and Chemical Oxygen Demand of Different Categories of Aquaculture Lakes by Means of Principal Component Analysis, Factor Analysis and Cluster Analysis. In: Advanced Materials Research. **Trans Tech Publications**, 2012. p. 369-377.

GORGULHO, S. Recursos Hídricos: gestão de lagos. **Folha do Meio Ambiente**, 2003. Disponível em: <<http://www.folhadomeio.com.br/publix/fma/folha/2003/02/garrido.html>>. Acesso em: 07/08/2016.

HACHICH, E. M. et al. Comparison of thermotolerant coliforms and Escherichia coli densities in freshwater bodies. **Braz. J. Microbiol.**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 675-681, June 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822012000200032&lng=en&nrm=iso> <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822012000200032>> Acesso em: 23/01/2019.

HANAFIAH, M. M. Quantifying effects of physical, chemical and biological stressors in life cycle assessment. **Tese de Doutorado**. 2013.

HANSON, P. C., CARPENTER, S. R., ARMSTRONG, D. E., STANLEY, E. H., & KRATZ, T. K. Lake dissolved inorganic carbon and dissolved oxygen: changing drivers from days to decades. **Ecological Monographs**, v. 76, n. 3, p. 343-363, 2006.

HODGE, J. et al. Assessing the Association between Thermotolerant Coliforms in Drinking Water and Diarrhea: An Analysis of Individual-Level Data from Multiple Studies. **Environmental health perspectives**, v. 124, n. 10, p. 1560-1567, 2016.

KINDLEIN, C. P. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do Município de Nova Santa Rita**. Disponível em: <http://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs_online> v. 200, 2010.

LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 2014.

MARTINS, R.; PORTO, M. **Decaimento e mistura de poluentes no meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.fcth.br/phd/phd2460/Aulas/PHD%202460%20Aula%2011.pdf>>. Acesso em: 04/11/2014.

MAURER, C. P. et al. Adenovirus, enterovirus and thermotolerant coliforms in recreational waters from Lake Guaíba beaches, Porto Alegre, Brazil. **Journal of water and health**, p. wh2015277, 2015.

MESQUITA, F. J. G. Problemática da Água nos Grandes Centros Urbanos. **Estudo de Caso: Cidade de Salvador e Região Metropolitana, Estado da Bahia, Brasil**. 2014.

MIN, K. R.; ZIMMER, M. N.; RICKARD, A. H. Physicochemical parameters influencing coaggregation between the freshwater bacteria *Sphingomonas natatoria* 2.1 and *Micrococcus luteus* 2.13. **Biofouling**, v. 26, n. 8, p. 931-940, 2010.

MIRZAEI, N. et al. Survey of effective parameters (water sources, seasonal variation and residual chlorine) on presence of thermotolerant coliforms bacteria in different drinking water resources. **International Journal of Pharmacy and Technology**, v. 7, n. 3, p. 9680-9689, 2015.

MOE, S. J.; HAANDE, S.; COUTURE, R. M. Climate change, cyanobacteria blooms and ecological status of lakes: A Bayesian network approach. **Ecological Modelling**, v. 337, p. 330-347, 2016.

MORRIS, D. P., ZAGARESE, H., WILLIAMSON, C. E., BALSEIRO, E. G., HARGREAVES, B. R., MODENUTTI, B., & QUEIMALINOS, C. The attenuation of solar UV radiation in lakes and the role of dissolved organic carbon. **Limnology and Oceanography**, v. 40, n. 8, p. 1381-1391, 1995.

OCHOCKA, A.; PASZTALENIEC, A. Sensitivity of plankton indices to lake trophic conditions. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 11, p. 622, 2016.

- PORTO, R. L. L. **Fundamentos para gestão da água**. São Paulo. s.n., 2012. 232 p.
- ROBERTSON, W. et al. Evaluation of a rapid method for E coli and thermotolerant coliforms in recreational waters. **Water science and technology**, v. 38, n. 12, p. 87, 1998.
- ROHDE, S. M. **Geoquímica ambiental e estudos de impacto**. 2 ed. São Paulo. Sigmus Editora, 2004. 157 p.
- SANTOS, P. A. B.; NETTO, J. A. V.; CASTRO, C. M. S. Geoprocessamento aplicado a análise de áreas verdes nas imediações da Lagoa da Paixão, Valéria - Salvador/BA. **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, 06 - 09 de Maio de 2012. p. 001 – 009.
- SCHINDLER, D. W. et al. **Reducing phosphorus to curb lake eutrophication is a success**. 2016.
- SHADRIN, N. V. Hypersaline lakes as polyextreme habitats for life. Introduction to Salt Lake Sciences. **Science Press**, Beijing, China, p. 173-178, 2017.
- SILVA, J. A. A.; NOBRE, A. D.; MANZATTO, C. V.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R.; SKORUPA, L. A.; NOBRE, C. A.; AHRENS, S.; MAY, P. H.; SÁ, T. D. A.; CUNHA, M. C.; RECH FILHO, E. L. **O Código Florestal e a ciência: Contribuições para o diálogo**. São Paulo: Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência, SBPC; e Academia Brasileira de Ciências, ABC. 2011. 124p.
- SMITH, M., MINTEER, C., LAKE, E.C., WHEELER, G.S., TIPPING, P.W. Indirect ecological effects in invaded landscapes: Spillover and spillback from biological control agents to native analogues. **Ecological Society of America (ESA)**. 2016. Disponível em: <https://eco.confex.com/eco/2016/preliminaryprogram/abstract_59794.htm>. Acesso em: 16/10/2016.
- TENNANT, C. J. Analysis of Inorganic Carbon and pH in the Western Arm of Lake Superior. **Tese de Doutorado**. University of Minnesota. 2016.
- TRUSSELL, R. P. The Percent Un-Ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different pH Levels and Temperatures. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 29, n. 10, p. 1505-1507, 1972.
- VERONES, F. et al. Characterization factors for thermal pollution in freshwater aquatic environments. **Environmental science & technology**, v. 44, n. 24, p. 9364-9369, 2010.
- WANG, B.; LIU, C. Q.; MABERLY, S. C.; WANG, F.; HARTMANN, J. Coupling of carbon and silicon geochemical cycles in rivers and lakes. **Scientific Reports**, v. 6, p. 35832, 2016.
- WETZEL, R. G.; RICH, P. H.; MILLER, M. C.; ALLEN, H. L. **Metabolism of dissolved and particulate detrital carbon in a temperate hard-water lake**. Michigan State Univ., Hickory Corners. WK Kellogg Biological Station, 1972.

ZLATANOVIĆ, L.; VAN DER HOEK, J. P.; VREEBURG, J. H. G. An experimental study on the influence of water stagnation and temperature change on water quality in a full-scale domestic drinking water system. **Water research**, v. 123, p. 761-772, 2017.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 2 – PARÂMETROS LIMINOLÓGICOS E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA EM TRES LAGOAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR

**LIMNOLOGICAL PARAMETERS AND CONCENTRATION OF METALS IN WATER
IN THREE LAGOONS OF THE METROPOLITAN REGION OF SALVADOR-BA,
BRAZIL.**

PESQUISA EM GEOCIÊNCIAS

(em avaliação)

Ana Carina Matos Silva*¹, Manoel Jerônimo Moreira Cruz¹

¹ Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, 40170-290 Salvador - BA, Brasil.

*E-mail: anacarinams@gmail.com

Resumo

Objetivo: Compreender a variabilidade sazonal (estiagem/chuvoso) dos parâmetros físico-químicos e de metais em três ecossistemas lênticos da cidade de Salvador-BA (lagoas de Pituaçu, da Paixão e Tororó), entre os anos de 2014 e 2017, com especial ênfase nas orientações aos gestores quanto à classificação e adequação aos usos para a pesca amadora, recreação, conservação e harmonia paisagística. **Métodos:** Foram mensurados in situ os parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica) com auxílio de uma sonda multiparâmetros e tomadas alíquotas de água para as análises laboratoriais, em períodos sazonais distintos entre os anos de 2014 e 2017. As concentrações dos metais em água (Al, As, Ba, B, Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn, Hg e V) foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Resultados:** O pH variou entre 5,5-8,9 ($7,5 \pm 0,7$); temperatura da água, 22,0-33,20 ($26,68 \pm 2,11$) °C; oxigênio dissolvido, 0,72-10,87 ($6,31 \pm 1,65$) mg.L⁻¹; turbidez, 0,43-188,0 ($23,54 \pm 31,86$) NTU e condutividade, 0,19-2,60 ($0,44 \pm 0,35$) mS.cm⁻¹. O Fe (todas as lagoas), Pb e Mn (Lagoa da Paixão e Pituaçu) e Al (Lagoa de Pituaçu) apresentaram valores médios acima dos limites máximos estipulados pelo CONAMA evidenciando a degradação da qualidade da água. **Conclusão:** Os parâmetros da água foram considerados adequados para sua atual utilização, embora comumente os valores de oxigênio dissolvido (> 5 mg.L⁻¹) e turbidez (até 100 NTU) não estejam condizentes com o padrão estipulado na Resolução CONAMA 357/05. Ressalta-se a necessidade de atenção principalmente aos valores obtidos para os metais dissolvidos (em especial Fe, Pb, Mn e Al), que se mostraram, em determinados períodos sazonais ou de forma constante (Mn) em níveis perigosamente acima dos limites estipulados, devido à possibilidade de

efeitos nocivos, destacando-se a necessidade de intervenção e proteção nestas áreas, e contínuo monitoramento, visando melhorar a qualidade da água e responder aos usos preponderantes.

Palavras-chave: Qualidade da água. Ambientes lênticos. Monitoramento. Hidroquímica.

Abstract

Objective: To understand the seasonal (dry / rainy) variability of the physical-chemical parameters and metals in three lentic ecosystems of the city of Salvador-BA (Pituaçú, Paixão and Tororó lagoons) between 2014 and 2017, with special emphasis on guidelines for managers regarding classification and suitability for uses to amateur fishing, recreation, conservation and landscape harmony. **Methods:** The physico-chemical parameters (pH, temperature, dissolved oxygen, turbidity and electrical conductivity) were measured in situ with a multiparameter probe and water aliquots were taken for laboratory analysis in different seasonal periods between 2014 and 2017. The concentrations of metals in water (Al, As, Ba, B, Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn, Hg and V) were determined by inductively coupled plasma/optical emission spectrometry (ICP-OES). **Results:** pH varied between 5.5-8.9 (7.5 ± 0.7); water temperature, 22.0-33.20 (26.68 ± 2.11 °C); dissolved oxygen, 0.72-10.87 (6.31 ± 1.65 mg.L⁻¹); turbidity, 0.43-188.0 (23.54 ± 31.86 NTU) and conductivity, 0.19-2.60 (0.44 ± 0.35 mS.cm⁻¹). Fe (all the lagoons), Bb and Mn (Paixão and Pituaçú) and Al (Pituaçú) have average values above the maximum limits stipulated by Ordinance 357/2005 from the Brazilian National Environment Council (CONAMA) evidencing degradation of water quality. **Conclusion:** The water parameters were considered adequate for their current use, although the values of dissolved oxygen (> 5 mg. L⁻¹) and turbidity (up to 100 NTU) are not in line with the standard stipulated in CONAMA Resolution 357/05. It's important to note the values obtained for the dissolved metals (in particular Fe, Pb, Mn and Al), which at certain seasonal or constant periods (Mn) were at levels dangerously above the stipulated limits, due to the possibility of harmful effects, highlighting the need for intervention and protection in these areas, and continuous monitoring, aiming to improve water quality and respond to prevailing uses.

Keywords: Water quality. Lentic environments. Monitoring. Hydrochemistry.

Introdução

Os lagos e reservatórios são considerados importantes veículos de conservação da biodiversidade, por apresentar ecótonos bem definidos (HILLBRICHT-ILKOWSKA & PIECZYNSKA, 2012), o que está associado com seu longo tempo de residência no ambiente. A qualidade da água depende das alterações físicas, químicas e biológicas influenciadas pelas condições geológicas, geográficas e sazonais (CHITMANAT & SIRIPEN, 2010).

A qualidade de um corpo d'água é definida em termos de condições químicas, físicas e biológicas que estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Significa dizer, portanto, que ainda que não haja interferência de origem antrópica, a

qualidade da água pode se alterar de acordo com as condições geológicas, geográficas e sazonais (CHITMANAT & SIRIPEN, 2010).

As diretrizes de qualidade da água fornecem informações científicas básicas sobre os valores limiares de parâmetros de qualidade da água ecologicamente relevantes e condizentes com seu uso.

Alguns parâmetros físico-químicos naturais são comumente utilizados para o estudo da qualidade da água em lagos e reservatórios, estes, além de influenciar a dinâmica do ambiente, são fatores limitantes para a sobrevivência dos organismos aquáticos (fauna e flora). Os parâmetros que exercem maior influência para determinação da qualidade da água são pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade (ALVES et al., 2010). Outras características determinantes de qualidade também se referem a condições biológicas como contaminantes orgânicos, contaminação por metais, agrotóxicos, outros resíduos e microrganismos patogênicos.

O pH é uma importante variável que orienta os parâmetros físico-químicos, pois a concentração de íon hidrogênio é uma característica ambiental vital que influencia os ecossistemas aquáticos devido à sua influência no metabolismo, fisiologia e crescimento dos organismos aquáticos. O valor de pH é influenciado pela acidez do sedimento de fundo e pela atividade biológica (LAWSON, 2011). O pH de um corpo hídrico influencia a concentração de muitos metais, alterando sua biodisponibilidade e toxicidade (CHANDOLIAS et al., 2018).

A temperatura desempenha um importante papel no controle de espécies aquáticas, influenciando fortemente outros parâmetros, como a salinidade, o oxigênio dissolvido, tornando-se um dado importante para correlação e interpretação dos resultados. Altas temperaturas também podem influenciar na condutividade elétrica e na toxicidade dos metais traço na água (LAWSON, 2011).

O oxigênio é um componente essencial para o metabolismo de seres aquáticos aeróbios, sua presença em solução influencia na disponibilidade de nutrientes. A disponibilidade de oxigênio pode variar devido a alterações das características ambientais ou em consequência das variações climáticas. A concentração de oxigênio é influenciada pela temperatura, bem como sua solubilidade depende também da pressão atmosférica e da salinidade da água (a solubilidade diminui com o aumento da salinidade) (LAWSON, 2011; CETESB, 2009). Alguns estudos evidenciam também que altas temperaturas combinadas à baixa concentração de oxigênio

dissolvido levam ao aumento da toxicidade de metais, como por exemplo, o Zinco (Zn) (ATKINSON et al., 2007).

A presença de metais, em diferentes formas, é uma característica natural de diversos ambientes, e varia de acordo com as características geológicas de cada região. Em ecossistemas aquáticos, a ocorrência mais comum é de origem geológica, através do intemperismo e da lixiviação do solo. No entanto, outras interferências antrópicas podem contribuir, como por exemplo, depósito de resíduos, transporte de veículos nas proximidades, tráfego ferroviário, atividades industriais e agrícolas e deposição atmosférica (BUCCI et al., 2015).

A disponibilidade de metais no ambiente, em especial, os micronutrientes, a exemplo do Cu e Zn, é essencial para a existência de determinadas atividades metabólicas, mas pode representar um impacto negativo para o ecossistema aquático, e/ou fazer com que a água se torne imprópria para o uso potencial estabelecido. A toxicidade de metais pesados depende do tipo do metal, do composto formado em associação com outros elementos, da quantidade que se depositam no organismo e da extensão de tempo de ação do metal.

Outras características ambientais como as condições físico-químicas, presença de matéria orgânica e materiais particulados no ambiente, também são determinantes para sua nocividade. O monitoramento das concentrações de metais na água de ecossistemas lênticos é recomendado em áreas urbana e/ou com histórico de poluição antrópica registrada, como a Lagoa de Pituaçu, o Dique do Tororó e a Lagoa da Paixão.

Os ambientes lênticos como lagos e lagoas estão entre os mais produtivos do planeta, o que demanda o monitoramento da existência de metais e comportamento dos parâmetros físico-químicos nestes ambientes para melhor controle e gestão da poluição (LAWSON, 2011).

Apesar do monitoramento periódico dos órgãos responsáveis, a divulgação científica quanto a presença de metais e sua variação sazonal nas lagoas em Salvador é escassa, entretanto, alguns trabalhos destacam a existência destes elementos em sedimentos e dissolvidos na água.

Silva e colaboradores (2017) identificaram a presença de Al, Cu, Fe, Mn e V no sedimento da Lagoa de Pituaçu, alertando para a necessidade de ampliar ações de preservação ambiental, evitando assim a acumulação desses metais em níveis tóxicos para a água. A mesma tendência ocorre em lagoas próximas, como ilustrado no trabalho de Souza (2017), no qual foi comprovada

a existência de diferenças sazonais significativas nos parâmetros físico, químicos e da concentração de Ferro em três lagoas costeiras (Camarão, Vitória e Junco), situadas ao norte do município de Salvador. Outros trabalhos também evidenciam a presença ou contaminação por metais em diferentes ambientes aquáticos, como águas subterrâneas (CARMO, 2015) e ambientes estuarinos (ANDRADE, 2011; ESCOBAR, 2011) em Salvador, e igualmente em lagoas de outros municípios da Bahia (SANTOS, 2012).

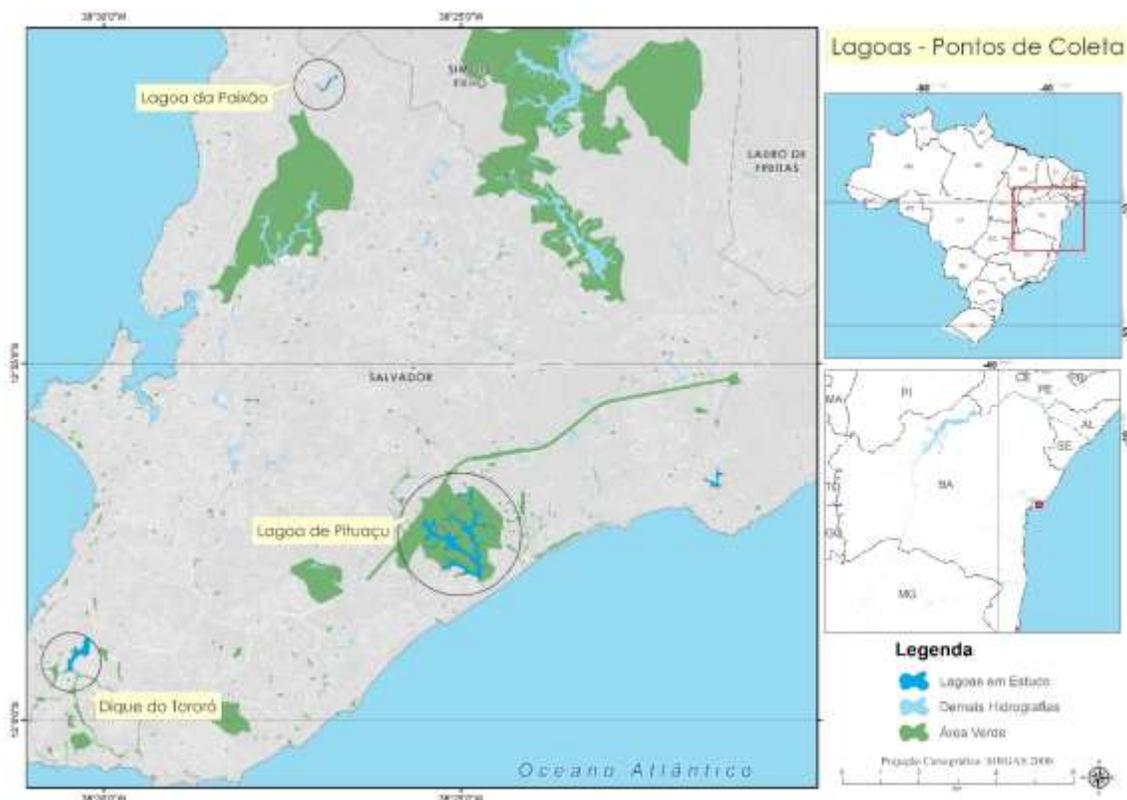
Este estudo objetivou compreender a variabilidade sazonal (estiagem/chuvoso) quantificando e comparando dados de metais e parâmetros físico-químicos entre os anos de 2014 a 2017 nas lagoas de Pituaçu, Paixão e Dique do Tororó (Salvador-BA), avaliando sua adequação ao uso e classificação sugerida pelos órgãos públicos responsáveis.

Métodos

Os ecossistemas lênticos Dique do Tororó, Lagoa da Paixão e a Lagoa de Pituaçu pertencem ao município de Salvador, no Estado da Bahia, Brasil. O município de Salvador está situado entre as coordenadas geográficas 12°53'54'' e 13°00'59'' de latitude sul e 38°18'31'' e 38°32'20'' de longitude oeste. Em sua jurisdição administrativa, estão incluídas por uma parte continental e uma parte insular com três ilhas situadas na Baía de Todos os Santos (NASCIMENTO & BARBOSA, 2008).

O procedimento metodológico constituiu-se em quatro etapas: (i) o levantamento bibliográfico, realizado em fontes diversas, a exemplo de livros antigos, jornais, artigos, resumos de eventos, monografias e dissertações e documental com órgãos de gestão; (ii) no trabalho de campo foram selecionados 12 pontos distribuídos em estações de amostragem de água em três ecossistemas lênticos (Lagoas de Pituaçu, Lagoa da Paixão e Dique do Tororó) (Figura 1), (iii) análises laboratoriais; e (iv) análise estatística.

Figura 1. Mapa de localização da cidade de Salvador (Bahia) com destaque para os locais de coleta (Lagoas de Pituvaçu, Lagoa da Paixão e Dique do Tororó).



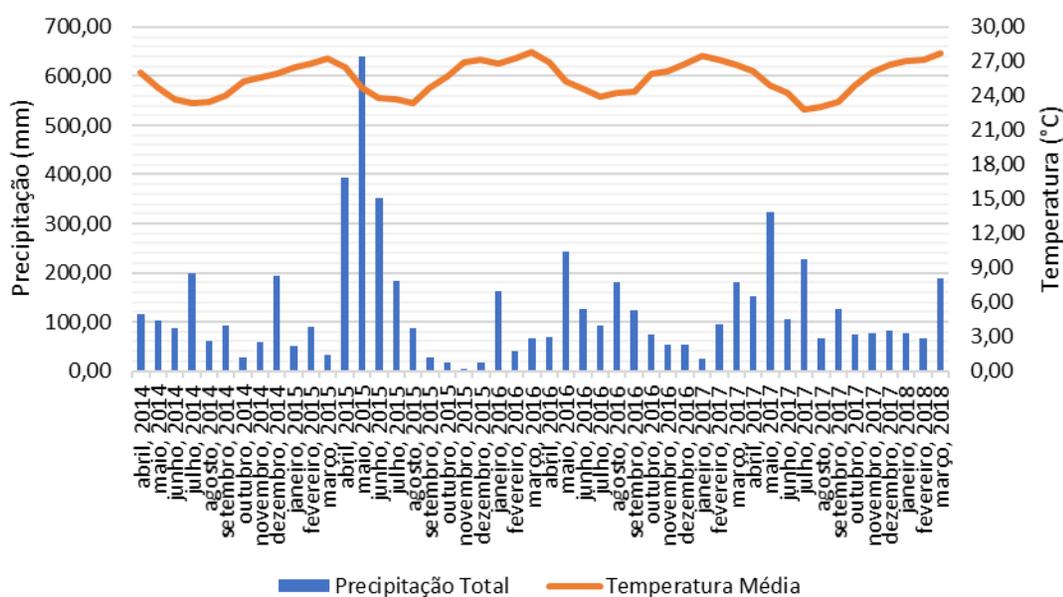
Nesta pesquisa, procurou-se obter o maior número de dados e informações sobre as características físicas, químicas e biológicas do monitoramento dos órgãos de gestão competentes e em amostras de água coletadas em lagoas de acesso público na região urbana da cidade de Salvador - BA a fim de analisar e interpretar os parâmetros de qualidade e teor de metais em pontos pré-determinados.

Foram realizadas quatro campanhas de amostragem, nos meses de julho e novembro dos anos de 2016 e 2017. Dados referentes aos anos anteriores (2014 e 2015) contaram com informações cedidas do banco de dados da EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) e do programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA). Estas contaram com o auxílio de embarcações da equipe técnica da CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia), grupamento operacional do GMAR (13º Grupamento De Bombeiro Militar) e Coordenadoria de Salvamento Marítimo (SALVAMAR/ SEMOP).

Os períodos de coleta respeitaram a determinação sazonal proposta por Santos *et al.* (2016) que definiu, com base na variabilidade pluviométrica da cidade de Salvador os meses de Abril, Maio, Junho e Julho como pertencentes ao quadrimestre mais chuvoso, e os meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro como o quadrimestre de maior estiagem, baseando-se nos totais mensais de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia no período de 51 anos (1961-2011). As coletas foram realizadas no período da manhã e em dias sem chuva, seguindo os procedimentos recomendados em ABNT (1987).

Os dados pluviométricos e de temperatura do ar utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados da estação meteorológica de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador. Foram obtidas as médias mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2014 e 2018 (Figura 2).

Figura 2. Histograma da variação mensal média de temperatura (°C) e pluviosidade (mm) (abril, 2014 – março, 2018). Dados obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador.



Foram previamente definidos pontos de amostragem randômica simples, garantindo que os dados obtidos tivessem possibilidades iguais, ou seja, que não seriam afetados pela escolha do técnico de coleta. A quantidade e localização de pontos foi determinada em concordância com a extensão do corpo d'água, e baseadas na adequação com os dados previamente verificados (Quadro 1). As

amostragens foram realizadas seguindo as recomendações das normas que disciplinam a coleta de água em APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 2005).

Quadro 1. Listagem dos pontos amostrais, extensão de cada lagoa e suas respectivas coordenadas geográficas.

Lagoa	Extensão (m ²)	Total de Pontos	Latitude (S)	Longitude (O)
Paixão	75.212	2	12°51.185'	38°27.009'
			12°51.215'	38°26.952'
Tororó	110.122	4	12°58.919'	38°30.254'
			12°59.219'	38°30.490'
			12°59.147'	38°30.442'
			12°59.045'	38°30.304'
Pituaçú	444.126	6	12°57.820'	38°25.110'
			12°57.715'	38°24.783'
			12°57.620'	38°24.793'
			12°57.582'	38°25.063'
			12°57.464'	38°25.530'
			12°57.998'	38°24.738'

A profundidade máxima de aquisição de amostras foi fixada, diretamente, de 30-40cm de profundidade do corpo d'água, através de recipientes inertes, devidamente identificados e esterilizados. Em seguida, as amostras foram preservadas em caixas de isopor com gelo e mantidas a temperatura de aproximadamente 4°C para conservação de suas propriedades. As análises laboratoriais ocorreram nos laboratórios do Plasma e do Núcleo de Estudos Ambientais (IGEO/UFBA) e do Laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental (Escola Politécnica/UFBA). Esse processo foi concluído em menos de 24 horas, de acordo com o prazo de vencimento para a análise de cada parâmetro nas amostras.

Os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos) foram analisados *in situ* e durante a coleta utilizando sonda multiparâmetro (Horiba 104 U-54 Multiparameter Water Quality Checker). A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece limite legal para ambos os parâmetros medidos, e a realização das análises em campo com o auxílio de uma sonda portátil possibilita maior consistência dos dados, levando em consideração o clima local no momento exato da coleta.

As concentrações de Fe, Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Cd, Cr e Pb em água foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Agilent Technologies, modelo 720 series) de acordo com a metodologia 3120B do Standard Methods for

the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Os Quadros 2-3 mostram as condições para a determinação destes elementos e operação do sistema.

Quadro 2. Condições de operação do sistema para determinação dos teores de metais em água por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Câmara de nebulização	Ciclônica (Single Pass)
Nebulizador	SeaSpray
Potência de radiofrequência	1.10 kW
Vazão do gás do plasma	15 L.min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar	1,5 L.min ⁻¹
Vazão do gás de nebulização	0,75 L.min ⁻¹

Todos os dados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico seguindo as ferramentas do Excel 2016 e do pacote Statistica 8. Esses programas foram utilizados para realizar a estatística descritiva, verificar a normalidade dos dados e confeccionar os gráficos representativos da caracterização das amostras.

Quadro 3. Técnicas, métodos de referência, limites de quantificação e comprimento de onda para determinação das concentrações de metais em água por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Análise	Técnica	Método de Referência	Limite de Quantificação	Comprimento de onda (nm)
Cadmio (Cd)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Cd 228.802
Chumbo (Pb)	ICP-OES	SM-3120B	0,010 µg/L	Pb 220.353
Níquel (Ni)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Ni 221.648
Cobalto (Co)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Co 228.615
Cromo (Cr)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Cr 267.716
Cobre (Cu)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Cu 324.754
Zinco (Zn)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Zn 213.857
Ferro (Fe)	ICP-OES	SM-3120B	0,10 µg/L	Fe 259.940
Manganês (Mn)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Mn 257.610

Resultados

Os resultados das variáveis analisadas foram confrontados com os padrões normativos fixados pela legislação através da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11 (Brasil, 2011), Resolução CONAMA nº 274/2000 (Brasil, 2000), e Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) para qualidade da água em função dos usos identificados.

Parâmetros físico-químicos:

Os resultados dos parâmetros físico-químicos das amostras de água nas três lagoas estudadas estão ilustrados na Tabela 1. As variações sazonais dos parâmetros físico-químicos no quadrante menos chuvoso (estiagem) e mais chuvoso entre os anos de 2014-2017 foram ilustradas nos

diagramas de boxplot da Figura 3. De forma geral, os dados mostram que o ano de 2016 foi o mais estável em termos de condições físico-químicas e que os valores de turbidez são os que mais se alteram entre estações.

Temperatura e Pluviosidade: Dados de temperatura e pluviosidade durante o período de coleta são mostrados na Figura 2. Os padrões de pluviosidade a partir da média de precipitação revelam os meses de Abril, Maio, Junho e Julho como pertencentes ao quadrimestre mais chuvoso, e os meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro como o quadrimestre de maior estiagem. O maior período de chuvas foi registrado em Maio de 2015 (639 mm) e o menor no mês de Novembro do mesmo ano (3,20 mm). A maior média de temperatura registrada ocorreu em Março de 2016 (27,79 °C) e a menor em Julho de 2017 (22,78 °C), corroborando a qualificação e classificação dos períodos de coleta.

pH: o pH variou de neutra a levemente ácida na maioria dos pontos de coleta, com exceção de alguns registros no Dique do Tororó, onde tendeu para a alcalinidade, neste ponto o pH variou entre 6,7 (chuvoso/2015) e 8,8 (chuvoso/2017), com desvio padrão máximo de 0,6. Já na Lagoa da Paixão o valor mínimo de pH registrado foi de 6,2 (estiagem/2014) e o máximo de 8,2 (chuvoso/2017), maior desvio padrão de 0,63. Na Lagoa de Pituaçú, onde o caráter neutro a levemente ácido se mostrou predominante, o valor máximo de pH registrado foi de 8,8 (estiagem/2017) e o mínimo foi de 6,1 (estiagem/2014), com desvio padrão máximo de 1,46.

Oxigênio Dissolvido: O Oxigênio Dissolvido foi uma das variáveis que apresentou maiores distorções em torno da média, perdendo apenas para as variações de turbidez. No Dique do Tororó, o valor mínimo deste parâmetro encontrado foi de 4,27 mg.L⁻¹ (estiagem/2017), enquanto o valor máximo foi de 8,42 mg.L⁻¹ (estiagem/2015), para este local, o desvio padrão não excedeu 1,19 mg.L⁻¹. Na Lagoa da Paixão, o menor valor de oxigênio dissolvido foi 0,72 mg.L⁻¹ (estiagem/2014) e o maior 9,37 mg.L⁻¹, com desvio padrão máximo de 3,45. Na Lagoa de Pituaçú, o maior valor foi 5,91 mg.L⁻¹ (chuvoso/2017) e o menor 0,66 mg.L⁻¹ (chuvoso/2017) com o maior desvio padrão verificado de 3,60 para este parâmetro.

Turbidez: A Turbidez foi o parâmetro que apresentou valores mais variados e distantes em torno da média amostral. O dique do Tororó apresentou valores de turbidez que variou entre 0,43 NTU (chuvoso/2015) e 34,08 NTU (chuvoso/2017), com desvio padrão máximo entre os pontos de 15,66. Na Lagoa da Paixão, o valor mínimo de turbidez foi 3,26 NTU (chuvoso/2014) e o

máximo 96,00 NTU (chuvoso/2015). Na Lagoa de Pituaçu os valores de turbidez variavam entre 23,97 NTU (estiagem/2016) e 123,90 NTU (chuvoso/2015). O desvio padrão máximo para esse ponto foi de 57,98, o maior encontrado para esta variável.

Tabela 1. Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da água nos Dique do Tororó (a) Lagoa da Paixão (b) e Lagoa de Pituaçu (c) nos períodos de estiagem e chuvoso entre os anos de 2014 a 2017.

(a) Dique do Tororó

Parâmetros	2014				2015				2016				2017																			
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco																	
	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP																				
pH	6,8	8,8	8,05	0,45	6,8	8,8	8,05	0,26	6,4	7,2	6,87	0,24	6,7	8,6	8,13	0,58	6,8	8,3	7,79	0,42	7,0	8,7	8,07	0,42	6,8	8,7	7,91	0,65	7,0	8,8	8,10	0,79
Temp. (°C)	23,38	26,00	24,72	1,11	24,38	27,88	25,44	1,66	24,00	27,38	26,04	1,80	25,57	26,38	26,11	0,46	26,25	27,00	26,63	0,53	24,25	27,70	25,98	2,44	27,59	32,20	29,60	2,36	25,10	27,80	26,45	1,91
O. D. (mg.L ⁻¹)	5,60	7,05	6,44	0,65	5,62	7,65	7,02	0,94	4,84	6,66	5,64	0,93	7,44	8,42	8,09	0,56	7,19	7,35	7,27	0,11	6,96	7,30	7,13	0,23	6,21	8,31	6,93	1,19	4,27	4,73	4,50	0,33
Turb. (NTU)	0,57	2,33	1,16	0,82	0,43	0,93	0,61	0,22	1,14	13,40	5,25	7,06	6,79	11,62	8,40	2,79	7,11	7,35	7,23	0,17	10,37	13,00	11,69	1,86	4,70	34,08	16,26	15,66	30,00	31,00	30,50	0,71
Temp. ar (°C)	27,38	29,00	28,13	0,81	27,00	29,00	27,88	0,83	26,13	27,88	27,17	0,92	28,43	28,50	28,48	0,04	27,13	28,75	27,94	1,15	2,56	27,50	15,03	17,64	28,10	29,13	28,61	0,72	26,20	27,60	26,90	0,99
Cond. (mS.cm ⁻¹)	0,30	0,33	0,32	0,01	0,33	0,36	0,35	0,01	0,22	0,36	0,29	0,06	0,35	0,37	0,36	0,01	0,34	0,37	0,35	0,01	0,34	0,39	0,36	0,02	0,17	0,37	0,30	0,09	0,33	0,37	0,34	0,02

(b) Lagoa da Paixão

Parâmetros	2014				2015				2016				2017																			
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco																	
	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP				
pH	6,7	7,5	7,21	0,47	6,1	6,7	6,31	0,49	6,3	7,1	6,66	0,56	6,8	7,5	7,14	0,37	6,5	7,03	6,77	0,27	6,3	7,6	7,14	0,49	7,6	8,2	7,78	0,23	6,7	7,0	6,85	0,14
Temp. (°C)	27,00	28,00	27,50	0,71	23,00	27,40	25,20	3,11	23,00	29,80	26,40	4,81	28,20	28,30	28,25	0,07	27,50	27,70	27,60	0,14	27,50	28,80	28,17	0,65	29,10	31,00	30,05	1,34	25,50	25,55	0,07	
O. D. (mg.L ⁻¹)	4,48	6,36	5,42	1,33	0,72	6,18	3,45	3,86	4,49	6,38	5,44	1,34	7,14	9,17	8,16	1,44	6,49	9,37	7,93	2,04	6,21	8,24	7,05	1,06	8,37	9,75	9,06	0,98	4,85	6,82	5,84	1,39
Turb. (NTU)	3,26	17,40	10,33	10,00	3,45	7,80	5,63	3,08	8,00	96,00	52,00	62,23	4,70	8,20	6,45	2,47	9,40	17,00	13,20	5,37	7,30	21,00	12,23	7,61	14,00	21,00	17,50	4,95	12,00	13,00	12,50	0,71
Temp. ar (°C)	28,00	28,90	28,45	0,64	27,00	28,00	27,50	0,71	27,00	29,40	28,20	1,70	28,20	29,10	28,65	0,64	27,50	27,90	27,70	0,28	28,70	29,50	29,17	0,42	30,20	32,10	31,15	1,34	25,50	26,30	25,90	0,57
Cond. (mS.cm ⁻¹)	0,24	0,26	0,25	0,01	0,25	0,35	0,30	0,07	0,36	0,39	0,37	0,02	0,19	0,24	0,21	0,04	0,24	0,30	0,27	0,05	0,21	0,33	0,28	0,06	0,39	0,41	0,40	0,02	0,25	0,29	0,27	0,02

(c) Lagoa de Pituaçu

Parâmetros	2014				2015				2016				2017																			
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco																	
	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP	Mín.	Máx.	Méd.	DP				
pH	6,3	7,3	6,84	0,29	6,1	7,9	6,94	0,74	6,6	7,6	7,08	0,34	6,2	8,9	7,09	0,92	6,0	8,8	7,49	1,04	5,5	8,8	6,92	0,86	6,6	7,6	7,29	0,28	6,8	8,8	7,08	0,43
Temp. (°C)	26,10	27,63	26,86	1,08	24,67	27,30	25,98	1,86	30,10	31,50	30,80	0,99	26,00	27,20	26,60	0,85	29,00	31,60	30,30	1,84	26,50	28,20	27,23	0,87	28,10	28,90	28,50	0,57	26,50	27,59	27,05	0,77
O. D. (mg.L ⁻¹)	0,98	4,50	2,74	2,49	2,51	4,53	3,52	1,43	1,53	5,26	3,39	2,64	1,50	4,57	3,04	2,17	0,97	5,91	3,44	3,49	2,02	5,40	3,17	1,93	0,66	1,95	1,31	0,91	1,19	6,28	3,73	3,60
Turb. (NTU)	25,35	27,10	26,22	1,24	30,36	45,10	37,73	10,42	63,20	123,90	93,55	42,92	29,90	53,04	41,47	16,36	53,83	61,70	57,77	5,56	23,97	77,00	56,66	28,59	38,00	120,00	79,00	57,98	34,08	42,00	38,04	5,60
Temp. ar (°C)	22,90	27,75	25,33	3,43	27,78	28,20	27,99	0,30	32,60	33,20	32,90	0,42	27,90	28,90	28,40	0,71	31,00	32,00	31,50	0,71	27,30	29,00	28,27	0,87	29,20	29,40	29,30	0,14	27,90	28,90	28,40	0,71
Cond. (mS.cm ⁻¹)	0,53	0,73	0,63	0,14	0,16	0,88	0,52	0,51	0,21	0,85	0,53	0,45	0,23	0,59	0,41	0,25	0,67	0,70	0,69	0,02	0,34	0,81	0,62	0,25	0,73	0,87	0,80	0,10	0,33	0,78	0,56	0,31

Legenda: pH = Potencial Hidrogeniônico; Temp. = Temperatura; O.D. = Oxigênio Dissolvido; Turb. = Turbidez; Cond. = Condutividade. Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo; Méd. = Média; D.P. = Desvio padrão.

Condutividade: Dentre as variáveis consideradas, a condutividade foi a que apresentou menores distorções de valores em torno das médias, alcançando desvio padrão máximo de 0,51 na Lagoa de Pituacú. No Dique do Tororó seus valores variaram entre 0,17 mS.cm⁻¹ (chuvoso/2017) e 0,37mS.cm⁻¹, com desvio padrão de 0,07. Na Lagoa da Paixão, o menor valor encontrado foi 0,21 mS.cm⁻¹ (estiagem/2016) e o maior de 0,41 mS.cm⁻¹ (estiagem/2017). Seu desvio padrão foi de 0,07, o menor entre todos os parâmetros. Em Pituacú, os valores de condutividade ficaram entre 0,16 mS.cm⁻¹ (estiagem/2014) e 0,88 mS.cm⁻¹ (estiagem/2014).

Metais

Os valores médios dos metais encontrados são ilustrados na Tabela 2, não foram listados para cada lagoa os metais cujos resultados se encontravam em todas as estações e durante todos os anos abaixo dos limites de quantificação. No geral, as variações foram similares entre as estações, embora os metais identificados apresentaram comportamento distinto sazonalmente (estiagem/chuvoso), especialmente (nos diferentes pontos de coleta).

A média dos resultados obtidos retrata um perfil preliminar das concentrações de metais nas lagoas da Paixão, Pituacú e no Dique do Tororó, onde a maioria dos resultados está abaixo dos limites permitidos pela portaria CONAMA 357/05, ou abaixo dos limites de quantificação do método. Assim, torna-se coerente separá-los em dois grupos não excludentes: um primeiro grupo de metais cujas médias vistas acima do limite se mostram pontuais e um segundo, onde foram verificadas variações de concentração sazonal.

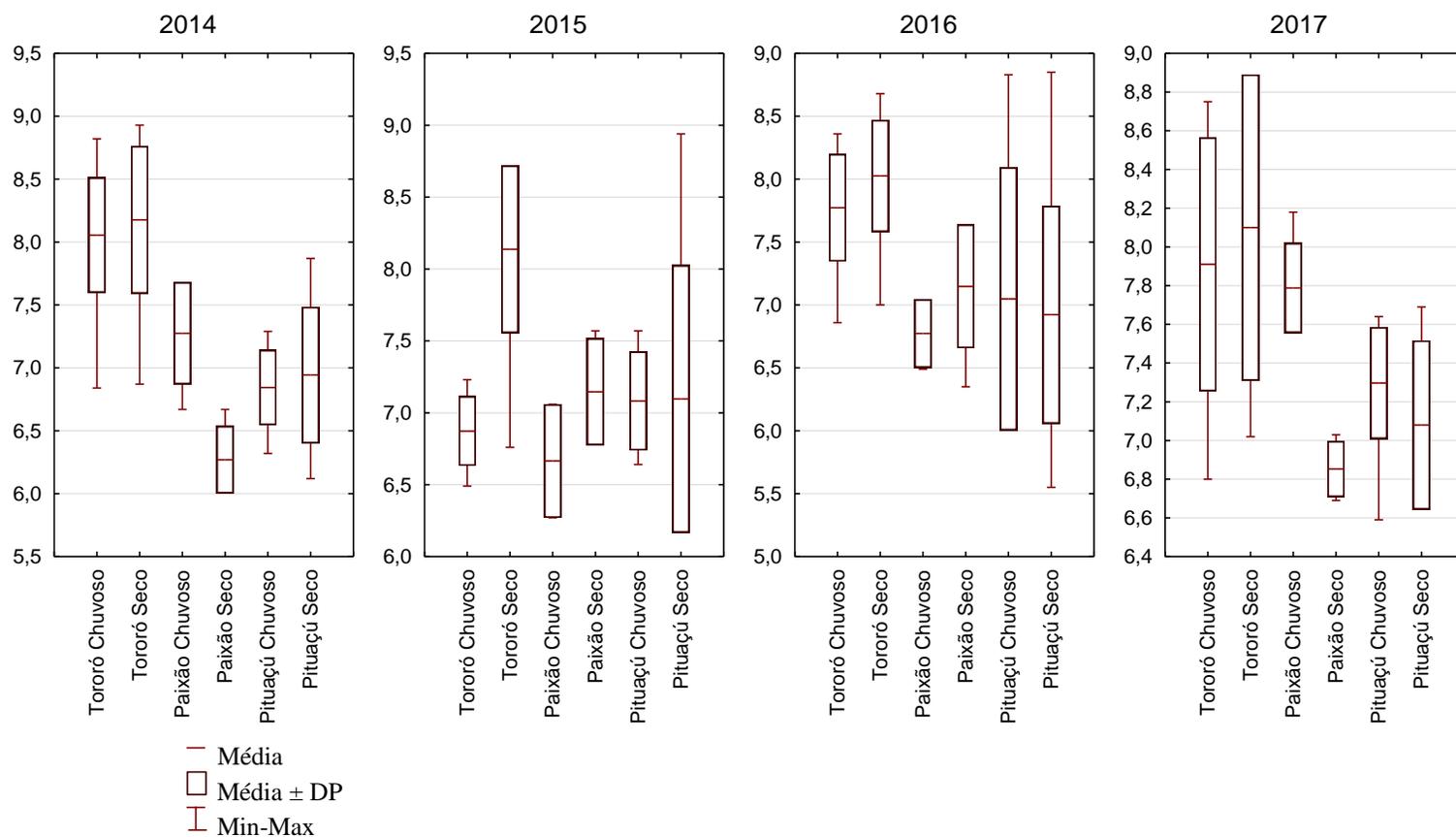
No primeiro grupo, onde foram observados picos isolados acima dos valores permitidos pela portaria CONAMA 357/2005, destaca-se o Fe (lim. máx. 0,3 mg.L⁻¹ ou 300 ug.L⁻¹) no Dique do Tororó (estiagem/2015); na Lagoa da Paixão (estiagem/2014) e na Lagoa de Pituacú (período de estiagem nos anos de 2014, 2016 e 2017); o Pb (lim. máx. 0,01 mg.L⁻¹ ou 10 ug.L⁻¹) em 2014 em ambos os períodos sazonais na Lagoa da Paixão e Pituacú; e o Al (lim. máx. 0,1 mg.L⁻¹ ou 100 ug.L⁻¹) na Lagoa de Pituacú (chuvoso/2015). O Mn se encontrou acima dos limites preconizados pelo CONAMA 357 (lim. máx. 0,1 mg.L⁻¹ ou 100 ug.L⁻¹) em todas as amostragens na Lagoa de Pituacú, e na Lagoa da Paixão apenas esteve abaixo dos limites no período de estiagem do ano de 2016 e em ambos os períodos do ano de 2017.

Tabela 2. Valores médios dos Metais encontrados na água nos Dique do Tororó, Lagoa da Paixão e Lagoa de Pituauçu nos períodos de estiagem e chuvoso entre os anos de 2014 a 2017. Valores destacados em negrito foram encontrados acima dos limites preconizados no CONAMA 357/2005.

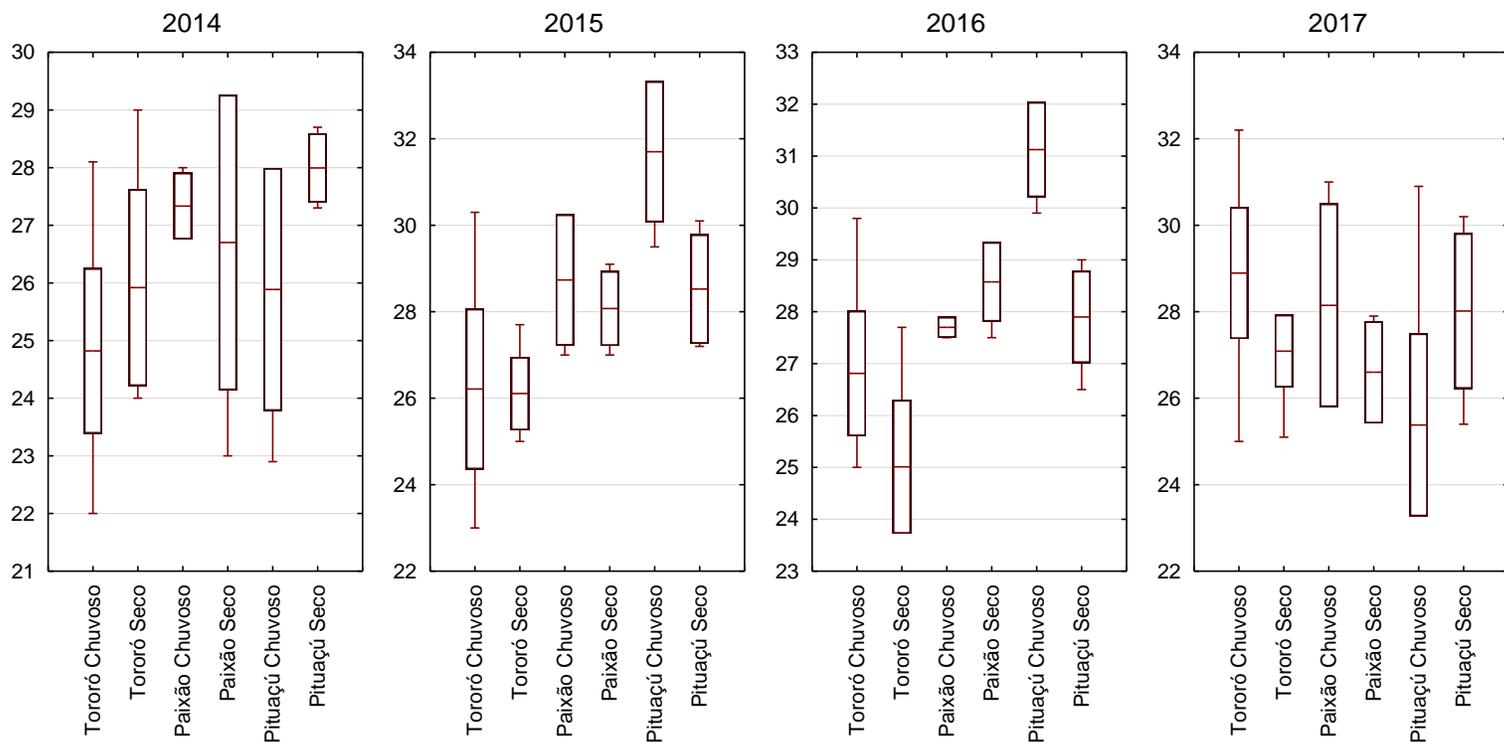
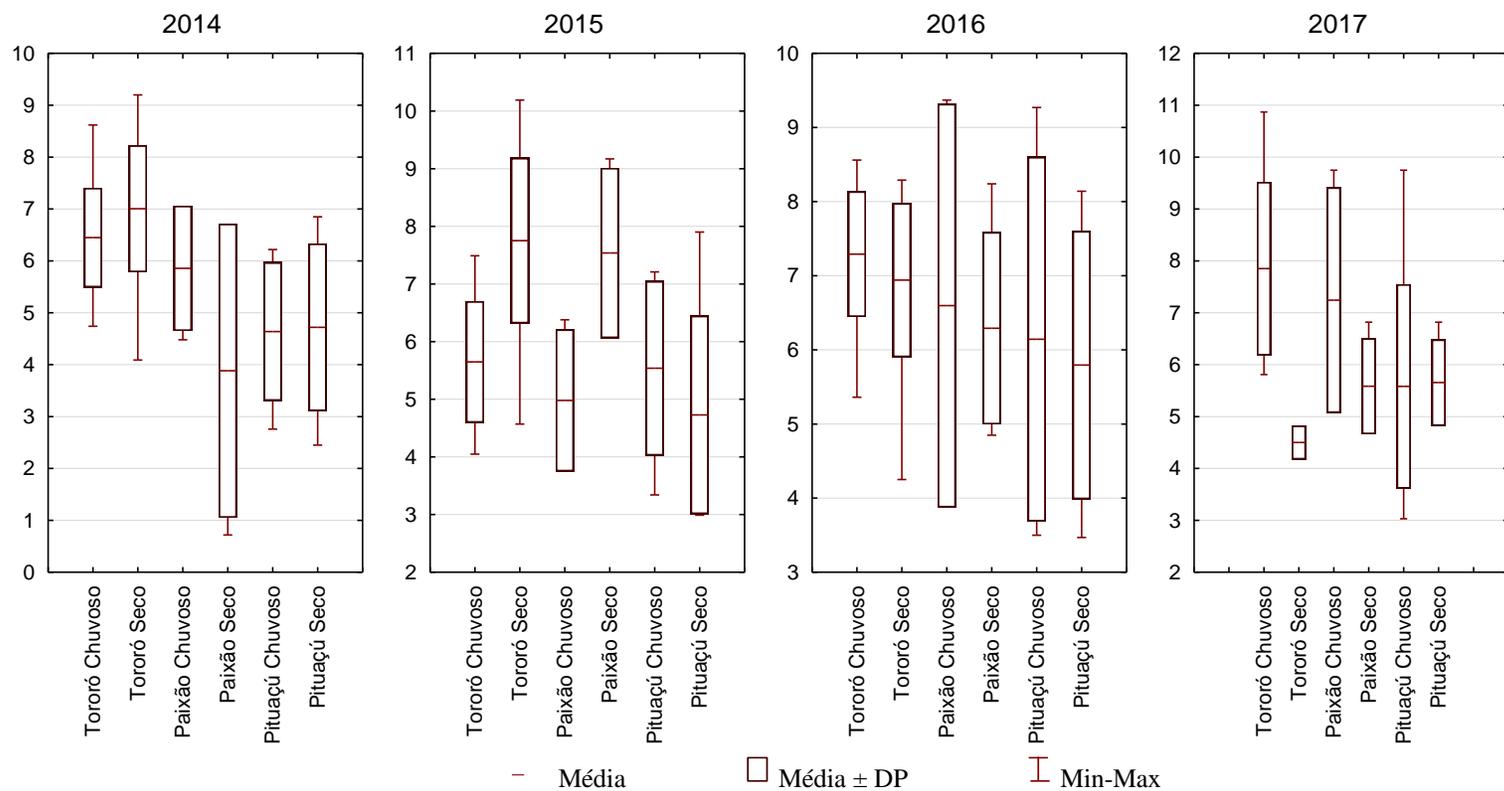
Dique do Tororó								
Metais	2014		2015		2016		2017	
	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem
Ca (mgCa.L ⁻¹)	33,24	31,33	22,97	31,16	27,34	30,66	29,23	29,72
Fe (ugFe.L ⁻¹)	246,43	109,57	161,21	339,28	237,28	203,86	207,94	159,86
Mg (mgMg.L ⁻¹)	5,76	7,56	8,30	5,24	6,14	5,79	7,31	6,49
K (mg K.L ⁻¹)	6,17	7,84	7,69	4,51	7,21	5,91429	7,78	7,34
Lagoa da Paixão								
Al (ugAl.L ⁻¹)	<LQ	52,18	<LQ	<LQ	19,13	<LQ	<LQ	<LQ
As (ugAs.L ⁻¹)	<LQ	0,85	1,56	<LQ	<LQ	2,59	<LQ	<LQ
Ba (ugBa.L ⁻¹)	97,61	16,12	11,34	11	12,8	<LQ	<LQ	<LQ
B (ugB.L ⁻¹)	0,22	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cd (ugCd.L ⁻¹)	0,61	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pb (ugPb.L ⁻¹)	481	35,60	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Co (ugCo.L ⁻¹)	22	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cr (ugCr.L ⁻¹)	<LQ	<LQ	0,86	1,62	<LQ	0,67	<LQ	<LQ
Fe (ugFe.L ⁻¹)	59,5	36,6	269	68,3	14,2	33,9	48,7	45,6
Mn (ugMn.L ⁻¹)	104	286	124	106	104	54,7	50,2	39,1
Hg (ugHg.L ⁻¹)	0,16	<LQ	0,1	0,11	0,12	<LQ	<LQ	<LQ
V (ugV.L ⁻¹)	0,8	<LQ	<LQ	<LQ	0,23	0,36	0,33	0,23
Zn (ugZn.L ⁻¹)	13,1	<LQ	6,38	<LQ	2,25	<LQ	<LQ	<LQ
Lagoa de Pituauçu								
Al (ugAl/L)	56,24	61,28	123,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
As (ug As/L)	0,78	0,71	0,93	0,85	0,78	<LQ	<LQ	<LQ
Ba (ug Ba/L)	115,44	57,41	54,9	50,57	60,52	61,48	51,2	63,4
B (ug B/L)	0,13	0,28	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cd (ug Cd/L)	0,60	0,19	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pb (ug Pb/L)	97,54	10,61	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Co (ug Co/L)	17,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cr (ug Cr/L)	<LQ	2,728	10,31	2,3	3,70	4,36	<LQ	<LQ
Fe (ug F/L)	206,95	366,36	175,43	200,74	96,46	313,6	176,5	330,1
Mn (ug Mn/L)	191,24	227,7	357,78	319,75	420,78	191,6	560,1	371,8
Hg (ug Hg/L)	0,13	0,15	0,105	<LQ	0,12	0,11	<LQ	<LQ
Ag (ug Ag/L)	<LQ	<LQ	<LQ	0,235	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Se (ug Se/L)	<LQ	<LQ	<LQ	1,45	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
V (ug V/L)	3,87	4,28	12,78	0,72	3,79	<LQ	<LQ	<LQ
Zn (ug Zn/L)	52,54	10,41	47,07	27,58	8,91	7,38	<LQ	<LQ

Figura 3. *Box-plots* ilustrando a variação entre os períodos de estiagem e chuvoso dos valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão entre os anos de 2014 a 2017 para as variáveis físico-químicas: (a) pH; (b) temperatura ($^{\circ}\text{C}$); (c) oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}); (d) Turbidez (NTU) e (e) Condutividade (mS.cm^{-1}).

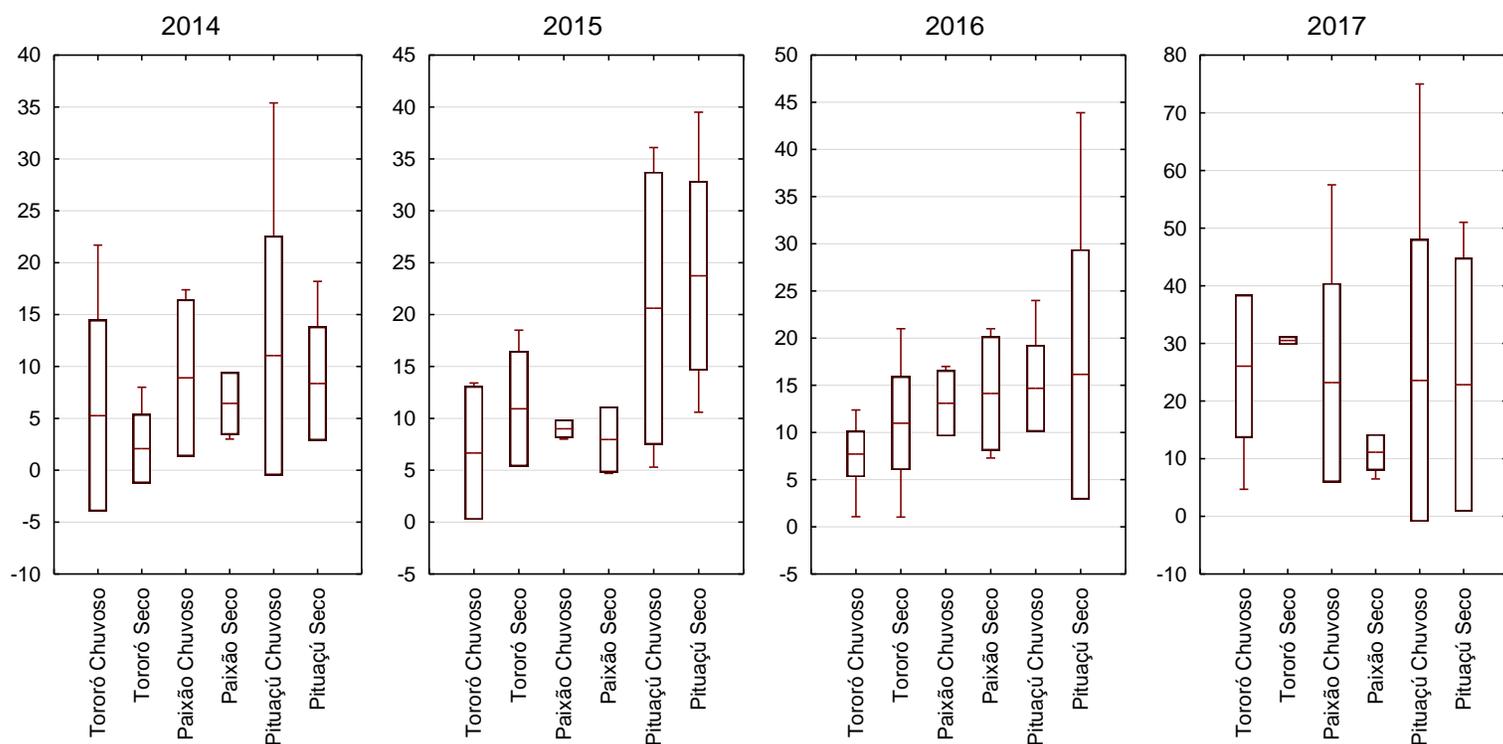
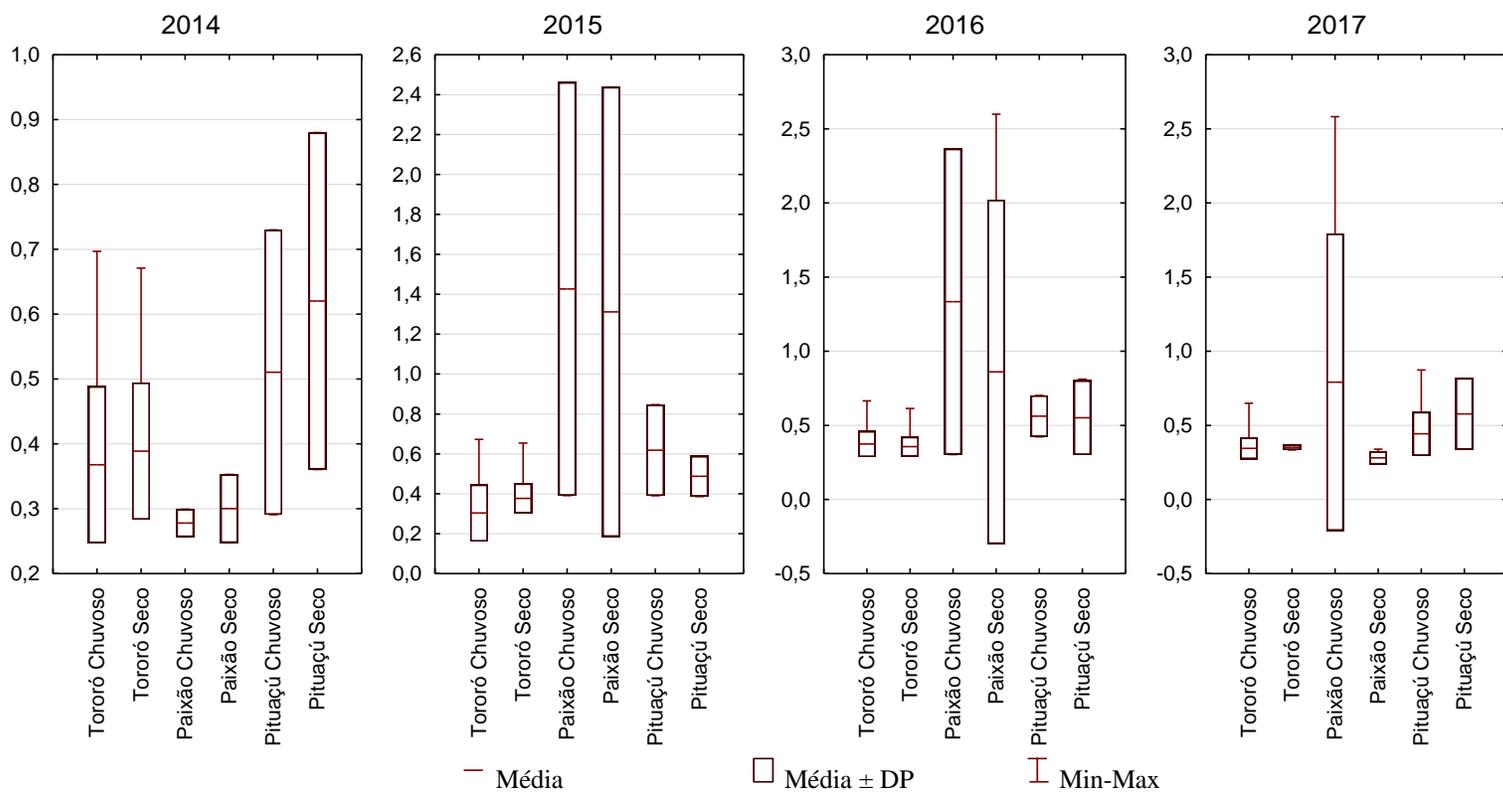
(a) pH



(b) Temperatura (°C)

(c) Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹)

(d) Turbidez (NTU)

(e) Condutividade ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Discussão

A precipitação tem forte influência sobre a dinâmica dos ambientes lacustres, pois impulsiona o aporte de nutrientes e material particulado, responsáveis pela dinâmica das características físicas e químicas da água. A pluviosidade, portanto, provoca alterações sazonais na qualidade da água, carreando material particulado e nutrientes das áreas adjacentes para dentro dos lagos aumentando a disponibilidade destes nutrientes para os organismos produtores primários ou condicionando suas características de acordo com a interação água/material particulado. Estudos demonstram aumento das concentrações em elementos metálicos em águas superficiais de lagos como o Pb, Zn (BONACIN, 2001; LINDSTRÖM, 2000), Cu, Cr, Ni (LINDSTRÖM, 2000), em épocas de chuvas intensas.

No presente estudo o pH variou entre 5,5-8,9 ($7,6 \pm 0,7$), para todos os ambientes analisados. O CONAMA preconiza as condições de pH para águas doces de Classe 2 semelhante as águas doces de Classe 1, definindo como adequado o pH se mantendo entre 6,0 e 9,0, estando apenas fora destes limites a lagoa de Pituaçu no período de estiagem no ano de 2016 (Figura 3a). O pH é um fator limitante à colonização dos ecossistemas aquáticos, pois determina sobrevivência, metabolismo, fisiologia e crescimento destes organismos e está relacionado à presença de íons H^+ e OH^- em equilíbrio com as moléculas de água (LAWSON, 2011).

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de se interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Na maioria das águas superficiais o pH é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (TENNANT, 2016).

Os valores de pH encontrados foram condizentes com estudos elaborados em outros ambientes com condições térmicas semelhantes e localizados em áreas urbanas, variando de neutro a levemente básico, como em Meneses e colaboradores (2007), Sória e colaboradores (2017) e Thebaldi e colaboradores (2017). De acordo com Abowei (2010), o pH ideal para produtividade biológica está entre 7,0 – 8,5 e valores de pH menores que 4,0 são prejudiciais para a vida aquática.

Águas com baixo valor de pH claramente aceleram a corrosão de materiais metálicos, uma vez que fornecem um suprimento abundante de íons de hidrogênio. Embora mesmo a água absolutamente pura contenha alguns íons de hidrogênio livres, o dióxido de carbono livre na água derivado do ambiente urbano e do aporte de compostos orgânicos pode multiplicar a concentração de íons de hidrogênio várias vezes. Quando o dióxido de carbono se dissolve na água, reage com a água para formar ácido carbônico, um ácido fraco, mas uma fonte eficaz de acidez (ROSSUM, 2000). Metais como zinco (Zn) e cádmio (Cd) podem ter efeitos ambientais prejudiciais aumentados como resultado de pH reduzido (LANGSTON, 2017).

A temperatura da água nas lagoas estudadas variou entre 22,0-33,20 ($26,68 \pm 2,11$) °C. Embora a temperatura não tenha um limite especificado pela legislação ambiental (Resolução CONAMA 357), é conhecido que este parâmetro afeta a condutividade elétrica, seu valor aumenta de 2 a 3% para cada 1 °C (LAWSON, 2011). As variações na temperatura da água entre as diferentes coletas realizadas não se mostraram acentuadas, não sendo possível definir um padrão de comportamento, uma vez que a forte influência dos microclimas urbanos em diferentes horários afeta o balanço hídrico e a temperatura nestes ambientes (JEPPESEN et al., 2015). O contexto ambiental da amostragem também influencia nos fatores encontrados para a temperatura, que pode ser afetada por redução ou ausência de mata ciliar e proximidade de vias urbanas (observado no Dique do Tororó), forte influência de radiação solar, pontos canalizados ou eventual lançamento de efluente aquecido (ALVES et al., 2010). A temperatura também pode representar uma medida indireta da concentração de poluentes, para uso doméstico, altas temperaturas podem aumentar a toxicidade de muitas substâncias, tais como metais-traços na água, uma vez que temperatura e pH são dois fatores importantes que governam a metilação de elementos como chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) (LAWSON, 2011).

Os valores encontrados para o oxigênio dissolvido variaram entre o valor mínimo de 0,72 e o máximo de 10,87 ($6,31 \pm 1,65$) mg.L⁻¹, esta ampla variabilidade está relacionada às diferentes características fisiográficas das áreas estudadas. Segundo os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 o limite mensurado de O.D. em águas doces de classe 2 não deve ser inferior a 5 mg.L⁻¹.

O oxigênio molecular dissolvido é o agente oxidante mais importante em águas naturais (Baird, 2001), e sua solubilidade é controlada por vários fatores, como por exemplo a pressão

atmosférica, a temperatura e a salinidade. Deste modo, águas de lagos em regiões tropicais, por exemplo, como resultado das interferências térmicas na solubilidade dos gases, têm menos oxigênio disponível do que os de ambientes aquáticos de clima temperado. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pelo consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos como por exemplo Fe e Mn.

As baixas concentrações encontradas para o O.D., principalmente na Lagoa de Pituacú onde esse efeito foi mais frequente, estão também relacionadas ao efeito da sazonalidade da profundidade no perfil de O.D. Na superfície de lagos tropicais, é comum encontrar condições de hipóxia ou até mesmo anóxia, como resultado da mistura total da massa d'água de diferentes profundidades, com conseqüente redução da concentração de oxigênio nas partes superiores até níveis de 10% de saturação (PRATTE-SANTOS & SIMÕES, 2010). A presença de altas concentrações de OD também não é conveniente em águas em contato com estruturas de ferro e aço, por favorecer a corrosão e aumentar a biodisponibilidade de metais, cenário encontrado na estrutura subaquática das estátuas e pedalinhas localizados nas lagoas de Pituacú e Dique do Tororó. Os valores do OD em desacordo com a legislação (CONAMA 357/05) indicam a perda da qualidade da água e riscos a estrutura e funcionamento do ecossistema; bem como a manutenção de serviços ecossistêmicos, a exemplo da pesca, harmonia paisagística, captação de carbono, imobilização de contaminantes, qualidade da água, etc.

Geoquimicamente, o período chuvoso explica o aumento da turbidez, devido ao maior escoamento superficial e carreamento de matérias para os corpos d'água. Variações de valores de turbidez estão condicionadas aos fatores abióticos (material particulado em suspensão) ou bióticos (algas e microrganismos). Altas concentrações de sólidos em suspensão reduzem a passagem de luz solar, afetam o metabolismo e organismos bentônicos e desequilibram a cadeia trófica. Para o CONAMA, valores recomendados de turbidez em águas doces de classe 2 não devem ultrapassar 100 NTU. Neste estudo, considerando todos os pontos, os valores estiveram entre 0,43-188,0 ($23,54 \pm 31,86$) NTU.

Os parâmetros de condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos tendem a aumentar no período chuvoso, uma vez que as águas de escoamento superficial carregam também grande

volume de íons lixiviados do solo (PEIXOTO et al., 2018). No período mais seco, devido à estiagem e com a redução das precipitações, menor quantidade de sedimento é carregada para os cursos d'água, reduzindo a quantidade de material particulado suspenso na água e, portanto, interferindo no processo de penetração da radiação. Com isso, é possível inferir que maiores índices pluviométricos condicionam coletas com resultados de turbidez mais elevada (BALISTRERI, 1992).

A presença de sólidos em suspensão, e conseqüentemente de turbidez, modifica as condições de iluminação das águas e o alcance da radiação luminosa. No Dique do Tororó, é comum relatos de forte odor e coloração esverdeada ao final do período chuvoso, uma vez que o escoamento de matéria orgânica e alterações no alcance da radiação influencia a fotossíntese e conseqüentemente o crescimento das plantas aquáticas e do plâncton, fenômeno que ocorre especialmente em águas paradas ou com baixa velocidade de escoamento.

No período chuvoso a condutividade elétrica apresentou valores com tendência a serem mais altos em quase todos os pontos (Figura 3e). Esse fato justifica-se, segundo Peixoto e colaboradores (2018) pelo acúmulo de matéria orgânica no período de estiagem e posterior carregamento pelas chuvas, provocando variação na condutividade. Nos lagos analisados, a condutividade, apresentou variações entre 0,19-2,60 ($0,44 \pm 0,35$) mS.cm⁻¹. A condutividade elétrica determina a capacidade de um corpo hídrico de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas, como metais em dissolução. A medida da condutividade elétrica pode ser relacionada com a turbidez, parâmetro muito sensível ao lançamento de efluentes e escoamento de material particulado, o que facilita avaliar a qualidade da água neste ambiente, nos pontos localizados dentro do perímetro urbano, foram encontrados os maiores valores de condutividade, sugerindo interferência antrópica neste parâmetro.

A degradação da qualidade da água é evidenciada na concentração de metais que apresentam valores médios acima dos limites máximos estipulados, a exemplo do Fe (todas as lagoas), Pb e Mn (Lagoa da Paixão e Pituaçu) e Al (Lagoa de Pituaçu).

Os pontos onde a contaminação por metais dissolvidos é determinado principalmente pela elevação das concentrações de Al e Fe, inspiram menor preocupação ambiental, pois apesar de também condicionarem alterações na qualidade da água, são menos tóxicos, não representando a

maior preocupação em relação à toxicidade, mas revelando condições locais que definem uma qualidade diferenciada para essas águas superficiais (RIBEIRO et al., 2012).

O Fe é um metal importante para os processos celulares de plantas e animais, e encontrado em água doce superficial e subterrânea de forma natural, fazendo parte dos processos bioquímicos e geoquímicos em aquíferos e bacias hidrográficas (LAWSON, 2011). Teores de ferro podem, de acordo com Esteves (1998), retirar as espécies de fosfato da água por meio do processo de coprecipitação, imobilizando este nutriente limitante no sedimento. Portanto, o ferro apesar de pouco tóxico para vertebrados e invertebrados, passíveis de bioacumulação em macrófitas aquáticas, podem impactar na distribuição do fosfato na coluna da água e na abundância e distribuição da biota, por sua vez na estrutura e funcionamento dos ecossistemas lânticos.

Apesar de a concentração de alumínio na água ser controlada por aspectos organolépticos a preocupação de sua incidência em corpos aquáticos, principalmente nos que podem prover bioacumulação devido às atividades de pesca como na Lagoa de Pituaçú, é seu provável papel na incidência do mal de Alzheimer, e em altas dosagens ou a longo prazo, constipação intestinal, perda de energia, cólicas abdominais, perda de memória, dificuldade de aprendizado e osteoporose (FREITAS et al., 2001; SILVA et al., 2010).

O manganês também faz parte do grupo de metais naturalmente contidos no solo, juntamente com o ferro e o alumínio, sua fonte de contaminação também pode ocorrer por contato do corpo d'água com aço, ligas metálicas, baterias, tintas, vernizes e fertilizantes, outra provável fonte deste poluente em ambientes próximos a centros urbanos é a combustão de tricarbonil metilciclopentadienil manganês (MMT), particularmente em áreas de alta densidade de tráfego (LAWSON, 2011). É um elemento de baixa toxicidade e considerável importância biológica, também sendo facilmente identificado em mananciais contaminados através de manifestações de manchas negras (MENDES, 2007).

O manganês ocorre com frequência em águas superficiais com baixas concentrações de oxigênio, em frequente associação com o Fe e se acumula em certas espécies de peixe, podendo se tornar uma preocupação para saúde pública, visto que a exposição humana crônica a níveis elevados de Mn pode causar problemas graves, causando distúrbios mentais e emocionais, comprometendo a locomoção e/ou gerando lesões permanentes no cérebro e no trato intestinal (VIANA et al., 2014).

Anomalias em valores de metais encontrados em ambientes lacustres podem ocorrer devido à incorporação de metais estranhos ao corpo d'água, proveniente de atividade antrópica, ou pela contribuição de elementos participantes dos ciclos hidrogeocímicos, a partir da constituição dos minerais que compõem o material particulado e sedimento de fundo.

A variação de parâmetros físico químico interferem no resultado da leitura da concentração destes metais, por exemplo, variações pequenas de pH podem ocasionar precipitação de coloides provocando processos de arraste por oclusão ou adsorção de diferentes íons (YABE & OLIVEIRA, 1998). Observa-se, portanto, que a variação de alguns metais pode estar relacionada a mudanças de pH, que aumenta a solubilidade dos íons metálicos.

Contribuições metálicas também podem estar relacionadas a estruturas de elementos urbanos de lazer, como estátuas e pedalinhos, estruturas de píer e componentes de tinta. Podem também estar relacionadas ao acúmulo de partículas ao longo do tempo decorrente da proximidade de autoestrada (verificada no Dique do Tororó e na Lagoa da Paixão). Com o período de chuvas é consequente a introdução de partículas estranhas no sistema aquático, mas, considerando que a maioria dos níveis obtidos se mostraram abaixo do limite de quantificação, ainda que acompanhando as variações de sazonalidade, em função das observações pressupõe-se como urgente e necessário interferência determinar e reduzir as fontes de contaminações de Mn e Fe.

Conclusão

Neste estudo, as propriedades que determinam a qualidade da água em termos de parâmetros físico-químicos e concentração de metais nas lagoas de Pituaçu, Dique do Tororó e Lagoa da Paixão foram monitorados sazonalmente entre os anos de 2014 a 2017. Valores obtidos para pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade estão coerentes com os recomendados pela Resolução CONAMA 357 para águas doces de Classe 2. No entanto, sugere-se especial atenção para variação pontual nos valores de pH e correção da depleção do oxigênio dissolvido, principalmente no Dique do Tororó, onde frequentemente são relatadas consequências visuais e odoríferas da eutrofização ao final do período chuvoso.

Contudo, dados obtidos sobre a concentração de metais nestes locais, principalmente para Ferro, Chumbo, Manganês e Alumínio que se mostraram, em determinados períodos sazonais ou de forma constante (Mn) em níveis perigosamente acima dos limites estipulados, representam um risco para o equilíbrio do ecossistema e, consequentemente para a integridade do seu atual uso.

Ressalta-se, portanto, a necessidade de atenção, com destaque aos valores que foram obtidos para os metais dissolvidos devido à maior possibilidade de efeitos nocivos, destacando-se a necessidade de intervenção e proteção nestas áreas, acompanhado de contínuo monitoramento, visando melhorar a qualidade da água e responder aos usos preponderantes pela população local.

Em conclusão, este estudo constitui uma base de dados para futuros estudos ecológicos, conservação e gestão dos recursos desta área, com o objetivo a longo prazo de que estas informações permitam propor um plano com ações estratégicas e articuladas com o governo para preservação e manutenção dos bens públicos, com vista à valorização e a ressocialização destes ambientes.

Agradecimentos

This study was work was conducted and financed during a scholarship supported by the CNPq (National Council of Scientific and Technological Development) at the Federal University of Bahia within the Brazilian Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications.

Referências

ABOWEI, J. F. N. Salinity, dissolved oxygen, pH and surface water temperature conditions in Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. **Adv. J. Food Sci. Technol**, 2010, 2(1), 36-40.

ALVES, R. I. S., TONANI, K.A.A., NIKAIDO, M., CARDOSO, O. O., TREVILLATO, T. M. B. and SEGURA-MUNOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 2010, 5(3), 122-132.

ANDRADE, C. N. Biogeoquímica do ambiente estuarino do rio Passa Vaca em área urbana de Salvador, BA 2011. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: NBR9898**. Rio de Janeiro: ABNT. 22 p., 1987.

ATKINSON, C. A., JOLLEY, D. F. and SIMPSON, S. L. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen, salinity and sediment disturbances on metal release and sequestration from metal contaminated marine sediments. **Chemosphere**, 2007, 69(9), 1428-1437.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre. Reverté, 2001.

BALISTRIERI, L. S.; MURRAY, J. W.; PAUL, B. The biogeochemical cycling of trace metals in the water column of Lake Sammamish, Washington: Response to seasonally anoxic conditions. **Limnology and Oceanography**, v. 37, n. 3, p. 529-548, 1992.

BONACIN, A. L. S. Caracterização ambiental e estudo do comportamento do chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas - região dos lagos de Santa Gertrudes, SP. 2001. **Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia)** - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 2001.

BRASIL. DOU de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 8 de janeiro de 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). **Resolução n.º 274**. 2000.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as Condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 17 março de 2005. 2005.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 26 de março de 2004. 2011.

BUCCI, M. M. H. S., DELGADO, F. E. D. F., SANTOS, C. D. S. and OLIVEIRA, L. F. C. D. Analysis of metallic, pesticide, physico-chemical and microbiological parameters of waters near the Dr. John Penido Dam, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, 2015, 10 (4), 804-824.

CARMO, J. C. C. Ferro nas águas subterrâneas do estado da Bahia: Fatores influentes na concentração e critérios alternativos de prospecção. 2015. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia.

CHANDOLIAS, K., WAINAINA, S., NIKLASSON, C. and TAHERZADEH, M. J. Effects of Heavy Metals and pH on the Conversion of Biomass to Hydrogen via Syngas Fermentation. **BioResources**, 2018,13(2), 4455-4469.

CHITMANAT, C. and SIRIPEN, T. Spatial and temporal variations of physical-chemical water quality and some heavy metals in water, sediments and fish of the Mae Kuang River, Northern Thailand. **International Journal of Agriculture and Biology**, 2010, 12(6), 816-820.

ESCOBAR, N. F. C. **Estudo hidrogequímico nos estuários dos Rios Jaguaribe e Passa-Vaca**, Salvador, BA. 2011. Universidade Federal da Bahia.

ESTEVEES, F. de A. Fundamentos de Limnologia. 2ª edição. **Rio de Janeiro: Interciência**, 1998.

FEDERATION, Water Environmental et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA, 2005.**

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

HILLBRICHT-ILKOWSKA, A. and PIECZYNSKA, E. **Nutrient dynamics and retention in land/water ecotones of lowland, temperate lakes and rivers.** Vol 82. Springer Science & Business Media, 2012.

JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NOGES, T. and BUCAK, T. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, 2015, 750(1), 201-227.

LANGSTON, W. J. Toxic effects of metals and the incidence of metal pollution in marine ecosystems. In: FURNESS R. W. **Heavy metals in the marine environment.** CRC Press, 2017, 101-120.

LAWSON, E. O. Physico-chemical parameters and heavy metal contents of water from the Mangrove Swamps of Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria. **Advances in Biological Research**, 2011, 5(1), 8-21.

LINDSTRÖM, M. Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 126, n. 3-4, p. 363-383, 2001.

MENDES, F. M. Estudo do uso da Moringa oleifera para remoção de prata e manganês em águas. **Horizonte Científico**, 2007, 1(1), 1-18.

MENESES, M. E. N.; COSTA, M. L.; COSTA, J. A. V. Os lagos do lavrado de Boa Vista-Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 3, p. 478-489, 2016.

NASCIMENTO, S. A. M. and BARBOSA, J. S. F. Aspectos Hidrogeológicos do Alto Cristalino de Salvador, Bahia. **PLURAIS-Revista Multidisciplinar**, 2010,1(1), 2010.

PEIXOTO, J. D. S. G., DA CUNHA, L. S., REGO, E. L., and ARAÚJO, D. F. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre–Goiás. **Geochimica Brasiliensis**, 2018, 31(1), 1-10.

PRATTE-SANTOS, R. and SIMÕES, L. N. Estudo das variáveis físico-químicas em níveis de estratificação espacial em um ambiente lântico na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Natureza on line, Santa Tereza**, 2010, 8(2), 74-77.

RIBEIRO, E. V., JUNIOR, A. P. M., HORN, A. H., and TRINDADE, W. M. Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora-MG: Índice de contaminação. **Revista Geonomos**, 2012, 20(1), 49-63.

SANTOS, A. D., ARAGÃO, M. D. S., CORREIA, M. D. F., SANTOS, S. D., SILVA, F. D. and ARAÚJO, H. D. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2016, 31(4).

SANTOS, G. B. Análise multivariada de parâmetros químicos para avaliação ambiental da Lagoa Encantada, Ilhéus, Bahia. 2012. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal da Bahia.

SILVA, E., SOUZA, N. A., VIANA, Z. C. V., MARINHO, P. S., & SANTOS, V. L. C. S. Concentração de metais em sedimentos da lagoa do Parque Metropolitano de Pituáçu, Bahia/Brasil. **Holos**, v. 4, p. 159-170, 2017.

SILVA, F. B. B., SILVA, H. K. P., SCHULER, A. R. P., and ALBUQUERQUE, G. B. Estudo preliminar das concentrações de metais traço, em águas subterrâneas na região metropolitana do Recife-Pernambuco de acordo com a Portaria MS nº 518/gm de 25 de março de 2004. **Águas Subterrâneas**, 2010.

SÓRIA, A. P.; TORRES, C. E.; KAPUSTA, Simone Caterina. Avaliação de algumas variáveis da água do Lago da Praça dos Açorianos, Porto Alegre, RS—estação da primavera. **ScientiaTec**, v. 4, n. 2, p. 198-207, 2017.

SOUZA, E. S. Caracterização hidrogeoquímica das lagoas costeiras do parque das dunas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia. 2015.

TENNANT, C. J. Analysis of Inorganic Carbon and pH in the Western Arm of Lake Superior. **Tese de Doutorado**. University of Minnesota. 2016.

THEBALDI, M. S. et al. Concentração de nutrientes na água de duas lagoas urbanas do município de Formiga. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 2, p. 172-184, 2017.

VIANA, G. F. S., CARVALHO, C. F., NUNES, L. S., RODRIGUES, J. L. G., RIBEIRO, N. S., ALMEIDA, D. A., FERREIRA, J. R. D., ABREU, N. and MENEZES-FILHO, J. A. . Noninvasive biomarkers of manganese exposure and neuropsychological effects in environmentally exposed adults in Brazil. **Toxicology Letters**, 2014, 231, 169-178.

YABE, M. J. S. and OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Química Nova**, 1998, 21(5), 551-556.

CAPÍTULO 4

ARTIGO 3 – INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE GEOQUÍMICA DA ÁGUA DAS FONTES PÚBLICAS DE SALVADOR

INVESTIGATION OF GEOCHEMICAL QUALITY OF WATER FROM PUBLIC FOUNTAINS OF SALVADOR

REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34i1.29877>, PP. 1-6

Ana Carina Matos Silva; Manoel Jerônimo Moreira Cruz; Isabel Honoratade SouzaAzevedo; Alexandre Dacorso Daltro Milazzo.

Resumo

Este estudo objetiva caracterizar, em termos de parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e concentração de metais, a qualidade da água das fontes públicas da cidade de Salvador (Bahia, Brasil), a fim de identificar sua potencialidade para os usos atuais, contribuindo para o diagnóstico ambiental da qualidade das águas de acesso público da população. Para tanto, realizou-se campanhas nos meses de julho e novembro dos anos de 2017 e 2018 em quatro fontes (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas/Pedreiras e Via Expressa), as quais foram georreferenciadas e analisados parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos, salinidade, sulfato, nitrato, cloreto e alcalinidade), bacteriológicos (coliformes termotolerantes) e metais (Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn). Os chafarizes apresentaram valores em desacordo com as portarias Conama 396/2008, 357/2005, e 274/2000 principalmente quanto os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, Nitrato e Coliformes Termotolerantes, apontando, portanto, inadequação para os usos a que se destinam. Estas informações devem servir de amparo para tomadas de decisão e medidas mitigadoras que minimizem a degradação ambiental das fontes urbanas da cidade de Salvador (BA), a partir da adoção de medidas de recuperação, revitalização e monitoramento que possibilitem eficaz gestão destes recursos hídricos.

Palavras-chaves: Hidroquímica. Fontes de água. Qualidade de água.

Abstract

This study aims to characterize in terms of physical-chemical and bacteriological parameters, and metal concentration, the water quality of the public water sources of the city of Salvador (Bahia, Brazil), in order to identify its potentiality for current uses, contributing to the environmental diagnosis of the quality of the water of public access by the population. For that, campaigns were performed in July and November of 2017 and 2018 in four water sources (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas / Pedreiras and Via Expressa), which were georeferenced and analyzed physical-

chemical parameters (pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, turbidity and total dissolved solids, salinity, sulfate, nitrate, chloride and alkalinity), bacteriological (thermotolerant coliforms) and metals (Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn). The fountains presented values in disagreement with the Conama's guidelines 396/2008, 357/2005, and 274/2000, mainly regarding the parameters pH, Dissolved Oxygen, Nitrate and Thermotolerant Coliforms, pointing, therefore, inadequacy for the uses for which they are intended. This information must serve as a support for decision-making and mitigation measures that minimize environmental degradation of the urban sources in the city of Salvador (BA), through the adoption of recovery, revitalization and monitoring measures that will enable effective management of these water resources.

Keywords: Hydrochemistry. Water sources. Water quality.

Introdução

Devido ao crescente déficit hídrico registrado em muitas regiões (MEKONNEN, 2016), no Brasil e em especial na região Nordeste, vem aumentando a tendência de consumo de água proveniente de fontes hídricas alternativas, entre elas, bicas, fontes e chafarizes públicos (TOURINHO, 2008).

As fontes naturais são surgências das águas subterrâneas armazenadas em reservatórios no subsolo. De um modo geral, a qualidade da água dos sistemas aquíferos que alimentam as fontes é adequada para diversos usos, podendo apresentar localmente algumas restrições (ZOBY, 2008), desta forma, águas que são utilizadas, ainda que secundariamente, para abastecimento humano, precisam ser constantemente monitoradas.

A existência de fontes ao longo das encostas e praias de Salvador é condicionada pela constituição geológica da cidade, caracterizada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino parcialmente recoberto pelos sedimentos cretáceos, da Formação Barreiras, que repousa discordantemente sobre rochas cristalinas. Os aquíferos em grande parte são rasos e de elevada vulnerabilidade, e são, em sua grande maioria, provenientes das águas que drenam as terras do município permitindo que as fontes surjam então, da água contida na porosidade das rochas (ALVES et al., 2016).

Fontes urbanas de acesso público, em geral, são considerados recursos escassos e de grande vulnerabilidade, de fragilizada relação com a sociedade, parte disso é resultado da negligência quanto à gestão destes ambientes. Em Salvador, pode-se afirmar que as fontes que resistiram ao tempo e ao descaso e continuam sendo usadas como sistema de abastecimento secundário no

cotidiano da cidade, porém não se tem conhecimento oficial e regular das condições físico-químicas e bacteriológicas de suas águas subterrâneas (TOURINHO & BERETTA, 2010).

O aumento do processo de urbanização somado ao significativo crescimento populacional torna indispensável o conhecimento sobre o comportamento da qualidade da água, não só para planejamento de uso e manejo, mas principalmente para controle dos impactos ambientais, permitindo adequação aos múltiplos usos deste recurso, em especial aqueles de maior demanda com relação à qualidade, a fim de diminuir os riscos à saúde dos consumidores.

O monitoramento das águas subterrâneas é fundamental para subsidiar ações de controle de poluição ambiental e gestão (DIAS et al., 2008). Segundo a resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, os parâmetros mínimos necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea incluem pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes.

O aporte de metais traços em corpos aquáticos pode ocorrer naturalmente por meio de processos geoquímicos e intemperismo do material de origem ou como resultado de atividades antrópicas (MELO et al., 2012). Alterações nas condições biológicas, físicas e químicas, como pH e potencial redox, também promovem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo ou nas rochas, como alumínio, ferro e manganês. Sendo assim, o contexto geológico pode atuar como fonte ou sumidouro, dependendo de sua natureza e do ambiente em que se encontram (LIMA, 2001).

As fontes orgânicas de contaminação em águas subterrâneas estão em geral relacionadas a descarte de efluentes industriais e domésticos, a carga difusa urbana e agrícola e ao chorume oriundo de aterros de lixo que podem contaminar os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos. Além disso, também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas potencialmente tóxicas ao homem e ao meio ambiente (FREITAS et al., 2001).

A concentração e distribuição dos poluentes das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, entre os quais deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão (GOMES, 2009), fatores esses que não só modificam as características qualitativas e quantitativas dos

mananciais subterrâneos mas que também representam um risco a saúde pública (SILVA et al., 2018).

Essa pesquisa caracterizou a qualidade físico-química da água de quatro fontes localizadas no município de Salvador (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas/Pedreiras e Via Expressa), avaliando parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais dissolvidos, salinidade, sulfato, nitrato, cloreto e alcalinidade), bacteriológicos (coliformes termotolerantes) e metais (Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn), efetuando-se a comparação com as resoluções CONAMA 396/2008, 357/2005, e 274/2000 que regulamentam as diretrizes ambientais que atestam a qualidade da água.

Metodologia

Foram selecionadas amostras de água em quatro fontes de acesso público na cidade de Salvador-BA, tendo como critério de escolha a presença de fluxo moderado contínuo, uso múltiplo pela comunidade (consumo, higiene, ingestão) e não utilizadas para fins religiosos. O Quadro 1 mostra a identificação de cada ponto de amostragem, seguida de sua localização e georreferenciamento.

Quadro 1. Identificação e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem.

Identificação	Nome	Latitude (s)	Longitude (W)
1	Fonte das pedrinhas ou pedreira.	12°57'38.78"	38°29'16.39"
2	Fonte da estica.	12°56'44.96"	38°29'32.50"
3	Via expressa	13°0'38.74"	38°30'14.00"
4	Fonte nova	12°58'38.01"	38°30'3.63"

As amostras foram coletadas em 4 campanhas de amostragem, nos meses de julho (período chuvoso) e novembro (período de estiagem) dos anos de 2016 e 2017, e efetuadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2011).

A lavagem dos materiais e recipientes designados à coleta e aos procedimentos analíticos ocorreu em solução de ácido nítrico – HNO₃ (10%), com subsequente lavagem em água ultra-pura (Milli-Q). Para as coletas de água foram utilizados frascos de 1.000 mL, reutilizáveis, limpos e devidamente identificados, sendo coletados cerca de 750 mL por amostra.

Para cada fonte, os frascos foram ambientados antes da coleta, para garantir a adequação das propriedades da água, na Fonte 4 (Fonte Nova) a água foi coletada a cerca de 15 cm de

profundidade. Para a análise de metais foram utilizadas garrafas previamente aciduladas com HNO₃ concentrado, e após o procedimento de coleta, as garrafas plásticas foram acondicionadas, em caixas de isopor contendo gelo (-4°C) e transportadas imediatamente ao laboratório não ultrapassando o prazo mínimo de 24h estipulado para segurança das análises.

As medidas físico-químicas foram realizadas ainda no local utilizando sonda multiparâmetro (Horiba 104 U-54 Multiparameter Water Quality Checker). A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece limite legal para ambos os parâmetros medidos, e a realização das análises em campo com o auxílio de uma sonda portátil possibilita maior consistência dos dados, levando em consideração o clima local no momento exato da coleta (BRANDÃO, 2011).

Para o tratamento prévio das amostras para análise de metais, as amostras foram digeridas e tratadas com 5 mL de HNO₃ concentrado a 20% e posteriormente diluído a 2% sendo a leitura posterior realizada em espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Agilent Technologies, modelo 720 series) de acordo com a metodologia 3120B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Os procedimentos analíticos de foram executados pelo laboratório do Plasma e pelo Núcleo de Estudos Ambientais (IGEO/UFBA) e as análises microbiológicas pelo Laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental (Escola Politécnica/UFBA), conforme as normas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) (Quadro 2). Foram analisadas 16 amostras totalizando 160 determinações.

Quadro 2. Técnicas, métodos de referência, limites de quantificação e comprimento de onda para determinação das concentrações de metais em água por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Análise	Técnica	Método de Referência	Limite de Quantificação	Comprimento de onda (nm)
Colif. Termot.	Membrana Filtrante	SM-9222D	1 UFC/100mL	N.A.
Cadmio (Cd)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Cd 228.802
Chumbo (Pb)	ICP-OES	SM-3120B	0,010 µg/L	Pb 220.353
Níquel (Ni)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Ni 221.648
Cobalto (Co)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Co 228.615
Cromo (Cr)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Cr 267.716
Cobre (Cu)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Cu 324.754
Zinco (Zn)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Zn 213.857
Ferro (Fe)	ICP-OES	SM-3120B	0,10 µg/L	Fe 259.940
Manganês (Mn)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Mn 257.610

Durante as campanhas foram determinadas as coordenadas geográficas com GPS e observados as condições de conservação e os usos atuais. Foram também realizadas entrevistas informais com a população local com o objetivo de diagnosticar atividades como usos da água, tempo e frequência de utilização da fonte, comportamento da vazão durante o ano e se foi notado período de escassez ou histórico recente de doenças de veiculação hídrica.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises laboratoriais nas amostras de água das quatro fontes públicas encontram-se na Tabela 1. Na Tabela 2 são mostrados resultados de trabalhos anteriores de Silva et al. (2013), Tourinho & Costa (2012), Tourinho & Beretta (2010) e Alves et al. (2016) para a Fonte das Pedrinhas/Pedreira, Fonte da Estica e Fonte Nova. Não foram encontradas pesquisas anteriores que trabalharam com os padrões geoquímicos da água da fonte da Via Expressa. Em ambas as tabelas, os valores encontrados foram comparados com os parâmetros estipulados pelas Resoluções CONAMA 396/2008, 357/2005, e 274/2000, em função dos usos verificados (consumo secundário, banho e lavagem de carros), e destacados quando em desconformidade.

Os resultados para a análise de metais mostraram que, com exceção para o manganês em três das quatro fontes, todos os outros metais apresentaram valores abaixo do limite de detecção. As concentrações encontradas de Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn e Fe estão abaixo do limite de detecção, portanto dentro do valor máximo permitido pelas normas de regulamentação (BRASIL, 2008, 2005, 2000).

Na Fonte das Pedrinhas (Fonte 1) o manganês apenas esteve abaixo do limite de detecção (0,01 µg/L) na amostra de água coletada em julho de 2018 (período chuvoso), no período de estiagem do mesmo ano (novembro), sua concentração foi de 0,11 mg/L repetindo o comportamento do mesmo período do ano anterior (0,19 mg/L), i.e. acima do limite recomendado pela resolução CONAMA 357/2005 (0,10 mg/L). No período chuvoso do ano de 2017, o valor encontrado foi de 0,03 mg/L, estando em concordância com os valores estabelecidos pela legislação brasileira.

Na Fonte da Estica (Fonte 2), a concentração de manganês estava abaixo do limite de detecção nos anos de 2017 e 2018 durante o período de estiagem (julho). Já no período chuvoso foram encontrados valores de 0,015 mg/L e 0,02 mg/L, ambos em conformidade com os valores estabelecidos pelo Conama.

O manganês esteve abaixo do limite de detecção em todos os períodos de coleta na Fonte da Via Expressa (Fonte 3). Na Fonte Nova (Fonte 4) foram encontrados valores dentro do permitido pela legislação em ambos os anos, sendo eles 0,014 mg/L (julho/2017), 0,01 mg/L (novembro/2017), 0,02 (julho/2018) e 0,015 (novembro/2018). Silva e colaboradores (2013) já haviam reportado valores de manganês nas fontes Nova e da Estica, excedendo também aos padrões de potabilidade para consumo humano.

Tabela 1. Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água das fontes com indicação de valor máximo permitido pelas Resoluções CONAMA 396/2008, 357/2005, e 274/2000. nas diferentes campanhas nos meses de julho (período de estiagem) e novembro (período chuvoso) dos anos de 2016 e 2017. Os dados em negrito apresentam valores em desconformidade com o permitido.

Parâmetros	Fontes	Fonte 1		Fonte 2		Fonte 3		Fonte 4		Conama 396/08	Conama 274/00	Conama 357/05
	Período	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018			
pH	Chuvoso	5.51	5.82	5.83	5.67	6.07	5.35	7.17	3.69	-	6 - 9	6 - 9
	Estiagem	5,66	5,665	5,75	5,75	5,71	5,71	5,43	5,43	-	-	-
Condutividade (mS/cm)	Chuvoso	0.58	0.65	0.57	0.65	0.64	0.65	0.59	0.61	-	-	-
	Estiagem	0.62	0.62	0.61	0.61	0.64	0.64	0.61	0.62	-	-	-
Temperatura (°C)	Chuvoso	27.17	28.25	27.83	28.43	27.35	27.57	26.52	27.33	-	-	-
	Estiagem	27.71	28.81	28.13	28.65	27.46	27.82	26.92	27.88	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Chuvoso	7.39	6.82	5,00	7.27	7.21	3,79	4,98	5,07	-	-	>6
	Estiagem	7.10	7,105	6,135	6,135	5,5	5,5	5,025	5,025	-	-	-
STD (g/L)	Chuvoso	0.37	0.416	0.363	0.415	0.412	0.414	0.373	0.393	1.000*	-	-
	Estiagem	0.39	0.3955	0.389	0.389	0.413	0.413	0.383	0.383	-	-	-
Turbidez (NTU)	Chuvoso	0.49	0	1.96	0	0.75	0	8.19	7.88	-	-	<100
	Estiagem	0.24	0.245	0.98	0.98	0.375	0.375	8,035	8,035	-	-	-
Salinidade (ppt)	Chuvoso	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-	-
	Estiagem	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-	-
ORP/Eh (mv)	Chuvoso	244	338	262	333	251	334	105	296	-	-	-
	Estiagem	291	291	297.5	297.5	292.5	292.5	200.5	200.5	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (%)	Chuvoso	94.4	88.4	64.4	94.6	92.3	48.7	62.9	64.8	-	-	-
	Estiagem	91.4	91.4	79.5	79.5	70.5	70.5	63.85	63.85	-	-	-
Sulfato (mg/L)	Chuvoso	32.3	49.8	31.6	45	31.8	40.8	31.8	59.9	250*	-	250
	Estiagem	41.05	41.05	38.3	38.3	36.3	36.3	45.85	45.85	-	-	-
Nitrato (mg/L)	Chuvoso	2.5	75.6	1.7	96.8	1.8	91	1.8	73.2	<10	-	<10
	Estiagem	65.4	47.83	59.54	52.68	45.7	46.17	10.7	28.56	-	-	-
Cloreto (mg/L)	Chuvoso	82	82.3	83	88.2	92	103	82	62.8	250	-	250
	Estiagem	83.2	82.5	83.4	84.87	62.7	85.9	80.4	75.06	-	-	-
Coliformes termo. (UFC/100mL)	Chuvoso	<LQ	<LQ	8	<LQ	<LQ	<LQ	160	170	Ausência	<2500	<200
	Estiagem	<LQ	<LQ	5	6.5	<LQ	<LQ	69	133	-	-	-
Alcalinidade total (mg/L)	Chuvoso	31,25	62,85	38,63	73,35	25,76	50,25	26,06	44,60	-	-	-
	Estiagem	11,1	19,8	23,5	19,05	13,6	13,45	12,9	20,7	-	-	-

Legenda: * Efeito Organoléptico

A presença de íons dissolvidos de manganês influencia fortemente nos parâmetros relativos à cor, turbidez e transparência (POHLING et al., 2005; COSTA et al. 2011) e em menor grau de influência, na dureza da água (BRASIL, 2014). Em outros trabalhos feitos em diferentes locais do Brasil, também foram reportados valores de manganês acima do permitido pela legislação em fontes, com destaque para sua elevação no período chuvoso (BEZERRA et al.,2017; COSTA et al,2011). A origem do manganês nesses ambientes está relacionada à ocorrência natural nas rochas de minerais cuja dissolução, localmente, gera águas com concentrações de metais acima do padrão de potabilidade, estando, portanto, em uma relação de dependência com a composição orgânica do solo e a capacidade de troca iônica do cátion (ZOBY, 2008; WHO, 1999). Os coliformes termotolerantes estiveram presentes em duas das quatro fontes, sendo elas Fonte da Estica e a Fonte Nova, estas apresentaram valores acima do limite estabelecido pela resolução Conama 396/2008 que determina a ausência de coliformes em NMP/100mL como determinante de qualidade das águas subterrâneas de classe 1 para consumo humano. No entanto, todas as fontes encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelas normativas Conama 274/00 e 357/05, que determinam sua adequação para uso recreativo de contato primário (balneabilidade).

Outros autores (TOURINHO, 2008; TOURINHO & COSTA, 2012; TOURINHO & BERETTA, 2010; ALVES et al., 2016) já haviam identificado a presença de coliformes nessas duas fontes, destacando sua inadequação principalmente para ingestão humana (potabilidade) segundo portaria MS 2.914/11 (BRASIL, 2011). Importante destacar que as amostras da Fonte Nova foram coletadas no espaço de estagnação da água, uma vez que o escoadouro mina por baixo da estrutura construída para manter esta água acumulada. No local é verificada a presença peixes e quelônios, forte odor de urina, resíduos visíveis orgânicos e inorgânicos, além da atividade intensiva de lavagem de carros. Na fonte da Estica, foi observada a presença de esgotamento sanitário a montante, que pode atuar como fonte de contaminação, estando presente nas amostras coletadas.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e coliformes termotolerantes nos trabalhos de Silva et al. (2013), Tourinho & Costa (2012), Tourinho & Beretta (2010) e Alves et al. (2016).

Parametros / Autores	Estica				Pedrinhas/ Pedreira				Fonte nova			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
pH	4,99	5,9	5,9	4,5	-	5,17	5,17	4,41	5,11	7,19	7,19	5,63
Condutividade (mS/cm)	0,2	-	-	-	-	-	-	-	0,38	-	-	-
Temperatura (°C)	0,2	-	-	26	-	-	-	25,5	25,36	-	-	27,4
Oxigênio Dissolvido (mgOD/L)	5,51	6,95	6,95	4,58	-	1,51	1,51	4,36	8,39	7,54	7,54	7,28
STD (g/L)	0,13	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-
Turbidez (NTU)	-	1,18	1,18	0,5	-	1	1	0,5	-	0,85	0,85	<LQ
Salinidade (ppt)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORP/Eh (mv)	282	-	-	-	-	-	-	-	318	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	7,9	19,5	19,5	14,2	-	16	16	16,6	59,52	5,96	5,96	7
Cloreto (mg/L)	-	76,5	76,5	71,9	-	64,1	64,1	65,9	-	55,6	55,6	58,5
E. coli (coliformes termotolerantes) (UFC/100mL)	-	3	3	19	-	<LQ	<LQ	6	-	2	2	9
Alcalinidade total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1- Silva et al. (2013)

2- Tourinho & Costa (2012)

3- Tourinho & Beretta (2010)

4- Alves et al. (2016)

As amostras de todas as fontes apresentaram pH abaixo dos limites recomendados pelas portarias Conama 274/00 e 357/05, para águas doces de classe 1, indicando que as águas doces destes chafarizes estão mais ácidas que o recomendado para seu atual uso. Pesquisas anteriores (tabela 2) também registraram níveis de pH semelhantes ou inferiores aos encontrados nesse estudo, sugerindo portanto, que esta alteração pode ter origem natural (proveniente da dissolução das rochas que compõem o sistema aquífero, absorção de gases atmosféricos, ou influência da cobertura vegetal) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais provenientes do contexto urbano).

A alteração nos valores de pH no período chuvoso representa uma maior diluição dos compostos dissolvidos, condicionado pelo aumento do escoamento da água proveniente das chuvas (POHLING., 2009). A expressão da acidez nesses ambientes, no entanto, não é considerada prejudicial à saúde pública, abrindo exceção para valores extremamente ácidos ou alcalinos (p.ex. 3,69 verificado no período chuvoso de 2018 na Fonte 4, que devido às condições singulares, a origem é controversa), podendo causar irritação na pele ou nos olhos (BEZERRA et al., 2017).

Observando-se os valores encontrados para o O.D. (Tabela 1) verifica-se que na Fonte 3 (Via Expressa) e Fonte 4 (Fonte Nova) não atendem os valores de O.D. da Resolução Conama 357/05 para classe 1 (>6 m/L). O mesmo problema foi visto também na fonte das Pedrinhas/Pedreira (Fonte 1) de forma bastante acentuada em trabalhos anteriores (Tabela 2), não observado nesta pesquisa. Na Fonte 2 (Fonte da Estica), esse

comportamento apenas foi observado no período chuvoso do ano de 2017, Tourinho & Costa (2012) e Tourinho & Beretta (2010) encontraram valores semelhantes aos deste trabalho.

A concentração de oxigênio dissolvido varia com a temperatura, com sua solubilidade, com a pressão atmosférica e com a salinidade (ALVES et al., 2016). A ausência de vegetação no entorno das fontes estudadas pode ter influência nos valores encontrados de O.D., uma vez que maiores temperaturas prevalecem em áreas muito urbanizadas, com maior incidência de radiação solar e presença muito pequena de vegetação no entorno. Além disso, a amostragem realizada em horários de incidência solar forte pode ter provocado a diminuição da solubilidade do oxigênio, influenciando valores baixos encontrados de O.D (TOURINHO & BERETTA, 2010).

Os valores de nitrato, em sua maioria, não estavam em conformidade com os teores preconizados nas resoluções Conama 274/00 e 357/05. Para todas as fontes, no período de estiagem, foram encontrados valores acima dos limites em todos os anos, e no período chuvoso apenas no ano de 2017 os níveis estavam em adequação com as normas (que para consumo humano não deve exceder 10 mg/L). Nas análises realizadas anteriormente por Tourinho & Costa (2012); Tourinho & Beretta (2010) e Alves et al. (2016), também foram verificados teores de nitrato acima do recomendado nas fontes da Estica e Pedrinhas/Pedreiras. Silva et al. (2013) também obteve valores próximos ao encontrado neste trabalho para a Fonte Nova, excedendo em cinco vezes o limite recomendado pelas normas reguladoras.

O teor de nitrato representa o último estado de oxidação da matéria orgânica, portanto sua existência em corpos d'água é indicativo de eutrofização de mananciais. A presença de nitrato em águas de abastecimento causa danos à saúde pública, estando associado principalmente a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (FREITAS et al., 2001)

O íon nitrato geralmente ocorre em baixos teores em águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas (FREITAS et al., 2001), concentrações superiores a 10 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas (TOURINHO e COSTA, 2012). Em regiões sem influência agrícola a fonte principal de Nitrato é despejos humanos e dejetos animais. Na Fonte Nova, portanto, cujas condições de coleta descritas anteriormente evidenciam a provável existência de dejetos animais,

merece o destaque para valores que excedem em mais de seis vezes o recomendado, neste caso, a presença de contaminação pelas elevadas concentrações de nitrato é também comprovada pelos resultados das análises bacteriológicas.

Conclusões

Os resultados das análises geoquímicas e microbiológicas apontam a inadequação das fontes estudadas para os usos a que se destinam, revelando a negligência da gestão e determinando um problema social e de saúde pública.

A água dos chafarizes apresentou valores em desacordo com as portarias Conama 396/2008, 357/2005, e 274/2000 principalmente quanto os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, Nitrato e Coliformes Termotolerantes. Quanto aos metais estudados, apenas a presença de íons Manganês foi observada em três das quatro fontes, porém em valores ainda dentro dos limites estipulados.

Portanto, recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos, além de intervenções de gestão que permitam um monitoramento frequente e efetivo, com objetivo de prevenção de doenças de veiculação hídrica e conservação da qualidade destes mananciais, agregado às ações de conscientização para manutenção e preservação por parte dos usuários.

Agradecimentos

Este estudo foi realizado e financiado durante uma bolsa de estudos financiada pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) da Universidade Federal da Bahia no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações do Brasil.

Referências

ALVES, H. M. A. et al. Avaliação da Qualidade das Águas das Principais Fontes Públicas de Salvador (BA). **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 65-80, 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed., Washington, American Public Health Association Pub., 1935 p. 2012.

ANA/CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**. Brasília: ANA/CETESB. 2011.

BEZERRA, A. D. A. et al. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 24-34, 2017.

BRANDÃO, C. J. et al. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. **São Paulo. CETESB**. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014a .112p.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria MS n. 2.914/11**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

COSTA, O. L. et al. Análise da Qualidade da Água de Quatro Fontes Naturais do Vale do Taquari/RS. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, 2012.

DIAS, C. L. et al. A importância do monitoramento das águas subterrâneas na gestão dos recursos hídricos. **Águas Subterrâneas**, 2008.

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

GOMES, B. C. L. **Avaliação Comparativa de Algumas Variáveis Químicas das Águas de Abastecimento Público da Zona Urbana do Município de Itacoatiara**. 2009.

LIMA, M. C.; GIACOMELLI, M. B. O.; STÜPP, V. & ROBERGE, F. D. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, 24:734-742, 2001.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

MELO, V. F.; ANDRADE, M.; BATISTA, A. H.; FAVARETTO, N.; GRASSI, M. T.; CAMPOS, M. S. Chumbo e zinco em águas e sedimentos de área de mineração e metalurgia de metais. **Quim. Nova**, v. 35, n. 1, p. S1, 2012.

OLIVEIRA T. A.; ALMEIDA C. N. C. As Fontes na Cidade de Salvador. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v. 1, n. 1, 2012.

OLIVEIRA T. A.; BERETTA, M. Investigação da qualidade da água das fontes naturais da cidade de Salvador. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, p. 73-82, 2010.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Editora Arte Visual, 2009.

SILVA, A. C. R. et al. Geoestatística e geoquímica dos metais traços na água de fontes naturais no município de Salvador-Bahia, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 3, 2013.

SILVA, E. I. R. C.; MEDEIROS, S. K. G. A.; VIANA, I. F. S. **Análise e tratamento de água salina utilizando sistema com reator adsortivo alimentado por energia solar**. 2018.

TOURINHO, A. O. **Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador**. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado. 158 p. 2008.

TOURINHO, A. O.; BERETTA, M. Investigação da qualidade da água das fontes naturais da cidade de Salvador. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, p. 73-82, 2010.

WHO. World Health Organization. **Maganese its compounds**. Concise international chemical assessment document n° 12, Geneva, 1999.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2008.

CAPÍTULO 5

ARTIGO 4 - VARIABILIDADE SAZONAL DA QUALIDADE DE ÁGUA EM LAGOAS URBANAS NO NORDESTE DO BRASIL

SEASONAL VARIABILITY OF WATER QUALITY IN URBAN LAGOONS IN NORTHEAST BRAZIL

REVISTA GEOCIÊNCIAS UNESP

DOI: 10.5016/geociencias.v40i1.14865, PP. 207-220

Ana Carina Matos Silva; Isabel Honorata de Souza Azevedo; Manuel Vitor Portugal Gonçalves; Manoel Jerônimo Moreira Cruz.

Resumo

As Lagoas de Pituacú, Abaeté, Tororó e Paixão, no município de Salvador-BA (Brasil) apresentam em comum a inserção de um ecossistema lântico no meio urbano de cidade em desenvolvimento. Esta pesquisa descreve o padrão de variação sazonal de parâmetros físico-químicos não conservativos e biológicos durante os anos de 2017 e 2018 em 16 pontos distribuídos espacialmente nas quatro lagoas durante o período chuvoso (compreendido entre os meses de abril a julho) e seco (de agosto a novembro). A qualidade da água foi determinada em acordo com o índice de Qualidade da Água (IQA) e aplicação do Índice de Estado Trófico (IET), além das classes de Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados evidenciaram que as quatro lagoas monitoradas exibem alguns parâmetros fora das conformidades estabelecidas pelo CONAMA, além disso apresentam-se fortemente eutrofizadas, mas de forma contrastante, com boas classificações de qualidade considerando seu uso, com exceção da Lagoa de Pituacú. Conclui-se que avaliações sistemáticas devem ser consideradas com maior frequência com o objetivo de colher maiores e mais precisas informações sobre as condições de qualidade destes ecossistemas, e estudar suas alterações de qualidade como reflexo do condicionante urbano sobre sua conservação.

Palavras-chave: Sazonalidade. Lagoas. IET. IQA. CONAMA 357.

Introdução

Uma das regiões semiáridas mais populosas do planeta é o Nordeste brasileiro, que enfrenta um problema crônico de falta de água, com ciclos de fortes estiagens e secas prolongadas, um problema agravado pelo alto potencial de evaporação da água (MARENGO, 2010). Durante várias décadas o problema da seca foi visto como sendo exclusivamente de falta de água, porém, com o tempo verificou-se outros bloqueios

como os problemas resultantes da concentração da propriedade e do controle da água pelos grandes proprietários. Este contexto embasa questões amplas e transdisciplinares relacionadas, como a degradação dos ecossistemas, a redução de caudais, a utilização intensiva de água e o desfavorecimento de algumas comunidades. A temática ganha amplitude também com a mudança climática, o crescimento populacional e o adiar de soluções para o saneamento básico que ciclicamente afeta a vasta região semiárida (FERREIRA, 2017).

Na Bahia, a variedade de disponibilidade de recursos hídricos coincide com as fortes diferenças climáticas pontuais e os diversos contrastes regionais. Entre os anos de 2013 e 2017, 88,5% dos municípios baianos informaram ter sofrido com episódios de seca, de acordo com a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, publicada pelo IBGE. A escassez é considerada o desastre ambiental mais frequente, seguida de alagamentos (20,6% dos municípios), enxurradas ou inundações bruscas (18,9%) e os processos erosivos acelerados (18,7%) (IBGE, 2018).

A cidade de Salvador no Estado da Bahia é naturalmente bem servida de recursos hídricos, possuindo, em seu contexto hidrográfico, 12 bacias hidrográficas e 9 bacias de drenagem natural (Decreto Municipal nº 27.111 de 22 de março de 2016) determinadas pelos cursos d'água doce dos rios Das Pedras, Do Cobre, Imbassaí, Ipitanga, Jacuípe, Jaguaripe, Joanes e Pojuca. Além disso, também abriga uma das reservas de águas subterrâneas mais importante da Bahia, o aquífero de São Sebastião. (BAHIA, 2017).

O alto índice de pluviosidade combinado com a presença marcante de depressões topográficas e trechos aflorantes através de estratos permeáveis sobrepostos, favoreceu a formação de Lagoas ao longo do território do município, condicionados à existência de vales e zonas erudidas, que interceptam o nível piezométrico. Algumas lagoas, mais próximas à faixa litorânea foram formadas no Quaternário, devido a subida do nível do mar, principalmente durante o último período transgressivo (entre 6500 e 5000 BP) sendo preenchidas, em parte, por depósitos marinhos ricos em conchas (GUIMARÃES, 1978 apud NASCIMENTO, 2008).

A exemplo das demais áreas urbanas, a cidade de Salvador apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água por eutrofização, principalmente nos centros urbanos, onde praticamente todo seu complexo hidrográfico apresenta-se em avançado estado de deterioração evidenciando a completa falta de planejamento e ações públicas voltadas para a conservação dos seus recursos naturais (BAHIA, 2006). Além

de experimentar um significativo crescimento populacional, a insuficiência de projetos de gestão e monitoramento tem atingido diretamente os recursos naturais, como os rios, lagos e fontes e conseqüentemente as águas subterrâneas (TOURINHO, 2008).

O estudo da qualidade de água em lagoas se iniciou no século passado utilizando-se de variáveis como estratificação térmica e de oxigênio, distribuição de larvas de Chironomidae (insetos dípteros) e concentração de nutrientes (CUNHA et al., 2013). Desde então, tornou-se importante a criação de índices que sumarizassem o estado trófico e a qualidade da água, a fim de caracterizar a qualidade desses ecossistemas em condições morfoclimáticas específicas (LAMPARELLI, 2004).

O IQA é um modelo matemático simples criado nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation em 1970 e utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) que determina a qualidade das águas com base em nove parâmetros (coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido), atribuindo um peso correspondente para cada um em função de sua importância.

O Índice do Estado Trófico (IET) é, um dos mais utilizados para a classificação da qualidade da água de lagos (FIA et al., 2009). Tem por objetivo classificar corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (ARAÚJO et al., 2018). A caracterização do estado trófico é multidimensional, relaciona aspectos como carga e transporte de nutrientes, produtividade, qualidade e quantidade da biota e morfometria do lago (DUARTE et al., 1998). Portanto, para evitar a utilização de índices multiparamétricos que limitam a sua aplicação devido ao grande número de variáveis, Carlson (1977) definiu um índice do estado trófico usando uma transformação linear da transparência pelo disco de Secchi, que avalia a concentração de biomassa algal. Além da transparência, o índice pode ser expresso em função das concentrações de fósforo e clorofila-a, medidas em amostras coletadas próximo à superfície da água. Esse índice é, portanto, um dos mais utilizados para a classificação da qualidade da água de lagos (FIA et al., 2009).

A degradação dos mananciais torna a garantia da potabilidade da água vulnerável, com isso, a mera detecção, na água tratada, de substâncias resistentes aos processos convencionais de tratamento se mostra insuficiente. Portanto, o monitoramento sazonal da água bruta assume uma importância de controle preventivo, subsidiando ações de proteção e conservação destes ambientes, derivando deste modo, a importância da

análise da água, sendo esta, veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias, os quais influenciam diretamente à saúde da população.

Mediante este fato, o presente artigo objetivou caracterizar as variações sazonais, nas lagoas de Pituacú, Abaeté, Dique do Tororó e Paixão entre os anos de 2017 a 2018 em 16 pontos distribuídos espacialmente, avaliando e discutindo a qualidade de suas águas através da compreensão do comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi conduzido nas lagoas de Abaeté (12°56.636'S e 38°26.952'O), Tororó (12°58.919'S e 38°30.254'O), Pituacú (12°57.820'S e 38°25.110'O) e Paixão (12°51.185'S e 38°27.009'), localizadas no município de Salvador, Estado da Bahia. O clima da região é caracterizado como tropical úmido superúmido ou equatorial, situa-se na faixa de clima Af, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (KÖPPEN, 1948 in BRASIL, 2008; ALVARES et al., 2013).

A quantidade e localização de pontos foi determinada em concordância com a extensão do corpo d'água (Abaeté: 39.146 m², Lagoa da Paixão: 75.212 m², Tororó: 110.122 m² e Pituacú: 444.126 m²), e baseados na adequação com os dados previamente verificados, respeitando as condições de equidistância aproximada, com o objetivo de caracterizar o lago em sua extensão). Foram definidos 16 pontos amostrais, sendo 2 deles na Lagoa da Paixão (devido à dificuldade e periculosidade de acesso), 4 na lagoa do Tororó, 6 na Lagoa de Pituacú e 4 na Lagoa do Abaeté.

A área de entorno das Lagoas é classificada como área de influência de intervenção populacional ou de infraestrutura urbana. As amostragens ocorreram nos meses de julho e novembro dos anos de 2017 e 2018. Dados referentes aos Índices de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico foram adquiridos através de informações publicamente disponíveis no programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA).

Procedimento amostral

Os períodos de coleta respeitaram a determinação sazonal proposta por Santos et al. (2016) que definiu, com base na variabilidade pluviométrica da cidade de Salvador os meses de Abril, Maio, Junho e Julho como pertencentes ao quadrimestre mais chuvoso, e os meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro como o quadrimestre mais seco, baseando-se nos totais mensais de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia no período de 51 anos (1961-2011). As coletas foram realizadas no período da manhã e em dias sem chuva, seguindo os procedimentos recomendados em ABNT (1987). Os dados pluviométricos e de temperatura do ar utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados da estação meteorológica de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador. Foram obtidas as médias mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2017 e 2018.

As amostragens foram realizadas seguindo as recomendações das normas que disciplinam a coleta de água em APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 2005). Em cada ponto foram mensurados parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos) de água superficial (20 cm) in situ utilizando sonda multiparâmetro (Horiba 104 U-54 Multiparameter Water Quality Checker).

Procedimentos laboratoriais

Em Laboratório foram determinados a DQO utilizando o método do refluxo fechado (segundo a metodologia 5220 D), e o DBO5 utilizando um sensor LDO (Luminescent Dissolved Oxygen) conforme o método 5210 B, ambos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Foi também determinada a concentração de Clorofila-a utilizando a cromatografia líquida de alta resolução de fase reversa (HPLC) de acordo com o método 447.0 descrito em Arar (US-EPA) (1997). A avaliação de densidade bacteriana através da contabilidade de coliformes termotolerantes foi determinada pela técnica da membrana filtrante, descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) de acordo com o método SM-9222D.

Análise estatística

Para balizar as interpretações sazonais, foi realizada a média do total de pontos amostrais (n=16) em cada coleta, para cada período do ano (seco/chuvoso), com um n=64. Para verificar a distribuição dos dados (paramétricos ou não-paramétricos),

utilizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, determinando assim o valor de p . A existência de diferenças significativas entre as médias (para dados com distribuição paramétrica) ou medianas (para dados com distribuição não-paramétrica) foi averiguada utilizando os Testes T para comparação de médias e Mann-Whitney para comparação de medianas com base na diferença mínima significativa (quando $p < 0,05$). Para avaliar o agrupamento e a relação entre as variáveis foi aplicada uma ordenação com o método de Ward, utilizando a distância Euclidiana. A fim de explicar a variabilidade dos dados, reduzir suas dimensões e compreender como os componentes hidroquímicos se relacionam, a análise multivariada foi efetuada para cada lagoa, e, entre todas as lagoas, para cada variação sazonal. Para tanto, a matriz de dados composta pelos parâmetros foi padronizada com transformação para escala z ($z = (x_i - \mu) / \sigma$), que se baseia na diferença entre o valor observado e a média dos valores ($x_i - \mu$), em razão do desvio padrão dos valores observados (σ). Esta padronização elimina o efeito da escala e permite melhor comparação dos dados (Magnusson e Mourão 2005). Todos os testes foram realizados com o software Statistica 10 (StatSoft®) e o Graphpat Instat 3®.

Resultados e Discussão

A qualidade das águas coletadas nas lagoas da Paixão, Abaeté, Tororó e Pituaçu foi determinada a partir do Índice de Qualidade da Água (IQA) (Quadro 1) e Índice de Estado Trófico (IET) (Quadro 2), além da resolução 357/2006 do CONAMA para águas doces de Classe 2. O Índice de Estado Trófico foi determinado com base na média simples dos valores de clorofila-a e fósforo total, conforme recomendado por Lamparelli (2004), avaliar a qualidade da água em função do enriquecimento por nutrientes.

O Índice de Qualidade da água utilizado incorpora o produtório ponderado (i) dos parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez para sintetizar a interpretação da qualidade da água em um único número no intervalo de 0 a 100, calculado a partir da qualidade relativa (q) (entre 0 e 100) de cada um, obtidos a partir da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida, e do peso correspondente (w) de cada parâmetro (entre 0 a 1) (Quadro 3), atribuído com base na sua importância para a conformação global de qualidade ($IQA = \prod q_i^{w_i}$) (CETESB, 2006).

As variáveis físico-químicas utilizadas para o cálculo de IQA e IET são ilustradas na Tabela 1, a partir de informações disponíveis do programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA). Os resultados do IET obtidos para as lagoas consideradas nesta pesquisa são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Variáveis físico-químicas e biológicas utilizadas para o cálculo do Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico nas Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nos períodos de estiagem (a) e chuvoso (b) entre os anos de 2017 e 2018.

(a) Período de estiagem									
Parâmetros	Abaeté		Tororó		Pituacú		Paixão		Padrão Legal
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
pH	7.12	8.1	7.02	7.35	6.76	7.27	6.85	7.49	6 - 9
Temp. (°C)	28.55	30.1	26.45	28.95	27.85	28.2	26.65	26.9	NE
Turb. (NTU)	9.65	13.5	30.5	27.5	46.5	83.5	11.12	21.52	<100
Sólidos Totais (mg/L)	190	228	195.5	200	384	428.5	148.5	189.5	NE
O.D. (mg/L)	7.63	6.44	4.5	5.9	1.91	2.12	5.58	5.16	>5
D.B.O. (mg/L)	3.5	5.5	4.5	3.5	46	99	4.5	7.66	<5
N total (mg/L)	1	<1	3	1	19	31.4	1.33	2.37	NE
Colif. Term. (NMP/100mL)	3250	5450	3350	2100	>LQM	>LQM	1950	3400	NE
P Total (mg/L)	0.205	0.08	0.195	0.16	2.24	3.55	0.1	0.14	<0.03
Clorof.-a (µg/L)	39.35	25.1	85.1	64.8	3.92	4.29	61.71	94.1	<30
(b) Período chuvoso									
Parâmetros	Abaeté		Tororó		Pituacú		Paixão		Padrão Legal
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
pH	6.87	7.26	7.1	7.24	6.85	6.91	7.93	6.85	6 - 9
Temp. (°C)	26.4	26.8	32.2	27.3	28.1	27.7	30.6	26.4	NE
Turb. (NTU)	5.3	17	10	15	38	40	14.5	22.5	<100
Sólidos Totais (mg/L)	230	190	150	198	298	340	168	181	NE
O.D. (mg/L)	8.11	6.37	6.21	6.76	0.66	2.6	7.65	4.03	>5
D.B.O. (mg/L)	3.00	8.00	3.00	5.00	25	45	5.00	7,5	<5
N total (mg/L)	<1	2	1	1	18	17	<1	3.5	NE
Colif. Term. (NMP/100mL)	1300	>LQM	9200	5400	>LQM	>LQM	8165	16000	NE
P Total (mg/L)	3	8	0,10	0,12	1.04	1.43	0,07	0.13	<0.03
Clorof.-a (µg/L)	20,6	32,5	38.7	70.6	2.77	1.41	45.5	81.05	<30

Legenda: LQM = Limite de Quantificação do Método

Fonte: INEMA (2019).

Tabela 2. Índices de Estado Trófico e Índice de qualidade da água calculados nos períodos de estiagem (a) e chuvoso (b), entre 2017 e 2018, para as Lagoas de Pituaçu, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó.

(a) Período de estiagem

	2017				2018			
	IET	Classificação	IQA	Classificação	IET	Classificação	IQA	Classificação
Lagoa da Paixão	67	Supereutrófico	63	bom	66	Supereutrófico	58	bom
Lagoa de Pituaçu	67	Supereutrófico	21	ruim	69	Hipereutrófico	19	péssimo
Lagoa do Abaeté	65	Supereutrófico	63	bom	61	Eutrófico	62	bom
Dique do Tororó	69	Hipereutrófico	55	bom	66	Supereutrófico	60	Bom

(b) Período chuvoso

	2017				2018			
	IET	Classificação	IQA	Classificação	IET	Classificação	IQA	Classificação
Lagoa da Paixão	65	Supereutrófico	57	bom	66	Supereutrófico	52	bom
Lagoa de Pituaçu	64	Supereutrófico	23	ruim	62	Eutrófico	24	ruim
Lagoa do Abaeté	68	Hipereutrófico	61	bom	57	Mesotrófico	63	bom
Dique do Tororó	64	Supereutrófico	60	bom	66	Supereutrófico	60	bom

Fonte: INEMA (2019).

Quadro 1. Classificação do índice da qualidade das águas.

Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
$79 < IQA \leq 100$	$51 < IQA \leq 79$	$36 < IQA \leq 51$	$19 < IQA \leq 36$	$0 < IQA \leq 19$

Fonte: Cetesb (2006).

Quadro 2. Classificação do estado trófico para amostras de água.

Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
$IET \leq 47$	$47 < IET \leq 52$	$52 < IET \leq 59$	$59 < IET \leq 63$	$63 < IET \leq 67$	$IET > 67$

Fonte: Lamparelli (2004).

Conforme IQA estabelecido para as lagoas estudadas, todos os corpos d'água lênticos foram classificados como de “boa” qualidade nos períodos considerados, com exceção para a lagoa de Pituaçu, cuja classificação “ruim” foi preponderante nos períodos considerados, chegando a “péssimo” no período de estiagem no ano de 2018. Este resultado é principalmente evidenciado pelos baixos valores registrados de oxigênio dissolvido, e valores excedentes de demanda bioquímica de oxigênio.

Segundo Esteves (1998), a redução de valores de oxigênio dissolvido em ecossistema lacustres de regiões temperadas está associada ao consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. Para além disso, observa-se que a Lagoa de Pituaçu se apresenta, na maior parte do tempo, totalmente livre de turbulência, portanto, a distribuição de oxigênio ocorre principalmente, de forma mais lenta, por difusão molecular.

Aleluia et al. (2016), ao estudar a qualidade da água no reservatório de Pituaçu, também verificou resultados semelhantes para valores de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio, ambos com valores médios acima dos limites estabelecidos

pela resolução CONAMA 357/05 no intervalo de tempo compreendido entre os anos de 2007 até 2015, atribuindo este resultado também ao elevado tempo de residência da água no ecossistema, associada à localização do reservatório no contexto urbano da bacia hidrográfica, proporcionando uma resposta acentuada ao lançamento de efluentes domésticos oriundos das ocupações irregulares.

Para Piasentin et al. (2009), o IQA produz informações associadas principalmente à contaminação dos corpos d'água por efluentes domésticos, sendo, portanto, um valor insuficiente para classificar a qualidade de um sistema. Destaca também que as oscilações das variáveis que compõem o resultado numérico do IQA se compensam umas às outras, quando considerados seus pesos relativos, fazendo com que o índice se mantenha relativamente estável em um patamar, mascarando assim flutuações importantes no ambiente, que devem ser monitoradas e analisadas cautelosamente. Além disso, o IQA não contempla contaminantes potenciais importantes, como metais pesados, contaminação por hidrocarbonetos ou defensivos agrícolas.

Em contrapartida, o IET classificou as águas da lagoa da Paixão como “Supereutrófica” em todos os períodos, da lagoa de Pituaçu em variantes de “eutrófico” (chuvoso/2018) a “hipereutrófico” (estiagem/2018), da lagoa do Abaeté de “mesotrófico” (chuvoso/2018) a “hipereutrófico” (chuvoso/2017) e do Dique do Tororó como “supereutrófico” a “hipereutrófico” (apenas no período de estiagem/2017). Estes resultados podem ser atribuídos às características dos corpos d'água, uma vez que estão inseridos em um contexto de intensa atividade urbana, e refletem o impacto das atividades antrópicas sobre a qualidade do reservatório, fornecendo uma carga externa de nutrientes e resíduos para as lagoas.

A turbidez provocada pela lixiviação, associada à baixa profundidade das lagoas, promovem a ressuspensão do sedimento contribuindo, de forma direta, para recolocar em circulação os nutrientes, sobretudo o fósforo, já que um importante componente do cálculo do IET, cujas concentrações verificadas em todas as lagoas estudadas estão em acima dos limites preconizado pelo CONAMA (2005), favorecendo o crescimento de florações algais.

De acordo com Aleluia (2016) a alteração do estado trófico dos mananciais inseridos em áreas urbanas também está diretamente relacionada ao aporte de matéria orgânica alóctone, e a produção autóctone, que altera as taxas de consumo de oxigênio direcionada para degradação, promovendo 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 sendo justificadas pelas concentrações da DBO e, concomitantemente, o comportamento apresentado dentro da série histórica para o OD.

A Tabela 3 apresenta o sumário estatístico descritivo para as variações sazonais para as variáveis da água medidas durante o período de estudo, nas quatro lagoas (Lagoa de Abaeté, Dique do Tororó, Lagoa da Paixão e Lagoa de Pituaçu) nos anos de 2017 a 2018.

O teste de normalidade Shapiro-Wilk determinou os padrões de distribuição dos dados, mostrando que o comportamento hidroquímico das variáveis, em sua maioria apresenta distribuição não-paramétrica ($p < 0,05$). Neste caso, para verificar se há diferenças no seu comportamento frente à sazonalidade, portanto, foi necessária a aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney, ao nível de significância de 95%.

Alguns componentes hidroquímicos refutaram a hipótese nula, para o teste de *T Student* e Mann-Whitney (com $p < 0,05$), demonstrando haver diferenças significativas entre os períodos sazonais, são eles a Clorofila-a na Lagoa do Abaeté, o potencial hidrogeniônico e a alcalinidade total no Dique do Tororó, o oxigênio dissolvido percentual na Lagoa de Pituaçu, o DBO na lagoa da Paixão e de Pituaçu e o DQO na Lagoa da Paixão. Outras variáveis (pH, Temperatura, Turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, nitrato, sulfato, cloreto e coliformes termotolerantes) não demonstraram padrões de variação sazonal estatisticamente significantes, ou seja, não diferiram entre os dois períodos considerados (Tabela 4). Assim, os resultados de caracterização são discutidos levando-se em conta a variação anual do ecossistema conforme recomendado por Cunha e colaboradores (2013).

Tabela 3. Sumário estatístico descritivo das Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nas quatro campanhas de campo nos anos de 2017 e 2018 nos períodos chuvoso e de estiagem.

Parâmetros	LAGOA DO ABAETÉ											DIQUE DO TORORÓ												
	período de estiagem						período chuvoso					período de estiagem						período chuvoso						
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p
pH	6.78	7.45	6.79	6.88	0.23	0.01	5.42	7.67	6.80	6.73	1.01	0.01	8.02	8.58	8.20	8.28	0.25	0.04	7.31	8.86	8.29	8.16	0.72	0.02
EH (mv)	186.50	224.00	198.50	201.88	14.70	0.07	133.00	242.00	216.50	201.88	40.72	0.24	-221.00	-133.00	-142.00	-159.50	38.19	0.01	47.00	317.00	144.50	152.75	75.15	0.03
Temp. (°C)	25.43	32.60	25.51	26.64	2.52	0.01	24.07	26.77	25.43	25.40	1.11	0.09	27.30	31.90	27.87	28.62	1.63	0.06	27.40	28.58	27.56	27.67	0.38	0.01
Turb. (NTU)	17.00	20.23	18.55	18.49	0.92	0.49	14.50	22.20	21.50	19.30	3.27	0.01	30.35	47.60	44.20	41.47	7.23	0.03	28.50	45.90	33.50	35.76	6.81	0.14
O.D.(%)	6.48	66.79	57.10	49.98	18.49	0.01	43.40	106.90	57.55	65.06	21.06	0.06	6.89	151.70	52.87	69.21	67.11	0.02	72.60	164.40	106.35	113.26	36.67	0.17
Conduct.	0.35	0.37	0.35	0.36	0.01	0.10	0.34	0.36	0.35	0.35	0.01	0.04	0.18	0.36	0.29	0.30	0.06	0.06	0.03	0.40	0.34	0.32	0.12	0.01
S.T.D. (g/L)	0.22	0.25	0.23	0.23	0.01	0.38	0.22	0.24	0.23	0.23	0.01	0.04	0.22	0.26	0.24	0.24	0.01	0.44	0.21	0.26	0.23	0.23	0.02	0.05
O.D. (mg/L)	3.93	7.61	4.61	4.74	1.21	0.01	3.46	8.30	4.63	5.19	1.60	0.09	6.89	9.69	8.66	8.51	0.88	0.70	5.65	12.22	8.35	8.84	2.84	0.06
D.B.O. (mg/L)	4.80	6.80	5.62	5.69	0.74	0.39	0.00	6.54	5.73	3.89	3.26	0.01	6.30	9.88	8.43	8.21	1.61	0.03	0.00	17.30	5.04	4.68	5.68	0.01
D.Q.O. (mg/L)	34.20	56.00	39.35	40.90	6.76	0.04	0.00	40.20	38.10	24.60	20.42	0.01	47.00	96.56	73.45	72.78	24.66	0.01	0.00	196.00	41.70	45.35	64.27	0.01
HNO ₃ (mg/L)	0.00	4.35	3.62	2.81	1.77	0.01	0.00	7.40	3.55	3.66	3.30	0.04	0.92	17.61	2.21	4.41	5.66	0.01	1.90	50.00	6.05	10.99	16.13	0.01
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	16.50	20.90	17.28	17.85	1.58	0.03	10.80	31.00	16.65	17.85	6.96	0.30	12.30	89.00	22.10	29.68	26.01	0.01	11.20	37.87	16.09	18.01	8.77	0.01
Cl ⁻ (mg/L)	47.20	82.42	66.41	66.90	12.03	0.63	54.40	115.80	73.25	77.09	23.78	0.18	51.60	81.55	58.63	62.60	12.52	0.03	41.10	122.00	57.00	62.60	25.39	0.01
Alc. Total (mg/L)	51.30	64.70	56.75	57.36	4.04	0.90	0.00	58.35	27.23	28.16	30.12	0.01	43.10	67.81	55.52	56.05	8.25	0.86	0.00	20.70	6.73	9.13	9.99	0.01
Colif. Term. (UFC/100mL)	0.00	4500.00	159.41	691.36	1543.97	0.01	0.00	9000.00	0.00	1125.00	3181.98	0.01	189.00	517.00	239.98	262.24	105.04	0.01	0.00	7000.00	0.00	875.00	2474.87	0.01
Clorof.-a (µg/L)	33.55	37.90	36.39	36.04	2.03	0.01	29.00	34.85	31.73	32.31	2.17	0.32	82.48	120.00	92.99	95.46	13.63	0.21	79.68	104.40	93.94	92.15	9.75	0.34

Parâmetros	LAGOA DA PAIXÃO											LAGOA DE PITUAÇU												
	período de estiagem						período chuvoso					período de estiagem						período chuvoso						
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p
pH	7.00	7.61	7.06	7.16	0.25	0.01	6.89	7.25	7.05	7.06	0.13	0.48	6.36	8.85	6.96	7.11	0.66	0.04	5.30	7.64	7.13	6.84	0.80	0.06
EH (mv)	96.00	161.75	114.63	120.33	26.35	0.44	117.50	182.00	140.25	144.05	23.41	0.29	160.50	252.00	211.50	206.92	28.68	0.14	120.00	284.00	205.00	206.92	50.61	0.87
Temp. (°C)	26.82	29.70	28.43	28.36	1.27	0.45	25.86	28.07	27.21	27.11	0.89	0.76	24.80	32.80	25.71	26.54	2.25	0.01	23.98	27.69	25.58	25.68	1.42	0.07
Turb. (NTU)	25.00	49.38	28.34	31.88	10.17	0.06	29.45	57.50	37.58	39.94	10.75	0.42	4.66	90.55	9.86	21.70	27.19	0.01	4.50	15.70	9.22	8.98	3.27	0.78
O.D.(%)	54.90	84.83	59.14	63.43	12.37	0.05	60.15	94.60	70.23	73.09	13.24	0.43	3.88	83.20	38.78	40.25	33.48	0.01	31.40	117.30	63.95	71.83	27.26	0.43
Conduct.	0.30	0.39	0.33	0.34	0.03	0.48	0.32	0.36	0.33	0.33	0.01	0.26	0.23	0.38	0.37	0.36	0.04	0.01	0.35	0.39	0.37	0.37	0.01	0.17
S.T.D. (g/L)	0.22	0.25	0.24	0.24	0.01	0.23	0.21	0.24	0.24	0.23	0.01	0.25	0.11	0.44	0.24	0.24	0.08	0.01	0.23	0.26	0.24	0.24	0.01	0.10
O.D. (mg/L)	4.45	6.75	4.96	5.21	0.90	0.12	5.01	5.98	6.38	12.01	2.67	0.01	3.50	13.60	6.99	7.51	2.75	0.64	2.52	12.42	6.07	6.41	2.77	0.57
D.B.O. (mg/L)	8.00	10.87	9.70	9.59	1.14	0.85	0.00	12.80	11.80	9.64	5.45	0.01	1.84	5.30	2.22	2.62	0.96	0.01	0.00	1.76	1.57	0.93	0.82	0.01
D.Q.O. (mg/L)	41.10	55.80	50.13	49.46	6.63	0.38	0.00	34.40	33.10	26.74	14.96	0.01	7.50	26.20	19.83	18.58	5.31	0.68	0.00	20.20	17.60	11.35	10.12	0.01
HNO ₃ (mg/L)	0.01	1.20	0.35	0.45	0.50	0.42	0.70	1.60	1.05	1.09	0.37	0.70	0.01	23.55	1.36	5.60	8.56	0.01	0.30	56.00	2.65	13.84	21.74	0.01
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11.20	13.80	12.82	12.69	1.06	0.68	12.30	13.80	12.90	12.96	0.54	0.54	5.30	62.10	14.97	22.31	18.19	0.04	7.10	172.00	15.95	42.58	55.67	0.01
Cl ⁻ (mg/L)	51.80	72.63	61.59	61.84	10.06	0.23	78.90	84.00	82.55	82.11	1.93	0.33	33.60	81.00	63.82	63.23	15.23	0.41	51.10	125.30	70.90	76.24	26.20	0.04
Alc. Total (mg/L)	66.25	76.30	70.43	70.77	3.62	0.59	0.00	69.75	33.13	33.83	34.02	0.21	21.00	187.00	68.10	72.98	45.70	0.04	0.00	128.35	28.92	37.80	43.31	0.01
Colif. Term. (UFC/100mL)	0.00	9200.00	700.50	2260.30	3891.29	0.01	0.00	760.00	681.00	560.60	315.34	0.01	57.30	187.00	115.75	118.92	39.27	0.96	0.00	230.00	39.80	52.01	68.48	0.01
Clorof.-a (µg/L)	10.05	175.00	83.54	87.13	77.79	0.29	64.70	84.20	77.00	75.98	7.58	0.79	0.00	32.33	13.90	16.06	11.65	0.37	0.00	37.20	15.69	15.55	13.53	0.10

Obs: Células demarcadas indicam dados não-paramétricos ($p < 0,05$).

Tabela 4. Resultados do teste *T Student* e Mann-Whitney pareado ao comparar os valores dos períodos de estiagem e chuvoso, representados pelo p-value nas Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó.

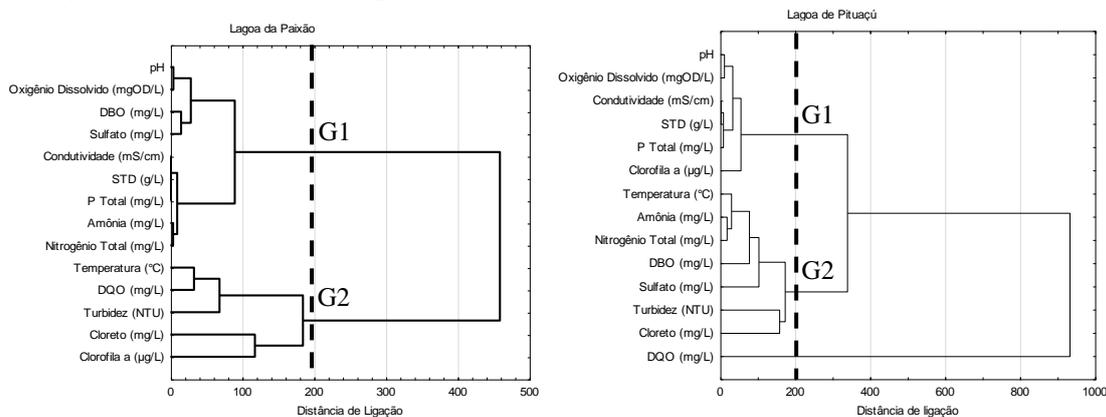
Parâmetros	Lagoa do Abaeté	Dique do Tororó	Lagoa da Paixão	Lagoa de Pituacú
pH	0,6854	0,6812	0,4678	0,3765
EH	>0,9999	<0,0001	0,2941	>0,99999
Temp.	0,2240	0,1283	0,2097	0,2759
Turb.	0,5144	0,1266	0,3929	0,1219
O.D.(%)	0,1503	0,1255	0,4028	0,0189
Condut.	0,5528	0,7639	0,7448	0,2714
S.T.D.	0,2935	0,2266	0,4080	0,7266
O.D. (mg/L)	0,5334	0,7573	0,3557	0,3414
D.B.O.	0,2332	0,7306	0,0436	0,0214
D.Q.O.	0,6348	0,9934	0,0178	0,6836
HNO ₃ ⁻	0,5313	0,2951	0,1306	0,2344
SO ₄ ²⁻	>0,9999	0,2493	0,6604	0,2434
Cl ⁻	0,2977	>0,9999	0,0145	0,1510
Alc. Total	0,6363	<0,0001	0,4372	0,8990
Colif. Term.	0,5579	0,3135	0,3750	0,2423
Clorof.-a	0,0032	0,5853	0,7942	0,3811

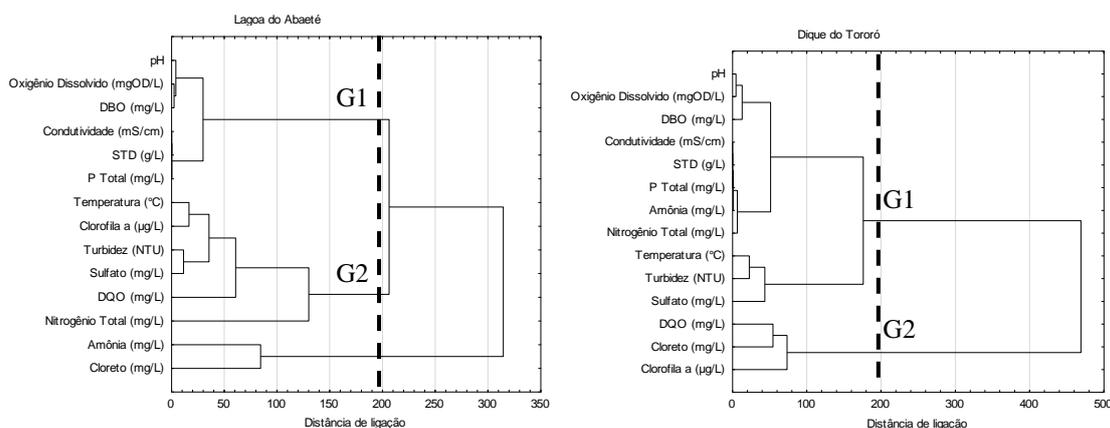
Obs: p < 0.05 – estatisticamente significante.

Para avaliar de forma simultânea a relação entre cada parâmetro, utilizou-se medidas de dissimilaridade. Para obter essas medidas, foi aplicada a análise de agrupamento de *Cluster*, que teve por finalidade reunir as variáveis em grupos utilizando o método de agrupamento hierárquico, de forma que exista a máxima homogeneidade dentro do grupo e a máxima heterogeneidade entre os grupos (CRUZ & REGAZZI, 2001).

A associação das variáveis medidas nas diferentes lagoas demonstrou agrupamento hierárquico entre variáveis relacionadas (retirada a clorofila-a devido à amplitude dos dados) nas diferentes distâncias euclidianas. A linha tracejada marcada no dendrograma ressalta a distância de 200, de modo que as variáveis situadas abaixo dessa linha pertencem à mesma categoria (Figura 1).

Figura 1. Dendrogramas de ordenação das variáveis hidroquímicas da água nas Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó.





Quando considerada a distância euclidiana de 200, observa-se para as três lagoas, a formação de dois a três agrupamentos entre variáveis relacionadas. No primeiro grupo (G1), destaca-se a proximidade entre as variáveis pH, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos e fósforo total. No segundo grupo (G2) verifica-se uma maior aproximação entre a demanda química de oxigênio, o cloreto, e a clorofila-a. A demanda química de oxigênio formou um grupo a parte na Lagoa de Pituaçu assim como cloreto e amônia na Lagoa do Abaeté. Agrupamento semelhante também foi encontrado por Lamparelli (2004) para ambientes lênticos do estado de São Paulo e por Cunha e colaboradores (2013) ao verificar o comportamento sazonal da Lagoa Cuiabá na região Sul do Brasil.

Em todas as lagoas o pH apresentou tendência a uma leve diminuição no período chuvoso, assim como a temperatura, demanda química e bioquímica de oxigênio, alcalinidade e Clorofila a. Os parâmetros turbidez, condutividade, sólidos totais, oxigênio dissolvido, sulfato e coliformes não variou temporalmente, e houve uma tendência de aumento no período chuvoso dos teores de nitrato e cloreto, além do oxigênio dissolvido percentual.

A tendência à diminuição do pH no período chuvoso deve-se provavelmente ao efeito de agitação e da inundação de outros cursos d'água como rios e córregos que convergem para o lago, resultando na mistura das águas pouco alcalinas ou mais ácidas em profundidade com as águas alcalinas da superfície, reduzindo assim o pH (ARAOYE, 2009). Além disso, o comportamento do pH em período chuvoso para regiões tropicais, tem influência da decomposição da vegetação terrestre inundada após o aumento dos níveis de água, que ao mesmo tempo, reduz a quantidade de oxigênio, enquanto aumenta a quantidade de dióxido de carbono (YU et al., 2010).

O aumento da demanda química e bioquímica de oxigênio registrada durante o período de estiagem é esperada devida a atividades fotossintéticas aprimoradas e redução da turbidez. A queda na concentração de oxigênio dissolvido ocorreu como resultado da mistura vertical devido às baixas temperaturas da água superficial nesta estação. A mistura vertical trouxe depósitos hipolimnéticos à superfície da água, resultando em turbidez e redução da concentração de oxigênio (BARBOSA et al., 2012).

A contribuição dos esgotos domésticos da cidade e de efluentes industriais na água reduz significativamente a quantidade de oxigênio dissolvido, e aumenta o teor da matéria orgânica, provocando desequilíbrios ecológicos e podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Os indicadores de teor de matéria orgânica Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) ilustram a extensão da poluição orgânica nos ecossistemas avaliados, afetando negativamente a qualidade das águas. Neste trabalho os valores da DBO e DQO foram menores no período chuvoso. Este fato é comum, devido à diluição promovida pelo período chuvoso, consequência da “lavagem de superfícies”, influenciando no consumo de oxigênio dissolvido para a estabilização da matéria orgânica.

Resultados semelhantes foram encontrados por D'Alessandro e colaboradores (2015) em lagoas de estabilização, que destacam que a variação nestes valores pode ser explicada pela presença de matéria orgânica dos esgotos e de vegetais em decomposição no trecho estudado ou pode estar relacionada com a formação de uma camada de lodo na margem da lagoa.

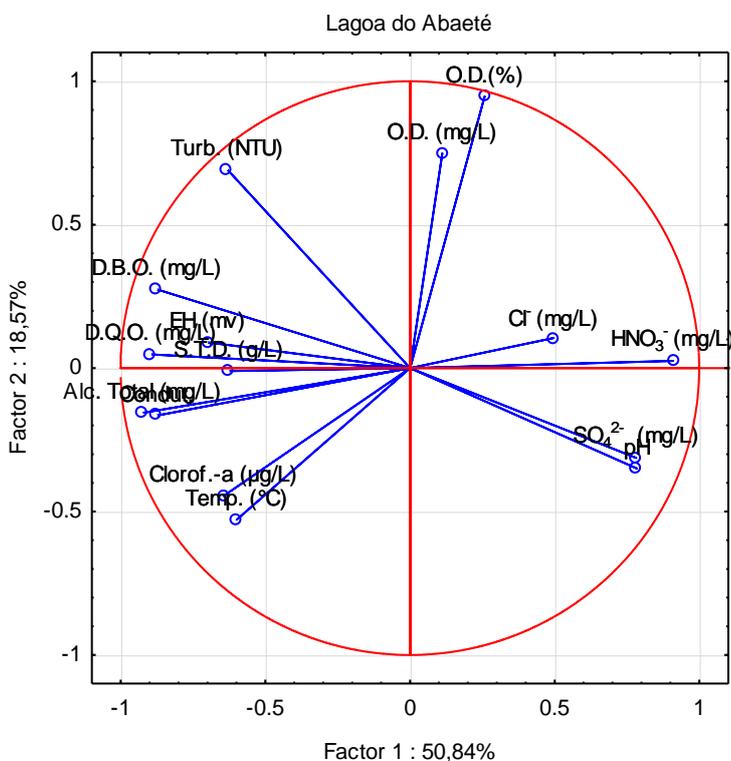
Embora não tenham sido verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os períodos sazonais para as variáveis nitrato, cloreto e sulfato, observou-se uma tendência de aumento de nitrato e cloreto no período chuvoso. Quanto ao nitrato, considera-se que valores superiores a 5,0 mg/L indicam condições sanitárias inadequadas (OGERA, 1995), situação verificada principalmente na lagoa de Pituaçú e no Dique do Tororó. Para ambos os casos, verificou-se influências antrópicas em suas proximidades que podem ter condicionado a existência destes valores.

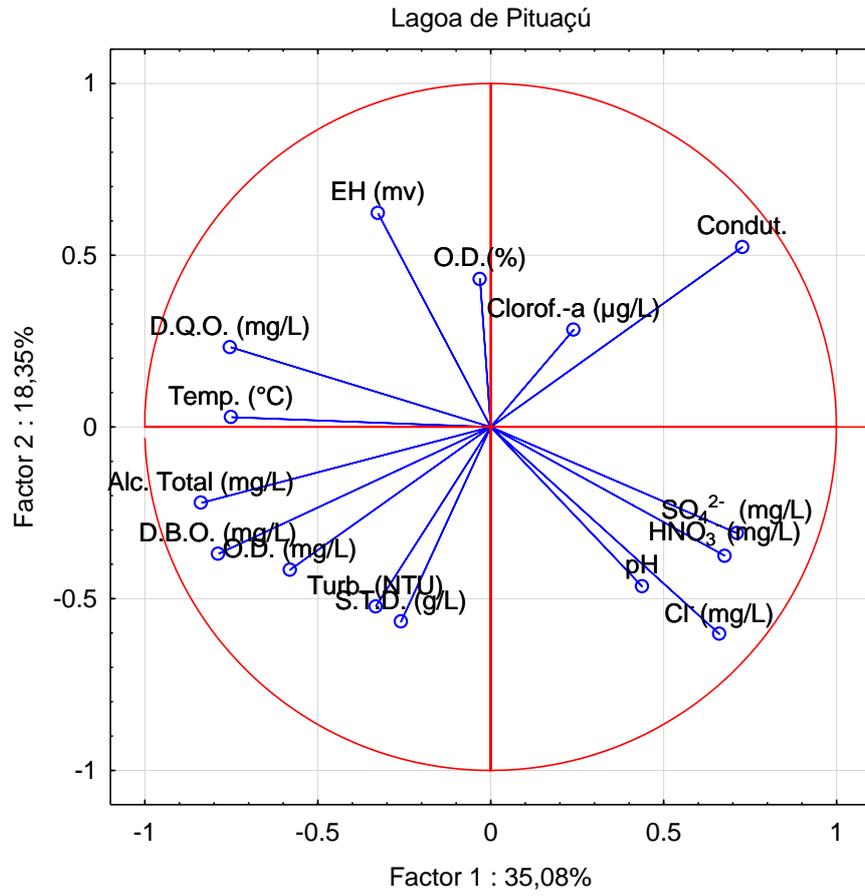
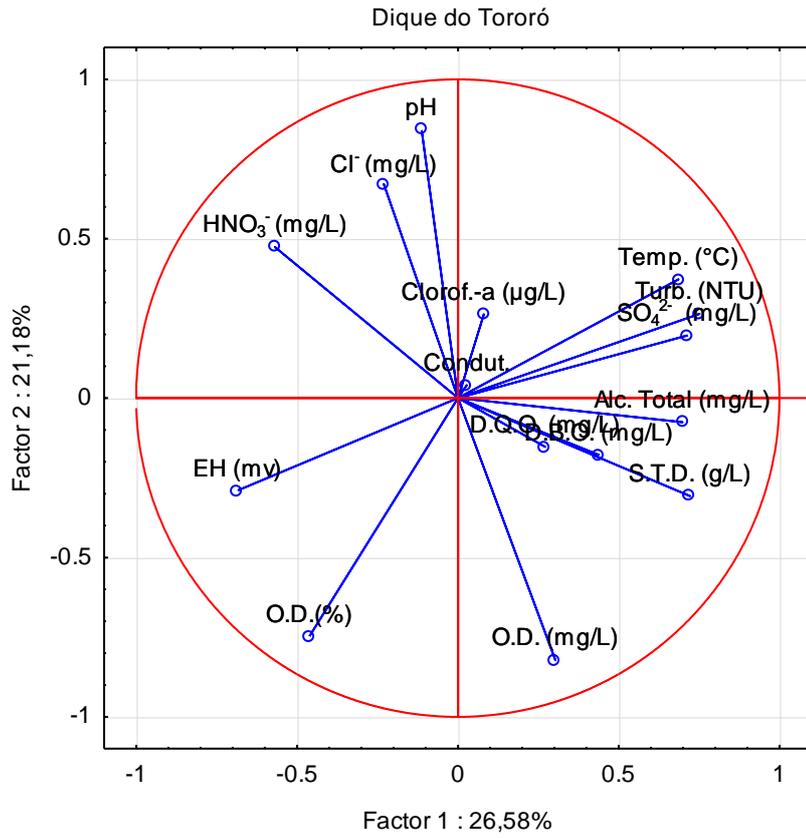
As descargas de esgotos sanitários também são fontes importantes de cloretos nas águas superficiais, e, para além disso, considerando-se corpos d'água com fins estéticos ou de lazer, deve-se atentar que a presença de altos teores de cloreto provoca corrosão em estruturas metálicas (como as dos pedalinhas, píeres, e sustentação de esculturas no Dique do Tororó e na Lagoa de Pituaçú) interfere na determinação da DQO e também na determinação de nitratos. Na Lagoa da paixão deve-se atentar para os valores destes

compostos, uma vez que sua água é diretamente canalizada para uso de irrigação na horta local.

O sulfato é um dos mais abundantes íons na natureza, nas águas superficiais, ocorre através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica, etc.). As concentrações de sulfato em águas naturais variam em geral na faixa de 2 a 80 mg/L, embora possam exceder a 1000 mg/L em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais, tal como o gesso, estão presentes (TELLES, 2012). Nas águas para abastecimento público, o sulfato deve ser controlado porque provoca efeitos laxativos, sendo o padrão de potabilidade fixado em 250 mg/L pela Portaria 518 do Ministério da Saúde. O maior valor encontrado de sulfato foi de 172 mg/L na Lagoa de Pituaçu, altos valores verificados também no Dique do Tororó (89 mg/L) provavelmente relacionado ao aporte de resíduos domésticos.

Figura 2. Projeção das variáveis hidroquímicas da água utilizando a Análise de Componentes Principais nas Lagoas de Pituaçu, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó.





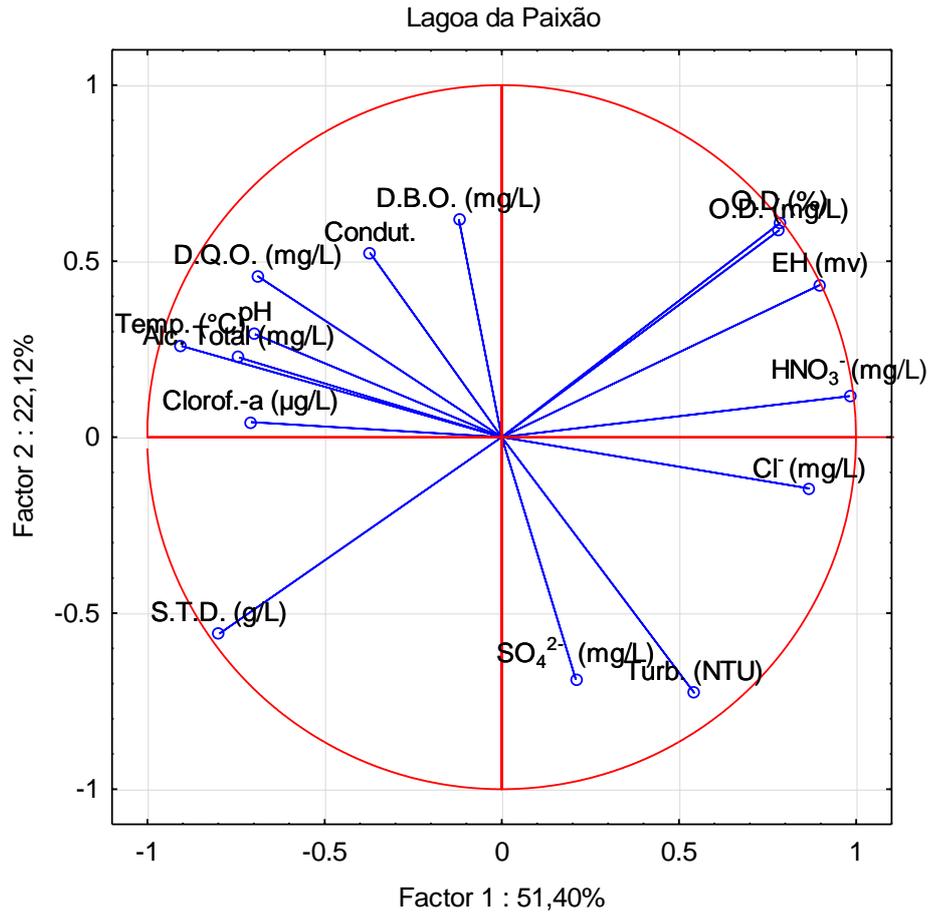
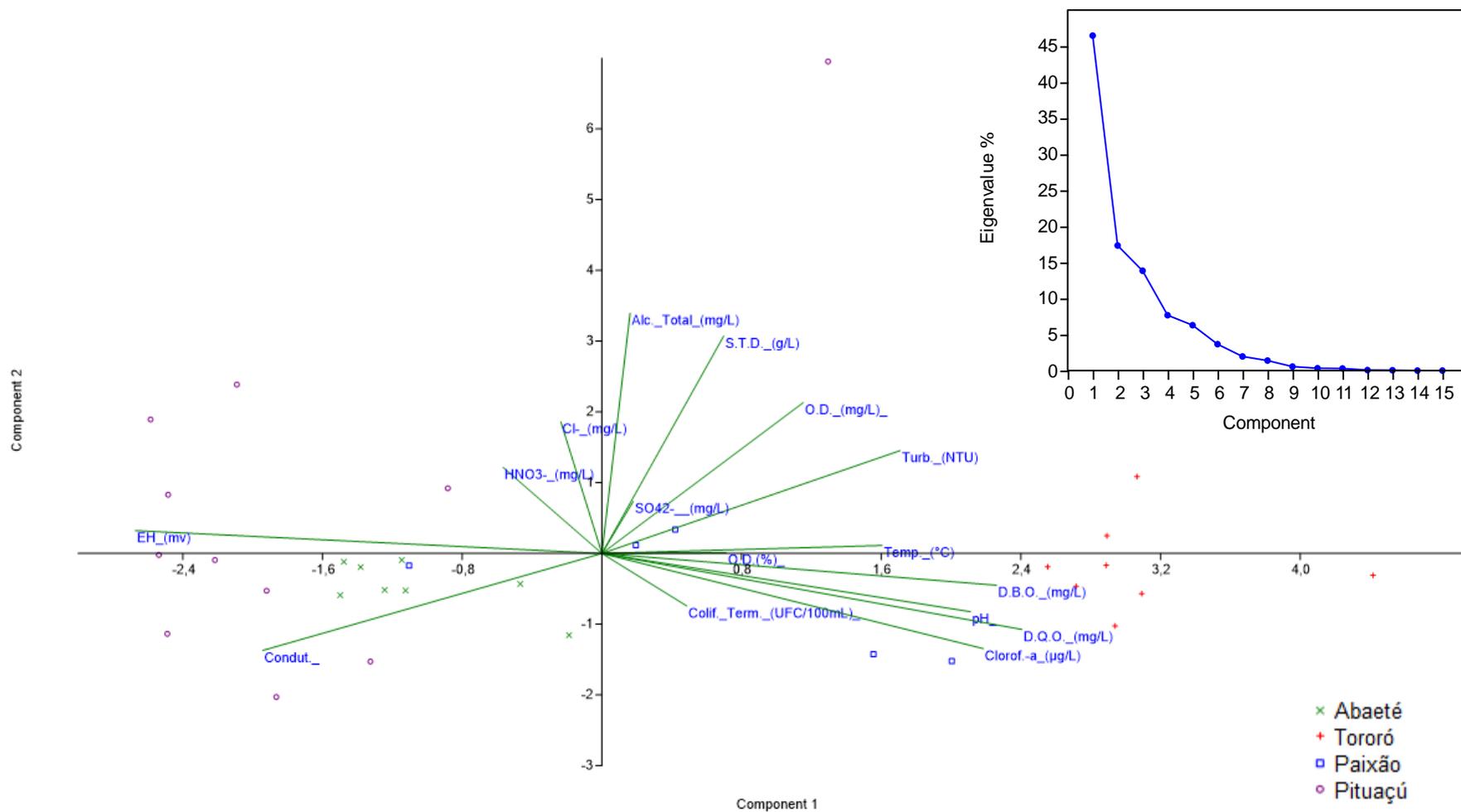
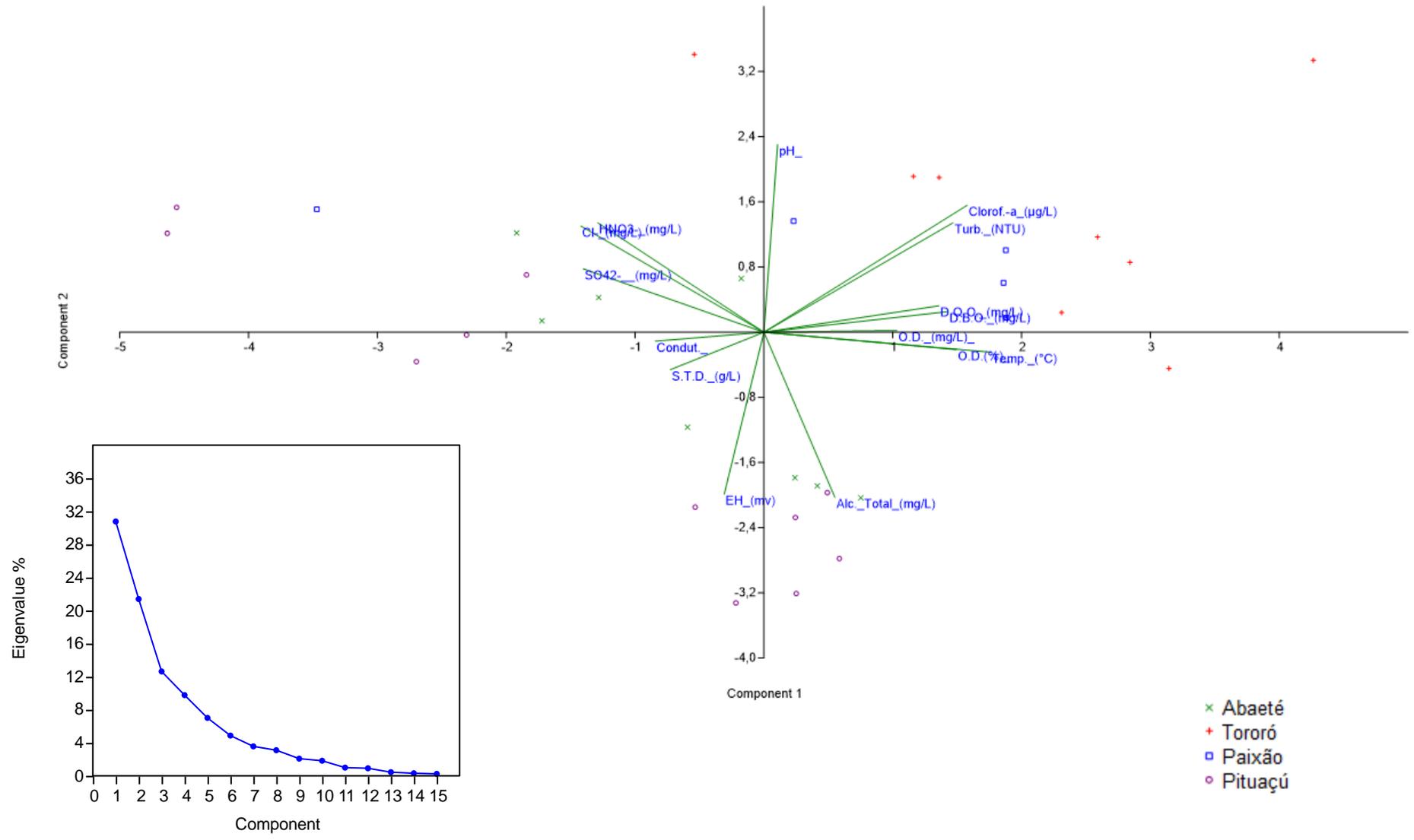


Figura 3. Projeção das variáveis hidroquímicas e de cada lagoa utilizando a Análise de Componentes Principais por período: estiagem (a) e chuvoso (b).

(a) Estiagem



(b) Período Chuvoso



Valores de clorofila-a mostraram forte relação com a sazonalidade, apresentando médias mais altas no período de estiagem em todas as lagoas. Os valores descrevem baixa produtividade para todas as lagoas, com exceção do Dique do Tororó, que os valores médios atingiram $95,46 \pm 13,63$ $\mu\text{g/L}$, situação que é evidenciada pelo crescimento excessivo do fitoplâncton nesta época. Comportamento semelhante dessa variável é descrita por Cunha e colaboradores (2013) ao estudar o comportamento das variáveis na Lagoa de Cuiabá. Nas lagoas onde foram verificados baixos valores de clorofila-a, atribui-se a turbidez ao material inorgânico carregado através de lixiviação do entorno e à ação do vento ressuspensando o sedimento.

A fim de explicar a variabilidade dos dados, reduzir suas dimensões e compreender como os componentes hidroquímicos se relacionam, a análise multivariada foi efetuada para cada lagoa (Figura 2), e, entre todas as lagoas (Figura 3), para cada variação sazonal. Os autovalores encontrados na matriz de correlação designam a importância dos eixos para explicar a variabilidade dos dados. Os maiores autovalores são encontrados nos dois primeiros eixos, que explicam, portanto 73,51% da variabilidade na Lagoa da Paixão, 53,42% na Lagoa de Pituaçu, 69,40% na Lagoa do Abaeté e 47,76% na Lagoa do Tororó.

Para cada Fator considerado, os maiores valores mais altos indicam a variável mais representativa. Na Lagoa do Abaeté as variáveis mais representativas para o Fator 1 estão relacionadas à poluição aquática (DBO, DQO, Nitrato e Alcalinidade Total), enquanto, para o Fator 2 os teores de oxigênio (tanto dissolvido quanto percentual) se mostraram mais relevantes para a formação do grupo.

No Dique do Tororó, a contribuição das variáveis está distribuída de forma mais homogênea no Fator 1, sendo a condutividade a que representa menor influência para a composição deste eixo. No eixo 2 o parâmetro que exerce maior influência é o pH, e a de menor influência é a condutividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e colaboradores (2011) nesta mesma lagoa, onde a análise multivariada revelou uma forte correlação positiva entre os compostos nitrogenados, temperatura, pH, condutividade e Eh.

Nitrato e Turbidez foram as variáveis de maior contribuição para o fator 1 e 2, respectivamente, na Lagoa da Paixão. Dentre as diferentes formas que o nitrogênio pode se apresentar em ambientes aquáticos, o íon Nitrato é um dos mais importantes, que juntamente com a amônia,

representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, 1998). A presença de nitrato indica a formação deste íon durante processos fotossintéticos e de oxidação de matéria orgânica, apontando para um provável lançamento antigo de esgoto doméstico. Essa espécie foi encontrada em baixas concentrações nas amostragens feitas na lagoa da Paixão, mas em elevada concentração em Tororó e na lagoa de Pituaçú principalmente nos períodos de estiagem.

Na lagoa de Pituaçú houve maior contribuição da Alcalinidade total no eixo 1 e menor contribuição da variável OD, condição evidenciada pelo crescimento de densas comunidades de macrófitas aquáticas emersas. No eixo 2 houve maior contribuição EH e menor contribuição temperatura. Essa condição de influência das variáveis é corroborada quando projeção das variáveis hidroquímicas em eixos principais para todas as lagoas, discriminando-as por período sazonal (figura 3). Observa-se que em ambos os períodos e em todas as estações de amostragem no corpo hídrico urbano, os pontos relacionados à lagoa de Pituaçú e Abaeté estão mais próximos à variáveis relacionadas à despejo de matéria orgânica alóctone (cloreto, sulfato, nitrato, alcalinidade, condutividade, EH), e os pontos ligados às lagoas da Paixão e Dique à poluição por eutrofização e produção autóctone (DBO, DQO, OD, clorofila-a, e turbidez).

Conclusão

O estudo das variáveis limnológicas evidenciou que as Lagoas de Pituaçú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó se encontram com concentrações de fosforo total acima dos padrões estipulados pelo CONAMA, durante todo o período estudado. Outras variáveis que merecem atenção quanto ao monitoramento e conservação são DBO, DQO, OD, nitrato e cloreto.

Com exceção da lagoa de Pituaçú, classificada como “ruim” a “péssimo”, o IQA estabelecido para as lagoas estudadas, classificou-as como de “boa” qualidade nos períodos considerados. Em Pituaçú, análises multivariadas apontam para a probabilidade desta classificação estar associada a fontes de lançamentos de esgotos domésticos e resíduos promovendo contribuições diferenciadas de cada parâmetro devido às dimensões da bacia hidrográfica e confirmando a degradação da qualidade da água no reservatório.

De forma contrastante, o índice de estado trófico e os índices bióticos demonstraram que as lagoas avaliadas se encontram eutrofizadas, com destaque para a lagoa de Pituaçú e Dique do

Tororó, onde maiores valores foram verificados. Um índice de estado trófico funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA et al., 2009).

Os fatores de explicabilidade na Lagoa da Paixão representam de forma insuficiente a contribuição relativa de cada componente na determinação da variação total dos dados, sendo, portanto, altamente recomendado refazê-la em avaliações futuras, considerando o aumento de números de pontos e frequência de coleta.

Referências

ALELUIA, F. T. F. et al. Monitoramento do Reservatório de Pituacu, Inserido na Matriz de Expansão Urbana da Cidade de Salvador-Bahia. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 11-26, 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMBIENTE BRASIL. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. Disponível em: <www.ambientebrasil.com.br> v. 30, p. 06-08, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed., Washington. **American Public Health Association Pub.**, 1935 p. 2012.

ARAOYE, P. A. The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO₂) concentration in Asa lake Ilorin, Nigeria. **International Journal of Physical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 271-274, 2009.

ARAR, A. E. J. **Method 447.0: Determination of chlorophylls a and b and identification of other pigments of interest in marine and freshwater algae using high performance liquid chromatography with visible wavelength detection**. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Exposure Research Laboratory, 1997.

ARAÚJO, D. R.; MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. **Eng. sanit. ambient**, v. 23, n. 1, p. 55-62, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: NBR9898**. Rio de Janeiro. ABNT. 22 p. 1987.

BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Desenvolvimento territorial, potencialidades econômicas, território de identidade**. Salvador, 2017. Disponível em: <<http://www.sde.ba.gov.br/vs-arquivos/imagens/revista-pdf-11598.pdf>>

BARBOSA, L. G.; BARBOSA, F. A. R.; BICUDO, C. E. M. Inter-annual chemical stratification in Brazilian natural lakes: meromixis and hypolimnetic memory. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p. 127-139, 2012.

CALAZANS D., M. A., OVRUSKI, C. B. S., KONIG, A., SOUZA, M. H. N. D., & HOLANDA A. J. A. Índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98)**. pp. 1-5. APIS. 1998.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Série Relatórios, Anexo V - Índices de Qualidade das Águas - Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.

CRUZ C. D.; REGAZZI A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa. UFV. 390 p. 2001.

CUNHA, R. W., GARCIA Jr., M. D., ALBERTONI, E. F., & PALMA-SILVA, C. (2013). Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17(7), 770-779. 2013.

D'ALESSANDRO, E. B. et al. Influência da sazonalidade em lagoas de estabilização. **Ingeniería del agua**, v. 19, n. 4, p. 193-209, 2015.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.

FERREIRA, J. G. A transposição das águas da bacia do rio São Francisco no contexto da resposta à seca do Nordeste. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, 2017.

FIA, R., M., A. T., CORADI, P. C., & PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 4(1), 132-141. 2009.

Silva, M. D. J., Garcia, K. S., Celino, J. J., Pinheiro, L. B., & Palmeira, J. B. A. Indicadores Primários da Qualidade da Água do Dique do Tororó, Salvador, Bahia. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, p. 92-98. 2011.

LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo. USP, 238p. **Tese de Doutorado**. 2004.

MAGNUSSON, W.E.; Mourão, G.M. 2005. Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e as análises. Editora Planta, Londrina, 2005, 138p.

MARENCO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

NASCIMENTO, S. A. M. Diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero freático do alto cristalino de Salvador - Bahia. 195f. **Tese de Doutorado**. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

OGERA, R.C. Remoção de nitrogênio no esgoto sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada. **Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento**. UNICAMP, Campinas, 1995.

PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO Jr., D. L.; SAAD, A. R.; MONTEIRO Jr., A. J.; RACZKA, M. F. Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, v. 28, p. 305-312, 2009.

SANTOS, A. D., ARAGÃO, M. D. S., CORREIA, M. D. F., SANTOS, S. D., SILVA, F. D. and ARAÚJO, H. D. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2015, 31(4).

TELLES, D. D.'A. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. Editora Blucher, 2012.

TOURINHO, A. O. Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. **Dissertação de Mestrado**. 158 p. 2008.

YU, H., TSUNO, H., HIDAKA, T.; JIAO, C. Chemical and thermal stratification in lakes. **Limnology**, vol. 11, p. 251-257. 2010.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

A dinâmica complexa de comportamento dos sistemas aquáticos continentais torna a resposta aos impactos imprevisíveis. Neste prisma, faz-se necessário considerar em todas as ferramentas de análise de gestão que os impactos serão porfiosos e as mudanças graduais e, frequentemente, invisíveis.

O IQA, que descreve padrões de qualidade baseados em características físico-químicas leva em consideração a contaminação em decorrência da existência de matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes com teores máximos estabelecidos em função dos seus usos.

No entanto, a atribuição de um valor numérico aos sistemas de classificação de qualidade de água, apesar da sua importante capacidade de síntese, mascaram as peculiaridades dos ecossistemas, como por exemplo a existência de organismos patogênicos, substâncias tóxicas (ex.: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água, que ficam a cargo de outros instrumentos de gestão.

O desafio, portanto, concentra-se na proposição de um modelo que considere, em sua construção, a diversidade do país, os diferentes níveis de comprometimento dos recursos, a integração dos sistemas com a gestão ambiental e cuja capacidade de síntese funcione tanto como instrumento de gestão e avaliação, quanto de utilidade pública aliando o desenvolvimento econômico e o comprometimento com a sustentabilidade.

Neste estudo, as propriedades que determinam a qualidade da água em termos de parâmetros físico-químicos e concentração de metais nas quatro lagoas (lagoas de Pituaçú, Dique do Tororó e Lagoa da Paixão) e nas quatro fontes (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas/Pedreiras e Via Expressa) foram monitorados sazonalmente entre os anos de 2014 a 2017.

Nas lagoas, valores mensurados de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade estão em acordo com os preconizados pela Resolução CONAMA 357 para águas doces de Classe 2. No entanto, sugere-se especial atenção para variação pontual nos valores de pH e correção da depleção do oxigênio dissolvido, principalmente no Dique do Tororó, onde

frequentemente são relatadas consequências visuais e odoríferas da eutrofização ao final do período chuvoso.

A água das fontes também apresentou valores em desacordo com as portarias Conama 396/2008, 357/2005, e 274/2000 principalmente quanto os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, Nitrato e Coliformes Termotolerantes. Nas lagoas, o estudo das variáveis limnológicas evidenciou que todas se encontram com concentrações de fósforo total acima dos padrões estipulados pelo CONAMA, durante todo o período estudado. Outras variáveis que merecem atenção quanto ao monitoramento e conservação são DBO, DQO, OD, nitrato e cloreto.

Quanto aos metais estudados, apenas a presença de íons Manganês foi observada em três das quatro fontes, porém em valores ainda dentro dos limites estipulados pelas normas de segurança. Já nas Lagoas, os dados que foram obtidos sobre a concentração de metais representam um risco para o equilíbrio do ecossistema e, conseqüentemente para a integridade do seu atual uso, principalmente Ferro, Chumbo, Manganês e Alumínio que se mostraram, em determinados períodos sazonais ou de forma constante (Mn) em níveis perigosamente acima dos limites estipulados.

Ressalta-se, portanto, a necessidade de atenção, com destaque aos valores que foram obtidos para os metais dissolvidos devido à maior possibilidade de efeitos nocivos, sendo imperativa a intervenção e proteção nestas áreas, acompanhado de contínuo monitoramento, visando melhorar a qualidade da água para corresponder de forma adequada aos usos preponderantes pela população local.

Com exceção da lagoa de Pituaçú, classificada como “ruim” a “péssimo”, o IQA estabelecido para as lagoas estudadas, classificou-as como de “boa” qualidade nos períodos considerados. Em Pituaçú, análises multivariadas apontam para a probabilidade desta classificação estar associada a fontes de lançamentos de esgotos domésticos e resíduos promovendo contribuições diferenciadas de cada parâmetro devido às dimensões da bacia hidrográfica e confirmando a degradação da qualidade da água no reservatório.

Já o índice de estado trófico (IET) e os índices bióticos (DBO, DQO, clorofila a e coliformes termotolerantes) demonstraram que as lagoas avaliadas se encontram eutrofizadas, com destaque para a lagoa de Pituaçú e Dique do Tororó, onde maiores valores foram verificados.

Os resultados das análises geoquímicas e microbiológicas apontam a inadequação das fontes e lagoas estudadas para os usos a que se destinam, revelando a negligência da gestão e determinando um problema social e de saúde pública.

Portanto, recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos, além de intervenções de gestão que permitam um monitoramento frequente e efetivo, com objetivo de prevenção de doenças de veiculação hídrica e conservação da qualidade destes mananciais, agregado às ações de conscientização para manutenção e preservação por parte dos usuários.

Os fatores de explicabilidade na Lagoa da Paixão se mostraram estatisticamente insuficientes para representar a contribuição relativa de cada componente na determinação da variação total dos dados, sendo, portanto, altamente recomendado refazê-la em oportunidades futuras, considerando o aumento de números de pontos e frequência de coleta.

Em conclusão, este estudo constitui uma base de dados para futuros estudos ecológicos, conservação e gestão dos recursos desta área, com o objetivo a longo prazo de que estas informações permitam propor um plano com ações estratégicas e articuladas com o governo para preservação e manutenção dos bens públicos, com vista à valorização e a ressocialização destes ambientes.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES

1. Sergio Augusto de Moraes Nascimento

Possui graduação em geologia pela Universidade Federal da Bahia (1969), mestrado em Geociências - opção em geoquímica de exploração mineral pela Universidade Federal da Bahia (1981) e doutorado em Geologia também pela Universidade Federal da Bahia (2008). Atualmente é professor Titular aposentado atuando no curso de pós-graduação em geologia da UFBA. Foi Coordenador do Núcleo de Estudos Hidrogeológico e do Meio Ambiente (NEHMA) no período de 2010 a 2014. Tem experiência na área de Qualidade e gestão de águas superficiais e subterrânea, hidrogeologia, hidroquímica e qualidade da água subterrânea, hidroquímica de isótopos, contaminação de aquíferos e geoquímica de exploração mineral. Contribuiu na execução deste trabalho com sugestões de delineamento metodológico, sugestões de leitura, apoio de campo e auxílio na resolução de adversidades.

2. Manuel Vítor Portugal Gonçalves

Biólogo, especialista em Ecologia e Intervenções Ambientais pelo Centro Universitário Unijorge - UNIJORGE (2015), mestrado em Planejamento Ambiental pela UCSAL (2010), bolsista CNPq (2010 - 2014) e doutorado em Geologia pela UFBA (2014). Integra o grupo de pesquisa Geologia das Interfaces (UFBA), nas linhas de pesquisa Geologia Médica; Vulnerabilidade, Avaliação de Risco de Contaminação e Remediação de Aquíferos; e Hidrogeoquímica: assinaturas antrópicas e geogênicas nos recursos hídricos. Realiza pesquisa de avaliação e monitoramento ambiental; aplicação de estatística multivariada nas geociências; hidrogeologia isotópica; qualidade da água (química, física e microbiológica) e caracterização geoquímica do Antropoceno. É membro do grupo Desenvolvimento, Sociedade e Natureza (UCSAL), na linha de pesquisa Conflitualidade socioambiental e planejamento, onde desenvolveu pesquisas de ecologia aplicada ao estudo de manguezais, bioindicação e biogeoquímica e subsídios ao gerenciamento ambiental em zonas costeiras. Foi professor na graduação em Engenharia Ambiental, da FAMEC, em Camaçari, Bahia (2011-2013). É professor efetivo de Ciências e Biologia da Secretária de Educação do

Estado da Bahia. Participa como pesquisador e voluntário da rede de monitoramento da qualidade da água na Lagoa de Pituáçu, no Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador, Bahia, em colaboração com a Fundação SOS Mata Atlântica, Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (UNESCO), Programa de Pós-Graduação em Planejamento Ambiental da UCSAL. Contribuiu nessa pesquisa com decisões de delineamento estatístico, apoio bibliográfico e referencial e organização de dados.

3. Isabel Honorata de Souza Azevedo

Graduou-se em Ciências Naturais (2008), realizou mestrado em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente (2014) e Doutorado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar, todos pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Fez especialização em Metodologia do Ensino de Física (2016) pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI-ES). Tem larga experiência no ensino de Física e Química para Educação Básica. Atualmente é professora substituta de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e integrante do Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF/UFBA), desenvolvendo pesquisas nas seguintes linhas: Caracterização biogeoquímica de estuários e manguezal; Paleocologia de foraminíferos bentônicos de áreas costeiras. Áreas de interesses: Ensino de Física, Química, Química Ambiental, Geoquímica Ambiental e Ciências Ambientais.

4. Alexandre Dacorso Daltro Milazzo

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Católica do Salvador (2007). É Mestre em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (2011), Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2017). Profissional que dedica sua atenção especial aos temas seguintes: Metais Traços, Qualidade de águas em áreas de manguezais na Baía de Todos os Santos, com destaque para pesquisa das influências da sazonalidade sobre o comportamento de elementos metálicos em ecossistema de manguezal. Ministrou aulas da disciplina Ciências Ambientais, como Professor Auxiliar, do curso de Ciências Biológicas da Universidade Católica do Salvador.

APÊNDICE B – DETALHAMENTO DO MÉTODO DE TRABALHO DESENVOLVIDO

O procedimento metodológico constituiu-se em duas etapas: (1) levantamento bibliográfico e aquisição de dados em fontes secundárias, (2) amostragem da água e análises de laboratório e (3) sistematização dos dados e interpretação dos resultados.

Levantamento bibliográfico

Nesta pesquisa, procurou-se obter o maior número de dados e informações sobre as características físicas, químicas e biológicas das lagoas e fontes. Identificada a escassez de estudos publicados, para fins comparativos, foram também reunidas informações oriundas do monitoramento frequente dos órgãos de gestão. Portanto, os dados de parâmetros de qualidade e teor de metais referentes aos anos de 2014 a 2017 contam com informações cedidas oficialmente do banco de dados do Departamento de Controle de Qualidade da EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) e dos dados disponíveis on-line pelo programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA).

Continuamente, foi também realizada uma ampla revisão bibliográfica baseada na literatura científica e legislativa especializada entre abril 2016 e março de 2019. Os artigos científicos foram selecionados através de busca no banco de dados do Scielo e do portal Periódicos Capes utilizando como critério de escolha suas datas de publicação (considerando como limite máximo inferior o ano de 2010) e o fator de impacto (relação entre o número de vezes que os artigos de uma revista são citados e o número total de artigos publicados a cada ano) de cada periódico consultado. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias cadastradas nos Descritores (Thesaurus) ou Palavras-Chaves (Scopus e Web of Science) para geociências e ciências ambientais. Outras fontes bibliográficas incluem livros antigos, jornais, artigos, resumos de eventos, trabalhos acadêmicos e documental.

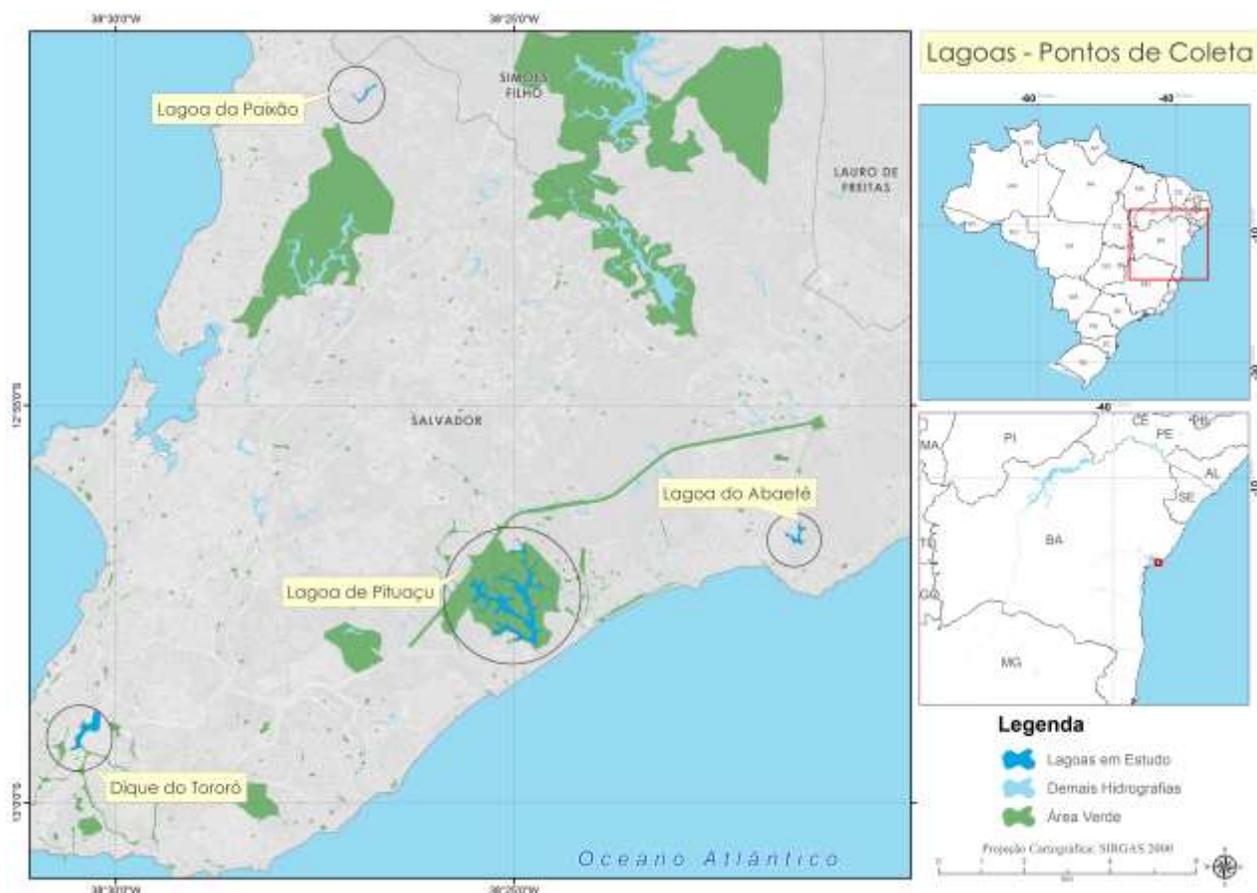
Amostragem da água e análises de laboratório

Foram realizadas quatro campanhas de amostragem, nos meses de julho e novembro dos anos de 2017 e 2018. Os trabalhos de campo foram realizados com o auxílio de embarcações da equipe técnica da CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia), grupamento operacional do GMAR (13º Grupamento De Bombeiro Militar) e Coordenadoria de Salvamento Marítimo (SALVAMAR/ SEMOP).

Os períodos de coleta respeitaram a determinação sazonal proposta por Santos et al. (2016) que definiu, com base na variabilidade pluviométrica da cidade de Salvador os meses de Abril, Maio, Junho e Julho como pertencentes ao quadrimestre mais chuvoso, e os meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro como o quadrimestre de maior estiagem, baseando-se nos totais mensais de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia no período de 51 anos (1961-2011). As coletas foram realizadas no período da manhã e em dias sem chuva, porém com a ocorrência de eventos pluviométricos na semana anterior, seguindo os procedimentos recomendados em ABNT (1987).

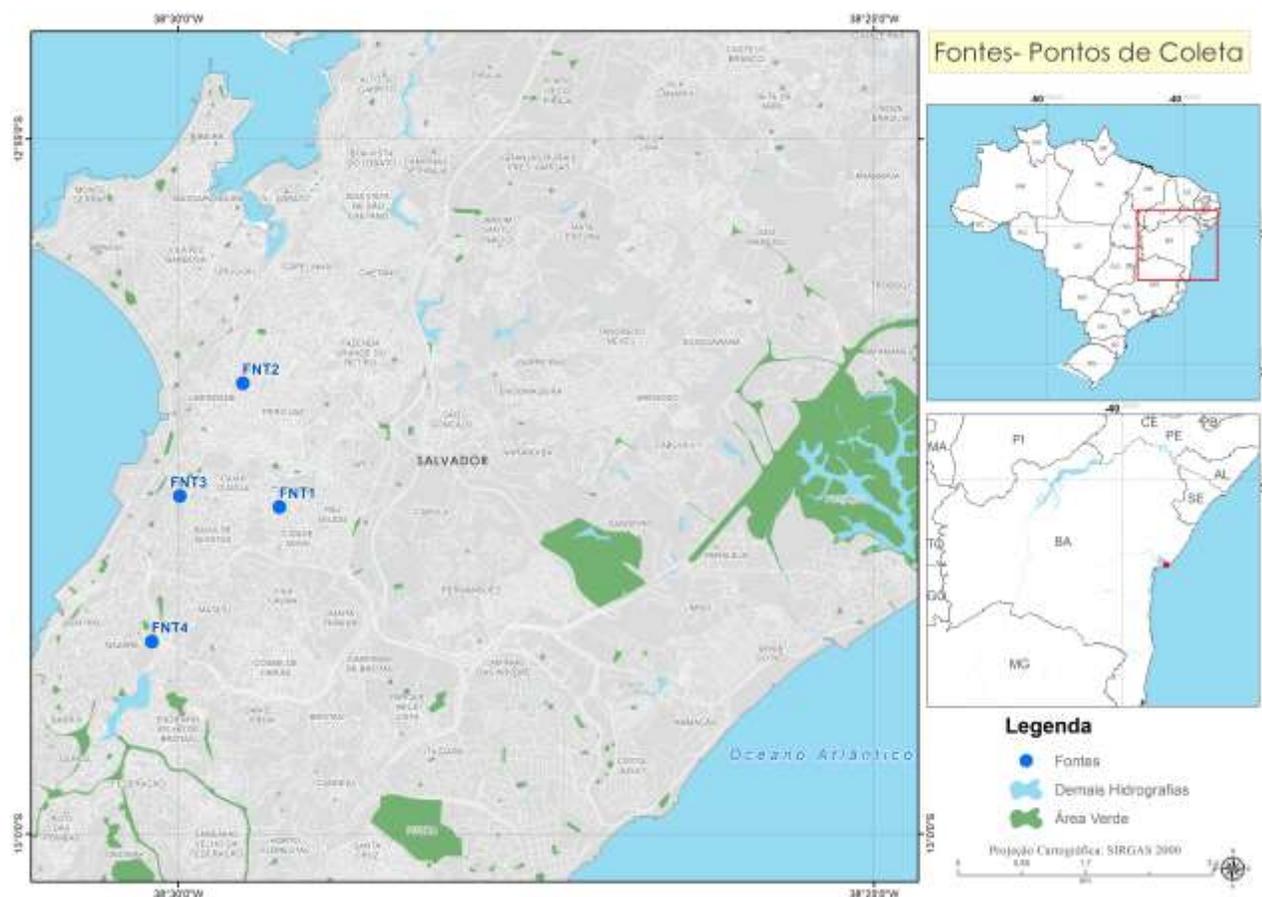
Nas lagoas, foram previamente definidos pontos de amostragem randômica simples, garantindo que os dados obtidos existam em possibilidades iguais, ou seja, não sejam afetados pela escolha do técnico de coleta. A quantidade e localização de pontos foi determinada em concordância com a extensão do corpo d'água, e baseados na adequação com os dados previamente verificados (Figura 1) respeitando as condições de equidistância aproximada, com o objetivo de caracterizar o lago em sua extensão, e proximidade de áreas de influência de intervenção populacional ou de infraestrutura urbana. Nas fontes, as amostras foram realizadas em triplicata por unidade de análise, sua identificação, localização e georreferenciamento estão discriminadas na Figura 2. As amostragens foram realizadas seguindo as recomendações das normas que disciplinam a coleta de água em APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 2005).

Figura 1. Mapa de identificação do local e quadro contendo total de pontos de amostragem, extensão de cada lagoa e suas respectivas coordenadas geográficas.



Lagoa	Extensão (m ²)	Total de Pontos	Latitude (S)	Longitude (O)
Paixão	75.212	2	12°51.185' 12°51.215'	38°27.009' 38°26.952'
Tororó	110.122	4	12°58.919' 12°59.219' 12°59.147' 12°59.045'	38°30.254' 38°30.490' 38°30.442' 38°30.304'
Pituacú	444.126	6	12°57.820' 12°57.715' 12°57.620' 12°57.582' 12°57.464' 12°57.998'	38°25.110' 38°24.783' 38°24.793' 38°25.063' 38°25.530' 38°24.738'
Abaeté	39.146	4	12°56.636' 12°56.692' 12°56.625' 12°56.566'	38°21.581' 38°21.487' 38°21.427' 38°21.379'

Figura 2. Mapa de localização das fontes e quadro contendo suas respectivas coordenadas geográficas.



Identificação	Nome	Latitude (S)	Longitude (O)
1	Fonte das pedrinhas ou pedreira.	12°57'38.78"	38°29'16.39"
2	Fonte da estica.	12°56'4496"	38°29'32.50"
3	Via expressa	13°0'38.74"	38°30'14.00"
4	Fonte nova	12°58'38.01"	38°30'3.63"

A lavagem dos materiais e recipientes designados à coleta e aos procedimentos analíticos ocorreu em solução de ácido nítrico (HNO_3) ou clorídrico (HCl) (10%), com subsequente lavagem em água ultra-pura (Milli-Q). Para as coletas de água foram utilizados frascos de 1.000 mL, reutilizáveis, limpos e devidamente identificados, sendo coletados cerca de 750 mL por amostra. Em cada coleta, os frascos foram previamente ambientados, para garantir a adequação das propriedades da água.

Durante a coleta foram utilizados utensílios inertes ou descartáveis, para evitar alterações nas características das amostras, e cada recipiente deve ser adequado para a análise a ser realizada.

Para a análise de metais foram utilizadas garrafas previamente aciduladas com HNO_3 concentrado, para parâmetros biológicos, foram utilizadas garrafas de vidro escurecidas, evitando exposição à luz.

Nas lagoas, amostras superficiais foram adquiridas respeitando o máximo de 30-40 cm de profundidade diretamente do corpo d'água, através de recipientes inertes, devidamente esterilizados e identificados. Nas fontes as amostras foram coletadas em triplicata no sentido do fluxo, as amostras da Fonte Nova foram coletadas no espaço de estagnação da água, uma vez que o escoamento mina por baixo da estrutura construída para manter esta água acumulada. Durante a coleta foram utilizados utensílios inertes ou descartáveis, para evitar alterações nas características das amostras, cada recipiente deve ser adequado para a análise a ser realizada.

Os parâmetros físico-químicos limnológicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos) foram analisados in situ e durante a coleta utilizando sonda multiparâmetro (Horiba 104 U-54 Multiparameter Water Quality Checker). A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece limite legal para ambos os parâmetros medidos, e a realização das análises em campo com o auxílio de uma sonda portátil possibilita maior consistência dos dados, levando em consideração o clima local no momento exato da coleta.

Os recipientes contendo as amostras de água coletadas em cada ponto foram agrupados e conservados de acordo com a metodologia específica para cada análise (Quadro 3). Em seguida as amostras foram preservadas em caixas de isopor com gelo para manter a temperatura de aproximadamente 4°C com o objetivo de conservar suas propriedades. As amostras foram então encaminhadas ao laboratório do Plasma e ao Núcleo de Estudos Ambientais (IGEO/UFBA) e Laboratório do Departamento de Engenharia Ambiental (Escola Politécnica/UFBA) para serem analisadas. Esse processo foi concluído antes do período inferior a 24 horas, visto que alguns parâmetros possuem o prazo de vencimento das amostras para a análise. Cada período de amostragem levou em consideração o prazo de validade das amostras para execução das análises.

As concentrações de Fe, Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Cd, Cr e Pb em água foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Agilent Technologies, modelo 720 series) de acordo com a metodologia 3120B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). As condições para determinação de cada elemento e de operação são detalhadas abaixo.

Para análise da DQO foi empregado o método do refluxo fechado segundo a metodologia 5220 D, para análise da DBO5 foi utilizado um sensor LDO (Luminescent Dissolved Oxygen) conforme o método 5210 B, ambos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). e para determinação de concentração de Clorofila a foi utilizada a cromatografia líquida de alta resolução de fase reversa (HPLC) de acordo com o método 447.0 descrito em Arar (US-EPA) (1997). A avaliação de densidade bacteriana através da contabilidade de coliformes termotolerantes foi determinada pela técnica da membrana filtrante, descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) de acordo com o método SM-9222D.

Todos os dados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico seguindo as ferramentas do Excel 2016 e do pacote Statistica 8. Esses programas foram utilizados para realizar a estatística descritiva, verificar a normalidade dos dados e confeccionar os gráficos representativos da caracterização das amostras.

Quadro 3. Técnicas, métodos de referência, limites de quantificação e comprimento de onda para determinação das variantes de qualidade da água.

Análise	Técnica	Método de Referência	Limite de Quantificação	Comprimento de onda (nm)
DQO	Refluxo fechado	SM-5220D	5 mg/L O ₂	600
DBO5	Sensor de luminescência	SM-5210B	1,0 mg/L	N.A.
Clorofila a	Cromatografia	EPA 447.0	0,1 mg/L	Cl-a 440
Colif. Termot.	Membrana Filtrante	SM-9222D	1 UFC/100mL	N.A.
Cadmio (Cd)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Cd 228.802
Chumbo (Pb)	ICP-OES	SM-3120B	0,010 µg/L	Pb 220.353
Níquel (Ni)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Ni 221.648
Cobalto (Co)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Co 228.615
Cromo (Cr)	ICP-OES	SM-3120B	0,02 µg/L	Cr 267.716
Cobre (Cu)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Cu 324.754
Zinco (Zn)	ICP-OES	SM-3120B	0,005 µg/L	Zn 213.857
Ferro (Fe)	ICP-OES	SM-3120B	0,10 µg/L	Fe 259.940
Manganês (Mn)	ICP-OES	SM-3120B	0,01 µg/L	Mn 257.610

Demanda química de oxigênio:

O princípio da análise de Demanda Química de Oxigênio é baseado na oxidação química da matéria orgânica. A definição do DQO é estabelecida como a quantidade de oxidante químico necessária para oxidar a matéria orgânica de uma amostra, medida em miligramas de oxigênio por litro (mg O₂.L⁻¹). Portanto, a demanda química de oxigênio (DQO) indica a quantidade de oxigênio que seria consumido através de reações químicas de oxidação de diversos compostos

orgânicos presentes, sem a intervenção de microrganismos, indicando de maneira indireta a quantidade de matéria orgânica presente no líquido.

Na determinação da DQO através do método colorimétrico de refluxo fechado, a amostra e os reagentes utilizados (são digeridos em balões de fundo chato por duas horas, sendo posteriormente resfriados. A absorção do dicromato residual é medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 600 nm. Nesta técnica, o íon dicromato que oxida a matéria orgânica da amostra muda o estado de cromo hexavalente (Cr^{+6}) para o estado de cromo trivalente (Cr^{+3}). Ambas as espécies de cromo são coloridas e absorvidas na região visível do espectro, porém o íon dicromato (Cr_2O_7)⁻² é fortemente absorvido no comprimento de onda de 400 nm, no qual a absorção do íon cromo (Cr^{+3}) é muito menor e o íon cromo absorve fortemente na região de 600 nm na qual o dicromato tem absorção próxima à zero (APHA, 1998).

Para o preparo da solução de digestão foi dissolvido em 125 mL de água destilada 2,554 g de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), previamente seco em estufa a 103°C por 2 horas, 41,75 mL de ácido sulfúrico, e 8,325 g de HgSO_4 . Após esfriamento, completou-se com água destilada o volume da solução em balão volumétrico de 250 mL.

O reagente de ácido sulfúrico foi feito adicionando sulfato de prata (Ag_2SO_4) cristal ou pó em H_2SO_4 numa proporção de 2,03 g de Ag_2SO_4 para 200 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Em capela, foi adicionado nos tubos de ensaio 1,5 mL da solução de digestão, 2,5 mL de amostra de água das coletas e 3,5 mL de reagente ácido sulfúrico. Os tubos foram posteriormente adicionados em blocos digestores a 150°C por 2h, em seguida, foram retirados, agitados e deixados em repouso até sedimentar, onde foi retirada uma alíquota para leitura no espectrofotômetro com o comprimento de onda ajustado para 600 nm.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio consumida durante a degradação bioquímica da matéria orgânica (demanda carbonácea) juntamente com o oxigênio usado na oxidação de produtos inorgânicos em um certo período de tempo, e também o oxigênio utilizado para oxidar formas reduzidas de nitrogênio (demanda nitrogenada), pelo metabolismo de microrganismos aeróbios, que promovem a estabilização desta matéria orgânica presente no meio líquido. Desta forma, podemos dizer que a DBO é quantidade

ou a taxa de oxigênio a ser consumida bioquimicamente durante certo intervalo de tempo, a uma determinada temperatura e numa dada quantidade de amostra.

O teste da DBO consiste na determinação do oxigênio dissolvido (OD), em uma amostra antes e após um período de incubação, usualmente de 5 dias, a uma temperatura de $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Em algumas amostras, foi necessário o preparo da água de diluição a 1%, produzida com água deionizada saturada de oxigênio (utilizando um compressor de ar comprimido), e após 15 minutos, em cada litro de água deionizada, foi adicionado 1 mL da solução tampão fosfato, 1 mL de solução de sulfato de magnésio, 1 mL de solução de cloreto de cálcio e 1 mL de solução de cloreto férrico.

Cada amostra a ser analisada foi preparada em dois balões volumétricos de 500 ml para cálculo de DBO, um para leitura da OD inicial, tempo 0, e o outro para ser encubado durante 5 dias à 20°C . Foram enchidos também dois frascos apenas com a água de diluição (branco). A quantidade de OD, tanto inicial como após os 5 dias, é determinada através de método fotométrico por sensor de luminescência (oxímetro).

Clorofila A

Este método fornece um procedimento para determinação de clorofila a (chl a) encontrada no fitoplâncton marinho e de água doce. A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência Reversa (HPLC) com detecção a 440 nm é usada para separar os pigmentos a partir de uma mistura de pigmentos complexos e medi-los em um intervalo de sub-microgramas.

Todo procedimento de análise de clorofila foi realizado minimizando-se a exposição à luz. A HPLC foi calibrada com uma solução padrão de referência de Clorofila a substancialmente livre de clorofila b, que foi espectrofotometricamente quantificada de acordo com o método EPA 447 (ARAR, 1997); O fitoplâncton contendo clorofila em um volume medido de água da amostra foi concentrado por filtração em baixo vácuo através de um filtro de fibra de vidro. Os pigmentos foram extraídos do fitoplâncton em 90% de acetona com a ajuda de um moinho de tecido mecânico e deixados em repouso por no mínimo 2 h, mas não excedendo 24 h, para garantir a extração completa dos pigmentos. A suspensão restante no filtro foi centrifugada a 675g durante 15 min (ou a 1000 g durante 5 min) para clarificar a solução. Uma alíquota do sobrenadante foi retirada com uma seringa de 0,45 mm e injetada numa coluna de fase inversa. Após a separação

usando um gradiente ternário, as concentrações foram relatadas em mg / l (ppb) ou mg / l (ppm) em toda a amostra de água.

Coliformes Termotolerantes

O conteúdo biológico da caracterização foi coletado em amostragem individualizada, acondicionado em recipientes especiais, previamente esterilizados e descontaminados (autoclave a 121° por 30 minutos), fornecidos pelo laboratório de análise.

Foi utilizada a Técnica de Membrana Filtrante (SM9222D descrito em APHA, 1997), e para tanto, as amostras foram enviadas, em tempo inferior a 5 horas após a coleta, ao Laboratório LABDEA, da Escola Politécnica da UFBA.

Para serem realizados os estudos de coliformes termotolerantes 100 mL de cada amostras foi filtrada a vácuo em filtros de membrana de Ø 47 mm e porosidade de 0,45µm, posteriormente encubadas em estufa de cultura, nos estudos de coliformes totais, com a temperatura a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante vinte quatro horas, e para coliformes termotolerantes com temperatura a $44,50 \text{ C} \pm 0,20$ durante vinte quatro horas.

Após estes processos foi feito a contagem das colônias com lupa. Estas amostras foram armazenadas em geladeira com temperatura entre 4 e 10°C. As colônias indicativas de coliformes totais típicas têm uma cor rosa a vermelho escuro, com brilho metálico, já as colônias indicativas de coliformes termotolerantes aparecem de cor azul.

Metais

A espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES/MS) é reconhecidamente uma excelente ferramenta para análises de metais em amostras aquosas, isso se deve às suas características de sensibilidade (ICP tem cerca de três ordens de magnitude melhor do que a absorção atômica com chama – FAAS), estabilidade, reprodutibilidade e praticidade, uma vez que as amostras de água podem ser diretamente analisadas com pouco ou nenhum tratamento prévio.

Para as concentrações dos metais cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) a água foi filtrada em membrana Millipore 0,45µm, em bomba de vácuo (Primatec, modelo 131), na sequência este filtrado foi reservado para análise de metais, conservado com adição de 1ml HNO₃ 65% até o momento da digestão.

Procedeu-se a digestão para liberação dos metais filtrados tomando-se frações de 200 mL, com pipetas volumétricas, em duplicata, de cada garrafa de amostra após homogeneização. Essas alíquotas foram despejadas em beakers de teflon, onde adicionou-se 5 mL de HNO₃ 65% e reservadas em capela de exaustão. Para redução de volume as amostras foram levadas a placa de aquecimento a 70°C e posteriormente transferidas para balões volumétricos de 25mL, avolumadas com água ultrapura. Em seguida, as amostras foram transferidas e encaminhadas para quantificação por ICP-OES (Agilent Technologies, modelo 720 series) no Núcleo de Estudos Ambientais (IGEO/UFBA).

No equipamento um gás parcialmente ionizado (geralmente Ar) gerado em uma tocha de quartzo alimentado por radiofrequência 1-2,5 kW, atingindo temperaturas de 6.000 a 10.000 K, a depender da região do plasma e condições de operação. No Quadro 4 consta a configuração de operação do ICP-OES para determinação dos elementos químicos na água.

Quadro 4. Condições de operação do sistema para determinação das concentrações de metais em água por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Câmara de nebulização	Ciclônica (Single Pass)
Nebulizador	SeaSpray
Potência de radiofrequência	1.10 kW
Vazão do gás do plasma	15 L.min-1
Vazão do gás auxiliar	1,5 L.min-1
Vazão do gás de nebulização	0,75 L.min-1

Sistematização dos dados e interpretação dos resultados

Os dados coletados nas campanhas e referentes aos resultados das análises laboratoriais foram tabulados em planilha utilizando o software Microsoft Office Excel, versão 2016. As planilhas foram então transportadas para os programas Statistica 10, GraphPad InStat e BioEstat 5.4 para tratamento estatístico dos dados.

Para verificar a hipótese de distribuição dos dados (paramétricos ou não-paramétricos), utilizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, determinando assim o valor de p , com nível de significância de 95%. foram utilizados os teste T Student (paramétricos) para comparação de médias e Mann-Whitney (não paramétricos) para comparação de medianas com base na diferença mínima significativa (quando $p < 0,05$) afim de averiguar se existem diferenças significativas entre as médias (para dados com distribuição paramétrica) ou medianas (para dados com distribuição não-paramétricos) sazonais distintas.

O agrupamento e o grau de semelhança entre as variáveis foram avaliados aplicando uma ordenação com o método de Ward, utilizando a distância Euclidiana. A análise multivariada foi realizada para verificar a estimativa da similaridade dos dados. Foi utilizada a técnica da Análise de Componentes Principais (PCA) para compreensão das relações entre as variáveis, representando-as em duas dimensões ortogonais, onde os dados analisados produzem fatores ou componentes principais (CP) que determinam a variabilidade dos dados e explicam a maior proporção da variância total entre todas as combinações lineares, seguidos de fatores subsequentes que determinam menor proporção de variância total que a primeira e assim sucessivamente.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed., Washington, **American Public Health Association Pub.**, 1935 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed., Washington, American Public Health Association Pub., 1935 p. ARAR, ARAR, Elizabeth J. **Method 447.0: Determination of chlorophylls a and b and identification of other pigments of interest in marine and freshwater algae using high performance liquid chromatography with visible wavelength detection.** United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Exposure Research Laboratory, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: NBR9898.** Rio de Janeiro: ABNT. 22 p., 1987.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 274, de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. Imprensa Nacional, 8 de janeiro de 2001. 2000.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n.º 518 de 25 de março de 2004. Estabelece normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. Imprensa Nacional, 26 de março de 2004. 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as Condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. Imprensa Nacional, 17 março de 2005. 2005.

_____. 2008. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Imprensa Nacional, 07 de abril de 2008.

_____. 2011. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 26 de março de 2004.

FEDERATION, Water Environmental et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association (APHA)**. Washington, DC, USA, 2005.

SANTOS, A. D., ARAGÃO, M. D. S., CORREIA, M. D. F., SANTOS, S. D., SILVA, F. D. and ARAÚJO, H. D. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2015, 31(4).

APÊNDICE C – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E O MEIO FÍSICO NATURAL

Clima

A região de estudo situa-se na faixa de clima *Af*, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger¹ (KÖPPEN, 1948 in BRASIL, 2008; ALVARES et al., 2013), caracterizado como tropical úmido superúmido ou equatorial, sendo a temperatura média do mês mais quente sempre superior a 18°C. O total das chuvas do mês com maior estiagem é superior a 60 mm, com precipitações maiores de março a agosto, ultrapassando o total de 1.500 mm anuais. Nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) a temperatura é de 24 a 27°C.

O clima da cidade de Salvador é marcado por chuvas concentradas nos meses de março a agosto devido à atuação de sistemas atmosféricos litorâneos, especialmente o Tropical Atlântico e o Polar Atlântico que aproxima as frentes frias vindas do Sul, resultando em torrenciais chuvas frontais. Estes sistemas atuam ao longo do ano, estando mais fortes no litoral brasileiro no período do inverno.

A média pluviométrica anual é de 1781 mm e a temperatura média anual é 25,2 °C. A normal climatológica anual prevê um número maior, de 2126,1 mm anuais (RAMOS et al., 2009) em decorrência de eventos de chuva intensa no quadrimestre chuvoso, consequência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto, determinando as condições climáticas da região.

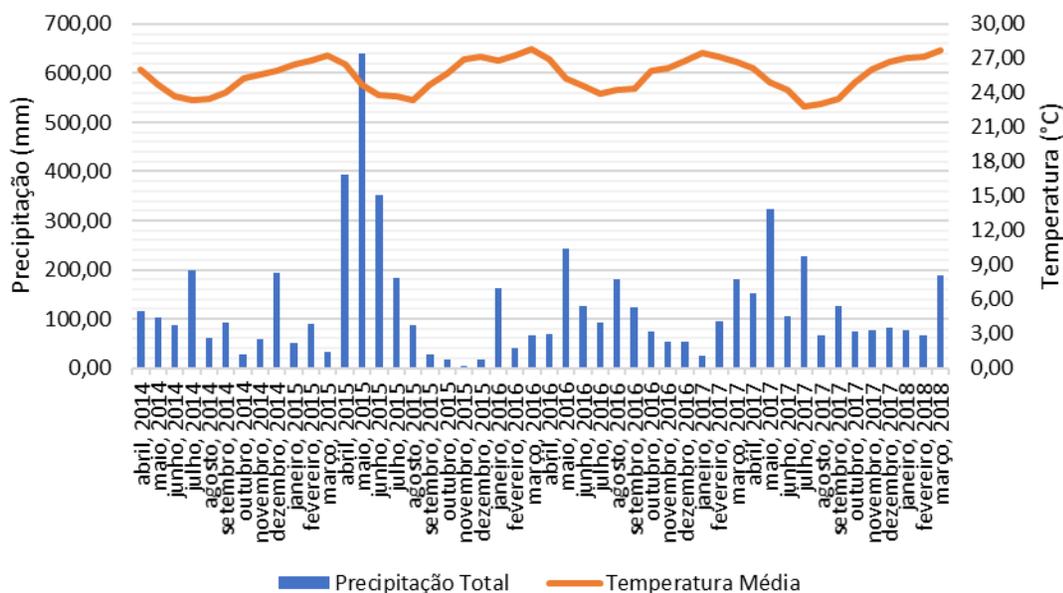
Os dados pluviométricos e de temperatura do ar utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados da estação meteorológica de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador. Foram obtidas as médias mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2014 e 2018 (Figura 2).

O Território registra a presença de dois biomas: Mata Atlântica e Zona Costeira Brasileira. A Zona Costeira Brasileira abriga uma variedade de ecossistemas como recifes de corais, dunas,

¹ A classificação climática de Köppen-Geiger divide os climas em 5 grupos (A-E), atribuindo-lhes tipos e subtipos. Cada clima é representado por um conjunto de letras (com 2 ou 3 caracteres), onde a primeira letra, sempre maiúscula, (no caso “A”) é um indicador de grupo, e estabelece o tipo de clima dentro do grupo e as particularidades do regime pluviométrico, a segunda (podendo ser uma maiúscula, ou minúscula, no caso “f”) é chamada indicador de

áreas úmidas, lagos, brejos, sistemas de lagoas, restingas de Mata Atlântica, manguezais, estuários e fauna e flora riquíssima que concorrem para a grande incidência da megadiversidade biológica brasileira.

Figura 2. Histograma da variação mensal média de temperatura (°C) e pluviosidade (mm) (abril, 2014 – março, 2018). Dados obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador.



Solo

A cobertura regolítica, sobreposta ao sistema cristalino da cidade de Salvador, é formada pelo solo residual e a rocha alterada (saprólito). Essa cobertura geralmente possui tom avermelhado, devido a presença de minerais ferromagnesianos, e composição predominantemente argilosa (superior a 35%).

As argilas que compõem o regolito são produtos da alteração produzida pelo intemperismo no embasamento cristalino. Segundo Nascimento e colaboradores (2008), a cobertura regolítica sobre o embasamento cristalino tem uma espessura média de $20 \pm 2,5$ metros. A cobertura regolítica e o cristalino formam de um modo geral um sistema aquífero confinado, com o nível estático pouco profundo, apresentando um valor médio de 5,4 metros de profundidade, podendo variar estatisticamente de 4,0 a 7,0 metros.

tipo, e estabelece o tipo de clima dentro do grupo, e denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é a quantidade e distribuição da precipitação.

A cobertura de regolito sobre o embasamento cristalino de Salvador tem a espessura média em torno dos 18 metros (NASCIMENTO et. al., 2009). Essa cobertura de regolito apresenta-se formada pelos horizontes A e B do solo residual logo abaixo dela encontra-se a rocha decomposta. Ainda segundo Nascimento e colaboradores (2008), esse horizonte pedológico apresenta minerais micáceos e feições estruturais das rochas originais ainda preservadas, tais como, foliações, veios de quartzo e bandamentos mineralógicos dobrados que se diferenciam conforme a natureza da rocha original, do relevo, da declividade, entre outros fatores morfológicos.

Em Salvador, o latossolo tem sua tonalidade relacionada à ocorrência de granulitos ferromagnesianos. Estudos de Ribeiro (1991), relatam que latossolos vermelho-escuro determinam a ocorrência de rochas do tipo diabásio e alguns granulitos básicos, os vermelho-amarelo estão associados à ocorrência de granulitos tonalíticos e charnoenderbíticos, e os latossolos amarelos correspondem aos sedimentos da Formação Barreiras. Na cidade alta é possível encontrar alguns argilossolos (podzólicos) vermelho-amarelo sobre granulitos tonalíticos e charnoenderbíticos, além de sedimentos da Formação Barreiras.

Geologia

As condições geológicas locais de uma cidade determinam a influência litológica para caracterização das águas subterrâneas e superficiais em seu estado natural (sem interferência dos fatores antrópicos), bem como as condições climáticas e estrutura litológica, que interferem na interpretação dos dados físico-químicos destas águas.

Assim sendo, os aspectos físicos naturais são categóricos para determinação da qualidade da água bem como no surgimento das fontes e lagoas na cidade de Salvador, principalmente no que diz respeito à geologia e hidrogeologia.

A cidade de Salvador foi construída sobre um planalto, cerqueada por uma escarpa e protegida por vales profundos. Sua história geológica é datada a partir do aqueano (proterozóico) até meados do Cenozóico, onde é marcado o sítio de Salvador. De modo geral, a cidade de Salvador é caracterizada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino parcialmente recobertas pelos sedimentos cretácicos da Formação Barreiras que repousa discordantemente sobre rochas cristalinas (SANTOS, 2003).

Vários trabalhos (BARBOSA E DOMINGUEZ, 2004; NASCIMENTO, 2002; SANTOS, 2003;) sintetizam o conjunto litológico que caracteriza a cidade de Salvador representando-o por três domínios principais:

- i) Bacia Sedimentar do Recôncavo: é constituída por rochas sedimentares mesozoicas e faz parte de um sistema de rift intercontinental denominado Recôncavo-Tucano-Jatobá, cujo limite se interrompe na margem Leste do Brasil (MAGNAVITA et al. 2005). A Bacia do Recôncavo, situada na parte sul do rift, é limitada pelo sistema de Falhas de Salvador a leste, pelo Alto de Aporá a norte, pelo sistema de Falhas da Barra a sul, pela Falha de Maragogipe a oeste (MILHOMEM et al. 2003).
- ii) Alto de Salvador, Planalto ou Maciço de Salvador: representa um horst de rochas metamórficas de alto e médio grau arqueanas e/ou paleoproterozoicas, que separa a Bacia Sedimentar do Recôncavo do Oceano Atlântico. É constituído por rochas metamorfizadas, graníticas e basálticas do embasamento cristalino (SOUZA-OLIVEIRA, 2014) e são encontradas também rochas da fácies anfibolito (BARBOSA et al., 2005); O alto de Salvador pode ser subdividido em dois domínios topográficos–geográficos, separados pela Falha do Iguatemi. A parte oeste, onde a altitude média é superior a 60 metros e a parte leste, onde o relevo é mais baixo, com altitudes inferiores a 30 metros (SOUZA-OLIVEIRA, 2014).
- iii) Planície Litorânea ou Margem Costeira Atlântica: faixa plana, localizada no litoral norte de Salvador, onde se encontram depositados os sedimentos inconsolidados de idade quaternária (SOUZA-OLIVEIRA, 2014) e depósitos sedimentares Terciários da Formação Barreiras (TOURINHO, 2008). Neste domínio se destacam pequenos morros arredondados, modelados por flutuações climáticas e do nível do mar (SOUZA, 2013).

No contexto tectônico, o município de Salvador está caracterizado por duas unidades litológicas (domínios geotectônicos) distintas: a primeira está representada pela bacia sedimentar do Recôncavo situada na parte baixa da cidade, e a segunda pelo alto do Embasamento Cristalino. A falha de Salvador é uma zona de deformação subvertical que separa estes dois domínios, correspondendo ao limite tectônico oriental da bacia sedimentar do Recôncavo sendo, portanto,

um dos marcos da distensão continental que limita a extensão da bacia (NASCIMENTO, 2008; SANTOS, 2003).

O município de Salvador, portanto, apresenta dois domínios geotectônicos distintos separados pela falha de Salvador onde podem ser observadas duas tipologias mais marcantes: o Embasamento Cristalino e a Formação Barreiras (TOURINHO, 2008).

O Embasamento Cristalino compõe um cinturão caracterizado pela presença de rochas ígneas ou metamórficas granulíticas, em sua maioria gnaisses, magmatitos, corpos granitóides e anfibolitos. As rochas presentes no embasamento cristalino geralmente são encobertas por sedimentos terciários da Formação Barreiras, por sedimentos recentes ou por espesso manto de alteração de mais de 20 m de espessura (SANTOS, 2003).

O embasamento cristalino é composto por rochas que apresentam um índice de faturamento moderado a alto, com predomínio de fraturas com mergulhos elevados e, quando expostas apresentam maior potencialidade para ruptura em cunha de pequenos blocos (SILVA, 2005). O sistema de fraturamento do embasamento facilitou a alteração das rochas, servindo como canais de percolação das águas de chuva, como consequência, o intemperismo físico e químico dessas rochas juntamente com os processos de erosão, resultou na formação dos vales e depressões que servem de percursos para a drenagem fluvial existente (NASCIMENTO, 2002). O desenvolvimento de aquíferos nessas unidades se deve, principalmente, ao elevado grau de deformação e fraturamento a que essas rochas foram submetidas (TOURINHO, 2008).

A Formação Barreiras é o domínio geológico que compõe a maior parte dos sedimentos terciários em território baiano e cobre extensa área da região metropolitana de Salvador. Corresponde basicamente a um pacote de sedimentos continentais pouco litificados e de cores variadas, que se constituem de argilas, areias e cascalhos, com estratificação irregular, normalmente indistintas (TOURINHO, 2008).

A Formação Barreiras é constituída por arenitos argilosos com estratificações plano paralelas e cruzadas. Nesta formação, a composição sedimentar é variável, e não está apenas relacionada aos episódios de variação climática, que datam do Cenozóico, mas também a um concomitante soerguimento epirogenético, que remonta ao Terciário Inferior, e que teria criado condições para

a acumulação dos sedimentos produzidos pelos processos erosivos atuantes no interior (NASCIMENTO, 2008).

Na Formação Barreiras as águas subterrâneas acham-se armazenadas entre camadas menos permeáveis dos horizontes arenosos, comportando-se como um sistema de aquífero livre. A reduzida área de ocorrência desses níveis arenosos e sua descontinuidade impedem a formação de bons aquíferos.

No caso de Salvador, as possibilidades hidrogeológicas estão ligadas à terrenos cristalinos que servem de substrato ao pacote sedimentar em zonas fraturadas e muito intemperizadas, quando existe uma ativa comunicação entre os sedimentos Barreiras, o regolito e o cristalino fraturado.

Infiltrações verticais profundas que ocorrem em direção ao embasamento cristalino na formação barreiras permitem o processo contínuo de recarga do aquífero freático de Salvador. A surgência das águas subterrâneas desse aquífero livre são constituídos pelos rios, fontes e afloramentos difusos que podem aparecer no contato sedimento/rocha alterada/cristalino (NASCIMENTO, 2008).

Hidrografia

Segundo o Decreto Municipal nº 27.111 de 22 de março de 2016, Salvador possui 12 bacias hidrográficas e 9 bacias de drenagem natural assim distribuídas:

I - Bacias Hidrográficas (12): Cobre, Camarajipe, Lucaia, Seixos (Barra/Centenário), Ondina, Pedras/Pituaçu, Passa Vaca, Jaguaribe, Ipitanga, Paraguari, Ilha de Maré, Ilha dos Frades;

II - Bacias de Drenagem Natural (9): São Tomé de Paripe, Plataforma, Itapagipe, Comércio, Vitória/Contorno, Amaralina/Pituba, Armação/Corsário, Stella Maris, Ilha de Bom Jesus dos Passos.

Em termos de caracterização oceanográfica, na Região Metropolitana de Salvador destacam-se como principais componentes a Baía de Aratu e a Baía de Todos os Santos. A Baía de Todos os Santos é considerada a maior do país, está centrada na latitude 12 °50'S e longitude 38°38'W, com uma largura máxima aproximada (eixo oeste-leste) e comprimento (eixo norte-sul) de 32 km e 50 km, respectivamente, totalizando 1.233 km² de extensão, com profundidade média de 6 m e profundidade máxima de 70 m, no paleovale do rio Paraguaçu (HATJE & ANDRADE, 2009) A

BTS possui morfologia condicionada por movimentos tectônicos em uma área delimitada pelas falhas geológicas de Salvador e de Maragogipe (CIRANO & LESSA, 2007).

A Baía de Aratu possui uma área de 24,5 km² e conecta-se à BTS através do estreito e profundo canal de Cotegipe, com 4 km de comprimento e com profundidade máxima de 40 m. A baía de Aratu é rasa, com profundidade média de 1,8 m, resultado da grande extensão do estirâncio, que corresponde a 24% da área da baía. A baía é mais rasa do que 5 m em 85% da sua extensão, e áreas mais profundas do que 10 m estão restritas ao canal de Cotegipe.

Na porção continental, os principais cursos d'água doce são os rios Das Pedras, Do Cobre, Imbassaí, Ipitanga, Jacuípe, Jaguaripe, Joanes e Pojuca, que determinam as delimitações das bacias hidrográficas. Conta ainda com oito açudes/barragens, Cachoeirinha, Cobre, Ipitanga (I e II), Joanes (I e II), Pituaçu e Santa Helena. Além disso, também abriga uma das reservas de águas subterrâneas mais importante da Bahia, o aquífero de São Sebastião. (BAHIA, 2017). Em escala regional o sistema de drenagem é dendrítico, característico de regiões de clima tropical com altos índices de pluviosidade, tendo as suas nascentes situadas no planalto costeiro, em geral com fluxo de água direcionado ao Oceano Atlântico, com exceção das águas da bacia do Cobre que correm em direção a Baía de Todos os Santos (NASCIMENTO, 2008).

Os aquíferos de Salvador foram formados pelos dois domínios geológicos predominantes, o Complexo Cristalino e o Grupo Ilhas. Estes formam sistemas com comportamento hidrogeológico marcadamente distintos, porém igualmente compartimentados e predominantes: aquífero fissural, formado por rochas cristalinas; e aquífero intergranular ou poroso, formado por rochas sedimentares. Em grande parte, estes aquíferos são rasos e de elevada vulnerabilidade, e sua recarga se dá, de forma direta a partir da infiltração de águas de chuvas nos trechos aflorantes ou indiretamente, através dos estratos permeáveis sobrepostos. Nos aquíferos confinados, a recarga se dá de modo indireto, a partir de afloramentos. O sistema aquífero de Salvador apresenta, na maioria da sua extensão, livre e pouco profundo, com superfície piezométrica em torno de 6m. A vazão média obtida pelos poços é de 1,25 L/s, com taxa de sucesso em torno de 60%, equivalente às vazões acima de 0,14 L/s. A geologia da zona não saturada está dominada em geral por materiais inconsolidados, argilo-areno-siltosos e, eventualmente, arenosos finos (MARQUES, 2012).

De acordo com Azevedo (1991) as fontes surgem da água contida na porosidade das rochas. As fontes existentes na cidade de Salvador são, em sua grande maioria, provenientes das águas que drenam as terras do município formando diversas bacias que se distribuem em duas vertentes: a do Atlântico e a Baía de Todos os Santos. Convergem diretamente para o Atlântico mais de 80% das chuvas que se precipitam sobre o município. Essa vertente apresenta longos cursos d'água que vão aumentando de importância na direção NE (BAHIA, 1985 apud TOURINHO, 2008).

A formação de Lagoas ao longo do território do município é condicionada à existência de vales e zonas erudidas, que interceptam o nível piezométrico. Outras lagoas, mais próximas à faixa litorânea foram formadas no Quaternário, devido a subida do nível do mar, principalmente durante o último período transgressivo, sendo preenchidas, em parte, por depósitos marinhos ricos em conchas, permitindo datar a fase final da antepenúltima transgressão marinha Quaternária entre 6500 e 5000 BP (GUIMARÃES, 1978 apud NASCIMENTO, 2008).

Referências

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMBIENTE BRASIL. Classificação climática de Köppen Geiger. <www.ambientebrasil.com.br> v. 30, p. 06-08. 2008.

BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Desenvolvimento territorial, potencialidades econômicas, território de identidade**. Salvador, 2017. Disponível em: <<http://www.sde.ba.gov.br/vs-arquivos/imagens/revista-pdf-11598.pdf>>

CIRANO, M.; LESSA, G. C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Rev. Bras. Geof.** São Paulo, v. 25, n. 4, p. 363-387. Dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102261X2007000400002&lng=en&nrm=iso> <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2007000400002>> Acesso em: 16/08/2019.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Edufba, 2009.

MARQUES, J. H. S. Estudo da vulnerabilidade dos aquíferos do município de Salvador-Ba-Brasil com Vistas à Prevenção de Poluição e Avaliação do Potencial Hídrico não Potável. **Dissertação de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo**. Escola Politécnica de Engenharia da Universidade Federal da Bahia, 2012, 163 p.

NASCIMENTO, S. A. M. Diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero freático do alto cristalino de Salvador - Bahia. 2008. 195f. **Tese de Doutorado**. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

NASCIMENTO, S. A. M. Estudo da qualidade da água do aquífero freático nas bacias dos rios Lucaia e Baixo Camarujipe. **Relatório Final Convênio Ufba/Embasa/Fapex**. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2002.

NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F. Aspectos Hidrogeológicos do Alto Cristalino de Salvador, Bahia. **PLURAIIS-Revista Multidisciplinar**, 2010,1(1), 2010.

NASCIMENTO, S. A. M., BARBOSA, J. S. F., CRUZ, M. J. M., & LIMA, C. M. (2009). Hidrogeoquímica e índice de saturação dos minerais no sistema aquífero do Alto Cristalino de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 39(2), 230-237.

RAMOS, A.M.; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Distrito Federal: 466 Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2009. 279 p. ISBN: 978-85-62817-01-4

RIBEIRO, L. P. Alguns aspectos dos solos da cidade do Salvador e suas relações com processos de degradação. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5/ 6, p. 59-73, Dez. 1991.

SANTOS, C. P. L. Análise geofísica das características hidráulicas da Falha de Salvador na Região de Arebepe-Ba. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 93 p. 2003.

TOURINHO, A. O. Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. **Dissertação de Mestrado**. 158 p. 2008.

APÊNDICE D – TABELAS COM DADOS BRUTOS

Tabela 1. Georreferenciamento e resultado das análises químicas, físicas e biológicas das Lagoas de Pituaçu, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nas quatro campanhas de campo nos anos de 2017 e 2018 nos períodos chuvoso (1) e de estiagem (2).

Nome	Latitude (S)	Longitude (O)	pH				ORP/Eh (mv)				Temperatura (°C)				Turbidez (NTU)			
			2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
LPX01	12°51.185'	38°27.009'	6.89	7.61	7.25	7.07	182	101	141.5	161.75	26.64	29.5	28.07	27.36	33.9	25	29.45	31.68
LPX02	12°51.215'	38°26.952'	7.06	7	7.03	7.05	139	96	117.5	128.25	25.86	29.7	27.78	26.82	57.5	25	41.25	49.38
LTO01	12°56.566'	38°21.379'	8.85	8.02	7.5	8.02	47	-140	150	-140	27.65	29.1	28.58	28.12	37.1	47.1	45.9	41.5
LTO02	12°58.919'	38°30.254'	8.78	8.56	7.38	8.08	150	-221	317	-221	27.4	27.3	27.45	27.43	32.2	46.9	28.5	30.35
LTO03	12°59.219'	38°30.490'	8.86	8.58	7.31	8.09	122	-144	158	-144	27.71	30	27.5	27.61	32.4	47.6	29.5	30.95
LTO04	12°59.147'	38°30.442'	8.81	8.54	7.8	8.31	139	-133	139	-133	27.61	31.9	27.45	27.53	34.6	47.1	45.9	40.25
PIT01	12°59.045'	38°30.304'	7.41	6.82	5.3	6.36	140	212	284	212	24.56	32.8	27.02	25.79	6.26	6.7	6.6	6.43
PIT02	12°57.820'	38°25.110'	7.47	7.09	6.54	7.01	174	191.5	209	191.5	24.37	28.9	26.82	25.60	8.82	65	11.1	9.96
PIT03	12°57.898'	38°24.933'	7.42	6.91	5.88	6.65	227	252	277	252	24.09	25,595	27.1	25.60	9.9	19.2	9.62	9.76
PIT04	12°57.620'	38°24.793'	7.6	6.85	6.85	7.23	120	160.5	201	160.5	24.18	25.71	27.24	25.71	10.7	8.87	7.41	90.55
PIT05	12°57.582'	38°25.063'	7.28	8.85	5.75	6.52	174	214.5	255	214.5	25.53	26.61	27.69	26.61	4.5	19.4	4.82	4.66
PIT06	12°57.464'	38°25.530'	7.64	7.76	6.97	7.31	224	211	198	211	23.98	24.8	25.62	24.8	12.3	5.81	15.7	14.00
ABT01	12°57.998'	38°24.738'	7.67	7.45	5.42	6.85	190	200.5	211	200.5	24.07	32.6	26.25	27.64	22.2	17	21.5	20.23
ABT02	12°56.636'	38°21.581'	7.66	6.79	5.92	6.79	133	186.5	240	186.5	24.58	25.5	26.42	25.5	15.6	18.55	21.5	18.55
ABT03	12°56.692'	38°21.487'	7.65	6,795	5.94	6.80	226	224	222	224,00	24.66	25.43	26.2	25.43	14.5	18	21.5	18.00
ABT04	12°56.625	38°21.427'	7.65	6.78	5.91	6.78	151	196.5	242	196.5	24.25	25.51	26.77	25.51	16.1	18.8	21.5	18.8

Nome	Oxigênio Dissolvido (%)				Condutividade (mS/cm)				STD (g/L)				Oxigênio Dissolvido (mgOD/L)				DBO (mg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
LPX01	94.6	55.5	75.05	84.83	0.324	0.387	0.3555	0.33975	0.21	0.252	0.231	0.2205	7.52	4.45	5,985	6.75	10.8	9	12.8	10,87
LPX02	65.4	54.9	60.15	62.78	0.33	0.303	0.3165	0.32325	0.24	0.246	0.243	0.2415	5.24	4.78	5.01	5.13	**	8	12.8	10.4
LTO01	79.3	6.89	145.1	96.05	0.332	286	0.396	0.364	0.216	0.254	0.258	0.237	6.18	6.89	11.75	8.97	17.3	6.3	5.04	9,55
LTO02	86.3	8.37	126.4	138.2	0.329	289	0.03	0.1795	0.214	0.258	0.23	0.222	6.74	8.37	9.96	8.35	**	7.3	5.04	9.88
LTO03	83.9	7.76	148.1	135.05	0.334	290	0.392	0.363	0.217	0.25	0.255	0.236	6.53	7.76	11.72	9.13	**	6.5	5.04	9,61
LTO04	72.6	9.69	164.4	151.7	0.341	289	0.388	0.3645	0.221	0.251	0.253	0.237	5.65	9.69	12.22	8.94	**	6.8	5.04	9,71
PIT01	52.1	9.96	87.3	69.7	0.39	350	0.367	0.3785	0.254	0.192	0.239	0.2465	12.42	9.96	6.86	9.64	1.76	2.2	1.57	1,84
PIT02	52.6	13.6	107.2	79.9	0.394	233	0.354	0.374	0.256	0.438	0.23	0.243	4.31	13.6	8.45	6.38	**	5.3	1.57	3,43
PIT03	49.1	8.45	117.3	83.2	0.393	0.378	0.363	0.378	0.256	0.249	0.236	0.246	4.04	3.5	9.21	6.63	**	2.2	1.57	1,88
PIT04	60.5	8.76	67.4	63.95	0.364	0.3745	0.385	0.3745	0.233	0.205	0.25	0.2415	4.97	8.45	5.28	5.13	**	2.7	1.57	2,13
PIT05	31.4	7.35	100.4	65.9	0.381	0.37	0.359	0.37	0.248	0.11	0.233	0.2405	2.52	8.76	7.81	5.17	**	2.6	1.57	2,08

PIT06	49.4	3.88	87.3	68.35	0.384	0.3735	0.363	0.3735	0.25	0.172	0.236	0.243	4.07	7.35	7.01	5.54	**	2.9	1.57	2,23
ABT01	106.9	6.48	87	66.79	0.345	0.369	0.363	0.359	0.224	231	0.236	0.236	8.3	3,981	6.92	7.61	4.92	4.8	6.54	5.42
ABT02	55,0	57.55	60.1	57.55	0.343	0.3535	0.364	0.3535	0.223	217	0.236	0.236	4.49	4,625	4.76	4.63	**	6.8	6.54	6.67
ABT03	53.9	48.65	43.4	48.65	0.346	0.355	0.364	0.355	0.225	248	0.237	0.237	4.4	3.93	3.46	3.93	**	5.1	6.54	5.82
ABT04	60.7	57.1	53.5	57.1	0.343	0.349	0.355	0.349	0.223	232	0.231	0.231	4.98	4,605	4.23	4.61	**	5.09	6.54	5,815

Nome	DQO (mg/L)				P Total (mg/L)				Fosfato (mg/L)				Amônia (mg/L)				Nitrito (mg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
LPX01	34.4	55.8	33.1	41.1	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
LPX02	**	55.8	33.1	44.45	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
LTO01	196	52	41.7	96,56	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	1.9	<LQ	<LQ
LTO02	**	50	41.7	95.9	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
LTO03	**	50	41.7	95.9	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
LTO04	**	47	41.7	94.9	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT01	15	26.2	20.2	20,47	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT02	**	18.2	20.2	19.2	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT03	**	12.3	20.2	16.25	**	**	**	**	0.7	<LQ	<LQ	0.7	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT04	**	7.5	20.2	13.85	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT05	**	22.1	20.2	21.15	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT06	**	23.8	20.2	22,00	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
ABT01	36	56	40.2	44,07	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
ABT02	**	40.2	40.2	40.2	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
ABT03	**	36.8	40.2	38.5	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
ABT04	**	34.2	40.2	37.2	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	**	**	**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Nome	Nitrato (mg/L)				Nitrogênio Total (mg/L)				Sulfato (mg/L)				Cloreto (mg/L)				Alcalinidade total (mg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
LPX01	1.6	<0.02	0.8	1.2	**	**	**	**	12.8	11.2	12.3	12.1	83	51.9	78.9	71,27	**	76.3	69.75	69.75
LPX02	1.3	0.03	0.7	0.67	**	**	**	**	13	13.8	13.8	13.53	84	51.8	82.1	72,63	**	71.1	66.25	66.25
LTO01	6	1.11	12.3	6.47	**	**	**	**	36	11.2	12.3	19.83	57	62.9	68.8	62.9	**	49.5	19.8	62.93
LTO02	6.1	1.26	2.1	3.15	**	**	**	**	31	13.4	12.3	18.9	57	54.35	51.7	54.35	**	53.2	19.05	67.81
LTO03	7	1.21	2.5	3.57	**	**	**	**	31.2	12.7	12.4	18.77	57	51.6	46.2	51.6	**	43.1	13.45	57.83
LTO04	50	0.92	1.9	17.61	**	**	**	**	89	11.4	13.2	37.87	122	81.55	41.1	81.55	**	51.2	20.7	62.82
PIT01	46.7	<0.02	0.4	23.55	**	**	**	**	91	6.78	9.7	35.83	125.3	43.7	56.05	75,02	**	78	62.93	73.85
PIT02	56	0.02	0.4	18.81	**	**	**	**	126.6	7.27	11.4	48.42	109	77.7	56.3	81,00	**	187	67.81	128.35
PIT03	46	0.78	1	15.93	**	**	**	**	172	5.3	9	62.1	98	33.6	51.9	61,17	**	56	57.83	62.85
PIT04	4.3	0.79	0.7	1.93	**	**	**	**	20.5	9.42	7.1	12.34	88.5	52.6	51.1	64,07	**	77	62.83	73.35
PIT05	4.6	<0.02	0.3	2.45	**	**	**	**	21.7	29.9	9.7	20.43	89	80.2	51.5	73,57	**	23.5	73.85	50.25
PIT06	4.8	<0.02	0.9	2.85	**	**	**	**	23	14.4	9.2	15.53	85.5	52.5	52.7	63,57	**	21	128.35	44.6
ABT01	6.8	<0.02	<LQ	<LQ	**	**	**	**	21	20.9	10.8	17.57	86	47.2	54.5	62,57	**	64.7	58.35	58.35

ABT02	7.4	3.8	0.8	4	**	**	**	**	19.8	17.25	13.5	16.85	115.8	70.25	60.5	82,18	**	56.9	54.45	54.45
ABT03	5.8	4.35	1.3	3.82	**	**	**	**	22.2	16.5	13.2	17.3	87.6	58.75	100.9	82,42	**	51.3	55.85	55.85
ABT04	6.8	3.1	0.4	3.43	**	**	**	**	31	16.75	11.3	19.68	57	71	54.4	60.8	**	60.7	56.6	56.6

Nome	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)				Clorofila a (µg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
LPX01	760	<LQ	692	726	84.2	175	73	11.07
LPX02	**	9200	670	675	64.7	156	81	10.05
LTO01	7000	189	0.0051	239.63	104	120	96.25	106.75
LTO02	**	210	0.004	240.33	104.4	100.23	96.07	100.23
LTO03	**	517	0.003	250.56	82	82.48	82.97	82.48
LTO04	**	211	0.0014	240.36	91.8	85.74	79.68	85.74
PIT01	120	168	90	126	< LQ	12.2	10.38	11.29
PIT02	**	57.3	230	143.65	12.3	3.47	19.08	11.61
PIT03	**	113	39.6	76.3	28.1	26.01	23.92	26.01
PIT04	**	187	50	118.5	28.1	15.6	<LQ	21.85
PIT05	**	104	54.5	79.25	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PIT06	**	156	40	98	37.2	32,335	27.47	32.33
ABT01	9000	<LQ	0.0023	4500	31.2	37.9	31.55	33.55
ABT02	**	68.3	0.005	34.1525	31.9	37.9	34.81	34.87
ABT03	**	53.4	0.0041	26.70205	30.7	37.9	34.5	34.36
ABT04	**	50.1	0.0043	25.05215	29	37.9	34.85	33.91

Legenda: ** Não Analisado; LQ – Limite de Quantificação.

Tabela 2. Georreferenciamento e resultado das análises químicas, físicas e biológicas das Fonte das Pedrinhas (Fonte 1), Fonte da Estica (Fonte 2), Via Expressa (Fonte 3). Na Fonte Nova (Fonte 4) nas quatro campanhas de campo nos anos de 2017 e 2018 nos períodos chuvoso (1) e de estiagem (2).

Nome	Latitude (S)		Longitude (O)		pH				Condutividade (mS/cm)				Temperatura (°C)				Oxigênio Dissolvido (mgOD/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
FNT1	12°57'38.78"	38°29'16.39"	5.51	5,665	5.82	5,665	0.587	0.619	0.651	0.619	27.17	27.71	28.25	28.81	7.39	7,105	6.82	7,105		
FNT2	12°56'44.96"	38°29'32.50"	5.83	5.75	5.67	5.75	0.567	0.6075	0.648	0.6075	27.83	28.13	28.43	28.65	5,00	6,135	7.27	6,135		
FNT3	13°0'38.74"	38°30'14.00"	6.07	5.71	5.35	5.71	0.643	0.645	0.647	0.645	27.35	27.46	27.57	27.82	7.21	5.5	3.79	5.5		
FNT4	12°58'38.01"	38°30'3.63"	7.17	5.43	3.69	5.43	0.593	0.604	0.615	0.604	26.52	26,925	27.33	27.88	4.98	5,025	5.07	5,025		

Nome	STD (g/L)				Turbidez (NTU)				Salinidade (ppt)				ORP/Eh (mv)				Oxigênio Dissolvido (%)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
FNT1	0.375	0.3955	0.416	0.3955	0.49	0.245	0	0.245	0.3	0.3	0.3	0.3	244	291	338	291	94.4	91.4	88.4	91.4
FNT2	0.363	0.389	0.415	0.389	1.96	0.98	0	0.98	0.3	0.3	0.3	0.3	262	297.5	333	297.5	64.4	79.5	94.6	79.5
FNT3	0.412	0.413	0.414	0.413	0.75	0.375	0	0.375	0.3	0.3	0.3	0.3	251	292.5	334	292.5	92.3	70.5	48.7	70.5
FNT4	0.373	0.383	0.393	0.383	8.19	8,035	7.88	8,035	0.3	0.3	0.3	0.3	105	200.5	296	200.5	62.9	63.85	64.8	63.85

Nome	Sulfato (mg/L)				Fosfato (mg/L)				Nitrato (mg/L)				Nitrito (mg/L)				Cloreto (mg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
FNT1	32.3	41.05	49.8	41.05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2.5	65.4	75.6	47.83	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	82	83.2	82.3	82.5
FNT2	31.6	38.3	45	38.3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1.7	59.54	96.8	52.68	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	83	83.4	88.2	84.8
FNT3	31.8	36.3	40.8	36.3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1.8	45.7	91	46.16	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	92	62.7	103	85.9
FNT4	31.8	45.85	59.9	45.85	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1.8	10.7	73.2	28.56	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	82	80.4	62.8	75.1

Nome	Coliformes term. (UFC/100mL)				DBO (mg/L)				DQO (mg/L)				Clorofila a (µg/L)				Alcalinidade total (mg/L)			
	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2	2017.1	2017.2	2018.1	2018.2
FNT1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	11.1	62.85	19.8
FNT2	8	5	<LQ	6.5	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	23.5	73.35	19.05
FNT3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**	13.6	50.25	13.45
FNT4	160	69	170	133	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	47.85	<LQ	**	12.9	44.6	20.7

Legenda: ** Não Analisado; LQ – Limite de Quantificação; ND – Não detectado.

Tabela 3. Sumário estatístico descritivo das Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nas quatro campanhas de campo nos anos de 2017 e 2018 nos períodos chuvoso e de estiagem.

Parâmetros	LAGOA DO ABAETÉ											
	período de estiagem						período chuvoso					
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p
pH	6.78	7.45	6.79	6.88	0.23	0.01	5.42	7.67	6.80	6.73	1.01	0.01
EH (mv)	186.50	224.00	198.50	201.88	14.70	0.07	133.00	242.00	216.50	201.88	40.72	0.24
Temp. (°C)	25.43	32.60	25.51	26.64	2.52	0.01	24.07	26.77	25.43	25.40	1.11	0.09
Turb. (NTU)	17.00	20.23	18.55	18.49	0.92	0.49	14.50	22.20	21.50	19.30	3.27	0.01
O.D.(%)	6.48	66.79	57.10	49.98	18.49	0.01	43.40	106.90	57.55	65.06	21.06	0.06
Condut.	0.35	0.37	0.35	0.36	0.01	0.10	0.34	0.36	0.35	0.35	0.01	0.04
S.T.D. (g/L)	0.22	0.25	0.23	0.23	0.01	0.38	0.22	0.24	0.23	0.23	0.01	0.04
O.D. (mg/L)	3.93	7.61	4.61	4.74	1.21	0.01	3.46	8.30	4.63	5.19	1.60	0.09
D.B.O. (mg/L)	4.80	6.80	5.62	5.69	0.74	0.39	0.00	6.54	5.73	3.89	3.26	0.01
D.Q.O. (mg/L)	34.20	56.00	39.35	40.90	6.76	0.04	0.00	40.20	38.10	24.60	20.42	0.01
HNO ₃ (mg/L)	0.00	4.35	3.62	2.81	1.77	0.01	0.00	7.40	3.55	3.66	3.30	0.04
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	16.50	20.90	17.28	17.85	1.58	0.03	10.80	31.00	16.65	17.85	6.96	0.30
Cl ⁻ (mg/L)	47.20	82.42	66.41	66.90	12.03	0.63	54.40	115.80	73.25	77.09	23.78	0.18
Alc. Total (mg/L)	51.30	64.70	56.75	57.36	4.04	0.90	0.00	58.35	27.23	28.16	30.12	0.01
Colif. Term. (UFC/100mL)	0.00	4500.00	159.41	691.36	1543.97	0.01	0.00	9000.00	0.00	1125.00	3181.98	0.01
Clorof.-a (µg/L)	33.55	37.90	36.39	36.04	2.03	0.01	29.00	34.85	31.73	32.31	2.17	0.32

Parâmetros	DIQUE DO TORORÓ											
	período de estiagem						período chuvoso					
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p
pH	8.02	8.58	8.20	8.28	0.25	0.04	7.31	8.86	8.29	8.16	0.72	0.02
EH (mv)	-221.00	-133.00	-142.00	-159.50	38.19	0.01	47.00	317.00	144.50	152.75	75.15	0.03
Temp. (°C)	27.30	31.90	27.87	28.62	1.63	0.06	27.40	28.58	27.56	27.67	0.38	0.01
Turb. (NTU)	30.35	47.60	44.20	41.47	7.23	0.03	28.50	45.90	33.50	35.76	6.81	0.14
O.D.(%)	6.89	151.70	52.87	69.21	67.11	0.02	72.60	164.40	106.35	113.26	36.67	0.17
Condut.	0.18	0.36	0.29	0.30	0.06	0.06	0.03	0.40	0.34	0.32	0.12	0.01
S.T.D. (g/L)	0.22	0.26	0.24	0.24	0.01	0.44	0.21	0.26	0.23	0.23	0.02	0.05
O.D. (mg/L)	6.89	9.69	8.66	8.51	0.88	0.70	5.65	12.22	8.35	8.84	2.84	0.06
D.B.O. (mg/L)	6.30	9.88	8.43	8.21	1.61	0.03	0.00	17.30	5.04	4.68	5.68	0.01
D.Q.O. (mg/L)	47.00	96.56	73.45	72.78	24.66	0.01	0.00	196.00	41.70	45.35	64.27	0.01
HNO ₃ (mg/L)	0.92	17.61	2.21	4.41	5.66	0.01	1.90	50.00	6.05	10.99	16.13	0.01
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	12.30	89.00	22.10	29.68	26.01	0.01	11.20	37.87	16.09	18.01	8.77	0.01
Cl ⁻ (mg/L)	51.60	81.55	58.63	62.60	12.52	0.03	41.10	122.00	57.00	62.60	25.39	0.01
Alc. Total (mg/L)	43.10	67.81	55.52	56.05	8.25	0.86	0.00	20.70	6.73	9.13	9.99	0.01
Colif. Term. (UFC/100mL)	189.00	517.00	239.98	262.24	105.04	0.01	0.00	7000.00	0.00	875.00	2474.87	0.01
Clorof.-a (µg/L)	82.48	120.00	92.99	95.46	13.63	0.21	79.68	104.40	93.94	92.15	9.75	0.34

Parâmetros	LAGOA DA PAIXÃO											
	período de estiagem						período chuvoso					
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p
pH	7.00	7.61	7.06	7.16	0.25	0.01	6.89	7.25	7.05	7.06	0.13	0.48
EH (mv)	96.00	161.75	114.63	120.33	26.35	0.44	117.50	182.00	140.25	144.05	23.41	0.29
Temp. (°C)	26.82	29.70	28.43	28.36	1.27	0.45	25.86	28.07	27.21	27.11	0.89	0.76
Turb. (NTU)	25.00	49.38	28.34	31.88	10.17	0.06	29.45	57.50	37.58	39.94	10.75	0.42
O.D.(%)	54.90	84.83	59.14	63.43	12.37	0.05	60.15	94.60	70.23	73.09	13.24	0.43
Condut.	0.30	0.39	0.33	0.34	0.03	0.48	0.32	0.36	0.33	0.33	0.01	0.26
S.T.D. (g/L)	0.22	0.25	0.24	0.24	0.01	0.23	0.21	0.24	0.24	0.23	0.01	0.25
O.D. (mg/L)	4.45	6.75	4.96	5.21	0.90	0.12	5.01	5985.00	6.38	1201.83	2673.87	0.01
D.B.O. (mg/L)	8.00	10.87	9.70	9.59	1.14	0.85	0.00	12.80	11.80	9.64	5.45	0.01
D.Q.O. (mg/L)	41.10	55.80	50.13	49.46	6.63	0.38	0.00	34.40	33.10	26.74	14.96	0.01
HNO ₃ ⁻ (mg/L)	0.01	1.20	0.35	0.45	0.50	0.42	0.70	1.60	1.05	1.09	0.37	0.70
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11.20	13.80	12.82	12.69	1.06	0.68	12.30	13.80	12.90	12.96	0.54	0.54
Cl ⁻ (mg/L)	51.80	72.63	61.59	61.84	10.06	0.23	78.90	84.00	82.55	82.11	1.93	0.33
Alc. Total (mg/L)	66.25	76.30	70.43	70.77	3.62	0.59	0.00	69.75	33.13	33.83	34.02	0.21
Colif. Term. (UFC/100mL)	0.00	9200.00	700.50	2260.30	3891.29	0.01	0.00	760.00	681.00	560.60	315.34	0.01
Clorof.-a (µg/L)	10.05	175.00	83.54	87.13	77.79	0.29	64.70	84.20	77.00	75.98	7.58	0.79

Parâmetros	LAGOA DE PITUAÇU											
	período de estiagem						período chuvoso					
	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p	Mín	Máx	Mediana	Média	D.P.	p
pH	6.36	8.85	6.96	7.11	0.66	0.04	5.30	7.64	7.13	6.84	0.80	0.06
EH (mv)	160.50	252.00	211.50	206.92	28.68	0.14	120.00	284.00	205.00	206.92	50.61	0.87
Temp. (°C)	24.80	32.80	25.71	26.54	2.25	0.01	23.98	27.69	25.58	25.68	1.42	0.07
Turb. (NTU)	4.66	90.55	9.86	21.70	27.19	0.01	4.50	15.70	9.22	8.98	3.27	0.78
O.D.(%)	3.88	83.20	38.78	40.25	33.48	0.01	31.40	117.30	63.95	71.83	27.26	0.43
Condut.	0.23	0.38	0.37	0.36	0.04	0.01	0.35	0.39	0.37	0.37	0.01	0.17
S.T.D. (g/L)	0.11	0.44	0.24	0.24	0.08	0.01	0.23	0.26	0.24	0.24	0.01	0.10
O.D. (mg/L)	3.50	13.60	6.99	7.51	2.75	0.64	2.52	12.42	6.07	6.41	2.77	0.57
D.B.O. (mg/L)	1.84	5.30	2.22	2.62	0.96	0.01	0.00	1.76	1.57	0.93	0.82	0.01
D.Q.O. (mg/L)	7.50	26.20	19.83	18.58	5.31	0.68	0.00	20.20	17.60	11.35	10.12	0.01
HNO ₃ ⁻ (mg/L)	0.01	23.55	1.36	5.60	8.56	0.01	0.30	56.00	2.65	13.84	21.74	0.01
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	5.30	62.10	14.97	22.31	18.19	0.04	7.10	172.00	15.95	42.58	55.67	0.01
Cl ⁻ (mg/L)	33.60	81.00	63.82	63.23	15.23	0.41	51.10	125.30	70.90	76.24	26.20	0.04
Alc. Total (mg/L)	21.00	187.00	68.10	72.98	45.70	0.04	0.00	128.35	28.92	37.80	43.31	0.01
Colif. Term. (UFC/100mL)	57.30	187.00	115.75	118.92	39.27	0.96	0.00	230.00	39.80	52.01	68.48	0.01
Clorof.-a (µg/L)	0.00	32.33	13.90	16.06	11.65	0.37	0.00	37.20	15.69	15.55	13.53	0.10

Obs: Células demarcadas indicam dados não-paramétricos (p<0,05).

Tabela 4. Médias sazonais das variáveis físico-químicas e biológicas da Lagoa de Abaeté, Dique do Tororó, Lagoa da Paixão e Lagoa de Pituacú entre os anos de 2014 a 2018.

Variáveis	2014		2015		2016		2017		2018	
	Chuvoso	Estiagem								
Lagoa do Abaeté										
pH	7.50	6.30	6.80	6.80	7.54	7.69	7.66	6.95	5.80	6.81
Temperatura (°C)	28.20	29.80	31.80	29.50	26.40	28.55	24.39	27.26	26.41	26.02
Turbidez (NTU)	8.20	5.20	7.40	3.80	9.90	8.05	17.10	18.09	21.50	18.90
Condut. (mS/cm)	0.31	0.32	0.34	0.22	0.26	0.28	0.34	0.36	0.36	0.35
STD (g/L)	0.18	0.17	0.18	0.14	0.17	0.17	0.22	0.23	0.24	0.24
OD (mgOD/L)	5.92	5.95	6.33	7.31	9.63	7.16	5.54	3.93	4.84	5.20
DBO (mg/L)	4.00	7.00	3.00	4.00	6.00	3.00	4.92	5.45	6.54	5.97
DQO (mg/L)	39.60	20.00	34.20	20.00	30.30	34.20	35.60	42.30	26.20	63.90
P Total (mg/L)	0.02	0.07	0.08	0.05	0.09	0.08	0.08	0.21	0.11	0.08
Amônia (mg/L)	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0.05	<0,04
Nit. Total (mg/L)	2.00	<1	1.00	<1	1.10	1.00	<1	2.00	2.00	1.00
Sulfato (mg/L)	**	**	**	**	**	**	23.50	17.85	12.20	17.85
Cloreto (mg/L)	47.20	46.80	46.40	32.70	45.00	31.20	86.60	61.80	67.58	71.99
Colif. term. (UFC/100mL)	1300	9200	16000	130	1700	5400	9000	57.27	0.00	1339
Clorofila a (µg/L)	13.80	13.50	0.98	16.60	29.60	23.40	30.70	37.90	33.93	34.17
Dique do Tororó										
pH	8.14	8.10	8.10	6.98	7.32	6.96	8.83	8.43	7.50	8.13
Temperatura (°C)	28.10	29.00	30.30	27.70	29.80	26.40	27.59	29.58	27.75	27.67
Turbidez (NTU)	21.70	8.00	10.90	18.50	9.80	21.00	34.08	47.18	37.45	35.76
Condut. (mS/cm)	0.34	0.44	0.41	0.33	0.34	0.33	0.33	0.29	0.30	0.32
STD (g/L)	0.21	0.21	0.22	0.23	0.25	0.21	0.22	0.25	0.25	0.23
OD (mgOD/L)	6.81	6.63	5.90	4.57	7.70	5.52	6.28	8.18	11.41	8.85
DBO (mg/L)	5.00	3.00	<2	2.00	11.00	2.00	17.30	6.73	5.04	9.69
DQO (mg/L)	26.20	<20	42.30	20.80	39.60	26.20	<20	<20	26.20	54.50
P Total (mg/L)	0.16	0.08	0.12	0.10	0.08	0.11	0.10	0.19	0.12	0.18
Amônia (mg/L)	0.40	<0,04	<0,4	<0,04	10.30	0.40	0.40	0.70	0.70	0.50
Nit. Total (mg/L)	2.00	2.00	1.00	2.00	12.00	1.00	1.00	4.00	1.00	2.00
Sulfato (mg/L)	**	**	**	**	**	**	46.80	12.18	12.55	23.84
Cloreto (mg/L)	28.50	38.30	38.30	30.00	29.20	40.00	73.25	62.60	51.95	62.60
Colif. term. (UFC/100mL)	5400	1700	5400	1100	1700	1600	7000	281	5400	242
Clorofila a (µg/L)	42.80	68.10	56.80	43.80	41.20	48.10	95.55	97.11	88.74	93.80
Lagoa da Paixão										
pH	7.06	6.84	7.92	7.57	7.81	6.35	6.98	7.31	7.14	7.06
Temperatura (°C)	27.00	29.80	27.70	31.00	26.10	30.00	26.25	29.60	27.93	27.09
Turbidez (NTU)	7.95	3.45	12.30	10.70	8.33	16.20	47.30	36.05	43.58	45.44
Condut. (mS/cm)	0.28	0.35	0.32	0.21	0.27	0.27	0.33	0.14	0.36	0.34
STD (g/L)	0.11	0.17	0.15	0.13	0.15	0.15	0.23	0.25	0.25	0.24
OD (mgOD/L)	6.38	4.75	6.49	9.17	8.37	8.24	5.71	5.84	8.38	7.05
DBO (mg/L)	7.20	3.10	6.00	17.00	8.90	7.20	17.30	7.15	8.92	9.98
DQO (mg/L)	47.70	20.00	37.00	23.50	20.80	20.00	26.20	30.20	20.00	42.30
P Total (mg/L)	0.18	0.20	0.06	0.23	0.09	0.04	0.02	0.04	0.13	0.22
Amônia (mg/L)	0.88	1.88	0.61	0.45	0.40	1.13	0.60	1.40	2.00	2.80
Nit. Total (mg/L)	3.00	0.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00	2.00	3.50	3.50
Sulfato (mg/L)	9.20	0.00	8.48	10.70	6.76	11.30	24.50	12.50	13.05	16.68
Cloreto (mg/L)	26.30	45.90	46.10	36.50	57.80	58.70	70.50	57.35	75.45	67.77
Colif. term. (UFC/100mL)	6000	1300	5400	3500	1600	330	7000	4694	335	457
Clorofila a (µg/L)	44.90	2.12	26.59	1.14	57.40	3.58	84.35	138	88.63	58.40
Lagoa de Pituacú										
pH	6.70	7.23	7.07	7.17	6.96	6.88	7.47	7.38	6.22	6.85
Temperatura (°C)	26.10	27.30	31.50	27.20	31.60	27.30	24.45	27.40	26.92	25.69

Turbidez (NTU)	27.10	45.10	123.90	36.61	59.11	73.00	8.75	20.83	9.21	22.56
Condut. (mS/cm)	0.73	0.88	0.85	0.59	0.70	0.77	0.38	0.35	0.37	0.37
STD (g/L)	0.30	0.33	0.15	0.22	0.22	0.41	0.25	0.23	0.24	0.24
OD (mgOD/L)	0.98	2.51	5.26	4.20	5.43	2.06	5.39	8.60	7.44	6.42
DBO (mg/L)	34.00	40.00	6.40	8.33	6.40	49.00	1.76	2.98	1.57	2.27
DQO (mg/L)	137	255	207	113	234	200	120	182	153	218
P Total (mg/L)	1.65	4.29	0.20	0.17	0.23	1.87	1.04	2.24	1.43	3.55
Amônia (mg/L)	24.70	36.20	19.60	18.60	27.90	23.60	18.80	15.40	13.00	21.55
Nit. Total (mg/L)	27.00	45.00	26.00	25.00	28.00	24.50	18.00	19.00	17.00	31.40
Sulfato (mg/L)	5.99	6.07	11.45	8.33	30.13	39.80	75.80	12.18	9.35	32.44
Cloreto (mg/L)	41.90	52.30	25.48	43.83	38.59	46.70	99.22	56.72	53.26	69.73
Colif. term. (UFC/100mL)	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	120.00	130.88	84.02	106.95
Clorofila a (µg/L)	0.71	2.12	2.12	4.67	2.06	2.41	26.43	17.92	20.21	20.62

Legenda: ** Não Analisado.

APÊNDICE E – REVISÃO DA LITERATURA

Considerações Conceituais

Ambientes lênticos

Ecosistemas lênticos são ambientes aquáticos de água parada ou com pouca movimentação classificados como um importante distribuidor de biodiversidade por apresentar ecótonos bem definidos, mas que podem variar em função, por exemplo, da sazonalidade (PRESS et al.,2006).

O ecossistema lêntico, por sua característica estacionária, apresenta algumas especificidades, visto que nestes ambientes a corrente não é um fator limitante e a troca entre os ambientes terrestres e aquáticos é menos intensa, gerando um ecossistema mais fechado e com maior estratificação térmica e química em comparação com ambientes lóticos. Com base nestas informações, alguns padrões comparativos podem ser estabelecidos para ambientes lênticos, como por exemplo a alta capacidade de solubilização de compostos orgânicos, baixo teor de sais dissolvidos, gradientes verticais, alta densidade e viscosidade da água, alta capacidade de sedimentação, seixes internos e temperatura e radiação subaquática.

Um lago é qualquer massa de água continental em geral doce, de tamanho considerável que se acumula em uma depressão topográfica (SUGUIO, 2003). Geologicamente, a maior parte dos lagos da Terra é recente, poucos deles possuem mais que um milhão de anos e a maioria é mais antiga que o final da última glaciação (12.000 a 14.000 anos atrás), portanto são considerados fenômenos de pequena duração na escala do tempo geológico. O desaparecimento gradual de um lago pode ocorrer com a mudança do clima, a partir do balanço negativo da entrada e saída de água e do rebaixamento do lençol freático. Por serem áreas onde domina o processo de sedimentação, também é possível o preenchimento de sua bacia com sedimentos orgânicos e inorgânicos que gradualmente os torna cada vez menores e mais rasos (PRESS et al.,2006).

Não há consenso acadêmico e algumas divergências teóricas e conceituais são destacadas quando se trata do ambiente lacustre, e as diferenças consideradas entre os diferentes termos usados (lago, lagoa, laguna mar e represa) são muitas, desde sua gênese, sua evolução, morfologia, níveis de salinidade, tipos de comunidades aquáticas, entre outras características (FARION, 2007).

Lago é o termo aplicado aos ambientes lênticos costeiros situados em depressões do terreno de origem natural, não antrópica que não possuem conexão direta com o mar e que, apresentam características de água doce (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991 apud FARION, 2007). Segundo Suguio (2003), o lago deve apresentar profundidades tais que suas porções centrais não podem ser invadidas pelas vegetações marginais. Quanto ao regime, os lagos podem ser de caráter temporário ou permanente. Os lagos situados na borda litorânea, que possuem ligações com o oceano, com dimensões menores que 0,1 km², são geralmente chamados de lagoas (GUERRA, 2003).

Como lagoa, pode-se considerar os corpos d'água rasos, situadas nas bordas litorâneas, que possuem ligações com o oceano, de água doce, salobra ou salgada em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando, conseqüentemente, o crescimento de macrófitas aquáticas em toda a sua extensão. Algumas lagoas são temporárias e existem apenas na estação chuvosa, transformando-se em postos ocasionais da estação seca. A tendência natural dessas lagoas é o seu enchimento, também denominado de colmatagem (GUERRA, 2003).

O termo laguna é geralmente utilizado para corpos de água rasa salobra ou salina, situados em planícies costeiras, que foi represado por uma barreira arenosa, mas ainda mantém comunicação com o mar por intermédio de um ou mais canais. Em função da mistura de água doce e salgada, as lagunas desenvolvem, em sua maior parte, um regime estuarino (TOMAZELLI E VILLWOCK, 1991), embora o adjetivo “lagunar” seja usado para referir-se a feições relacionadas às lagoas de um modo geral, tanto lagunas, como lagos costeiros (PHLEGER, 1981).

Represas são ambientes lacustres proveniente da intervenção artificial por meio de barragens em cursos d'água com a função de atender à objetivos como abastecimento de comunidades, regularização de cursos d'água, obtenção de energia elétrica, irrigação, navegação e recreação, entre outros. No Brasil, lagos artificiais construídos a partir do represamento recebem diferentes denominações em função da sua finalidade, tais como: represas (construídas para o fornecimento de energia elétrica), reservatórios (normalmente formados pelo barramento de córregos ou riachos, com baixa vazão de água, construídos com a finalidade de aquicultura), açudes (fornecimento de água para consumo humano, irrigação e perenização dos cursos de água localizados a jusante para manutenção de condições de escoamento) etc.

Na formação de lagos, são de grande importância os fenômenos endógenos (originários no interior da crosta terrestre) e exógenos (a partir de causas exteriores à crosta). Grande parte dos lagos do mundo são localizados em regiões de alta latitude e montanhas, que favorecem a formação dos lagos a partir das depressões nas rochas expostas que são criadas pelo acúmulo de gelo. Além do processo de glaciação, lagos também podem ser formados por vulcanismo (por exemplo, lagos de caldeiras), tectonismo (em terrenos com grandes falhamentos geológicos), em sistemas fluviais (meandros de rios abandonados), processos costeiros (lagunas de água doce), entre outros (ESTEVEVES, 2011).

Por serem corpos d'água interiores sem comunicação direta com o mar, as águas dos lagos têm, em geral, baixo teor de sais dissolvidos, quando comparadas às águas oceânicas. Porém, lagos localizados em regiões áridas ou semi-áridas (submetidas a longos períodos de seca), possuem uma grande quantidade de sal dissolvido, pois a intensa evaporação não é compensada pela precipitação e, nestas condições, o teor de sais dissolvidos pode ser muitas vezes superior ao da água do mar (INGÁ, 2009; ESTEVEVES, 2011). É comum que estes conceitos se confundam com d'água de grande extensão, não necessariamente com alto teor de salinidade, que são denominados de mar, como por exemplo o mar Cáspio, mar Morto e mar de Aral.

Fontes

O conceito de fonte, de acordo com o Glossário Geológico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Brasil, refere-se à surgência natural da água subterrânea contida nas porosidades das rochas que brota em pontos onde o lençol freático é interceptado pela superfície do terreno (WINGE, 2018). De acordo com este mesmo documento, a fonte também pode se dar com erosão atingindo camada aquífera com água artesianas (fonte artesianas).

Alguns autores destacam a controvérsia entre a definição de fontes e nascentes, sendo as fontes então definidas como poços artificiais, cavados ou perfurados, atingindo o lençol ou o aquífero e disponibilizados em construções ou instalações bicas ou chafarizes. Para Seixas (2004), nascentes ou fontes são caracterizadas pelo afloramento das águas pluviais em uma encosta ou depressão do terreno, que, ao se infiltrarem nas camadas permeáveis e se alojarem entre duas camadas impermeáveis, foram submetidas a pressões superiores à pressão atmosférica. Dessa forma, temos os poços surgentes, nos quais a água jorra naturalmente na superfície e o trabalho da

captação consta, em essência, na construção de um pequeno reservatório, ou caixa de captação, onde a água é depositada e protegida contra contaminação.

As fontes naturais podem ser classificadas em quatro tipos, segundo a sua conformação (AZEVEDO, 1991, apud TOURINHO 2008): fontes de vale, de contato, de falhas (artesianas) e de fraturas.

A maioria das fontes em Salvador são do tipo fontes de fraturas, aquelas localizadas na parte central da cidade, onde ocorrem reservatórios em rochas de embasamento cristalino que permitem o armazenamento das águas infiltradas provenientes das chuvas em suas fraturas internas.

A fonte tipo Contato ocorre quando a superfície do terreno intercepta o contato de uma camada permeável sobreposta a uma outra camada, impermeável, podendo ser chamada de fixas. Em Salvador geralmente o contato ocorre entre rocha alterada e rocha sã.

A fonte tipo Vale ocorre quando o talvegue (linha de maior profundidade) de um vale intercepta o nível hidrostático do aquífero. É caracterizada, portanto, pela modalidade de seu ponto e surgência, a depender da variação sazonal da altura que o aquífero aflora.

A fonte tipo Fratura é comum ocorrer onde contém rochas cristalinas e em calcários (cárstico) em decorrência de fraturas interligadas que interceptam a superfície do terreno.

As fontes públicas em Salvador possuem uma relevância histórica indiscutível, uma vez que se configuram como a primeira forma de abastecimento público da cidade, perpetuando-se por mais de três séculos (ALVES et al., 2016). Desde então, a valorização das fontes foi minimizada e o recurso natural vem se degradando ao longo do tempo sem que ação de prevenção e\ou recuperação venha sendo praticada (OLIVEIRA, 2010).

Assim, Salvador que já foi conhecida como a “cidade das mil fontes” pela sua riqueza na produção de água potável, perdeu essa condição para buscar o fornecimento hídrico distante. Muitas das fontes originais da cidade já estão desaparecidas e as que ainda existem estão em total processo de abandono.

Fontes urbanas de acesso público, em geral, são considerados recursos escassos e de grande vulnerabilidade, de fragilizada relação com a sociedade, parte disso é resultado da negligência

quanto à gestão destes ambientes. Entretanto, em Salvador pode-se afirmar que as fontes que resistiram ao tempo e ao descaso e continuam sendo usadas como sistema de abastecimento secundário no cotidiano da cidade, tornando indispensável o conhecimento sobre o comportamento da qualidade da água, não só para planejamento de uso e manejo, mas principalmente para controle dos impactos ambientais, permitindo adequação aos múltiplos usos deste recurso, em especial aqueles de maior demanda com relação à qualidade, a fim de diminuir os riscos à saúde dos consumidores.

A existência de fontes ao longo das encostas e praias de Salvador é condicionada pela constituição geológica da cidade, caracterizada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino parcialmente recoberto pelos sedimentos cretáceos, da Formação Barreiras, que repousa discordantemente sobre rochas cristalinas. Os aquíferos em grande parte são rasos e de elevada vulnerabilidade, e são, em sua grande maioria, provenientes das águas que drenam as terras do município permitindo que as fontes surjam então, da água contida na porosidade das rochas (ALVES et al., 2016).

Uns dos maiores exemplos da degradação ambiental dos recursos hídricos são as fontes de água naturais (PORTO et al., 1991). No entanto, a situação se torna ainda mais crítica quando os diversos metais são incorporados as fontes juntamente com os efluentes domésticos (CETESB, 2001). No Brasil, a resolução CONAMA 357/05 estabelece limites das principais propriedades físico-químicas e das concentrações de metais presentes nas águas, o que é dependente da classe na qual o corpo d'água em estudo está enquadrado (BRASIL, 2005).

Gestão de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos tem papel fundamental na gestão ambiental, pois a água é um indicador que possibilita modelagens de simulação. Com isso, é possível reproduzir o funcionamento hidráulico e ambiental a partir de bases técnicas, através de informação sobre apropriação (uso e poluição) da água, características fisiográficas da bacia e do corpo d'água em si. Esta base técnica também permite acrescentar ao cenário futuro os interesses dos autores envolvidos em determinada bacia.

Considerando que a água é também um recurso econômico, uma vez que é finita, vulnerável e essencial para conservação da vida e do meio ambiente, a expressão institucional da gestão deve

ocorrer através de um acordo de benefícios que reúna os diferentes interesses. Essa expressão institucional, portanto, é constituída pelo Comitê de Bacias, grupos de gestão compostos por representantes dos três níveis do poder público e usuários da água e sociedade civil, e uma agência executiva, que realiza as tarefas relativas ao cumprimento das decisões do comitê, bem como submete a ele outras ações.

Monitoramento e Qualidade de Água

A Política Nacional de Recursos hídricos, instituída pela lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 e amplamente conhecida como Lei das Águas, conceitua com precisão a importância da qualidade da água em padrões adequados ao definir entre seus objetivos (Art. 2º) “assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos seus respectivos usos”.

De acordo com Bucci (2015) o monitoramento adequado pode fornecer importantes informações sobre a extensão do grau de poluição no ambiente e seus prováveis impactos, gerando informações sobre deterioração ou melhora da qualidade hídrica numa escala espacial e temporal. Com isso, é possível conhecer o funcionamento desses ecossistemas e a partir daí subsidiar a gestão destes mananciais propondo estratégias de preservação da qualidade e quantidade da água oferecida para a população.

Para tanto, faz-se necessário dispor uma base sólida de dados para a gestão das águas, através de programas de monitoramento físico-químico, químico e biológico dos corpos hídricos, fundamentais ao controle e à avaliação da poluição, à tomada de decisões e ao desenvolvimento socioeconômico.

O plano de amostragem de cada sistema é de responsabilidade do órgão de controle da qualidade da água e das companhias de abastecimento de água, que devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública. Devem ser coletadas amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na Resolução CONAMA 357/05, avaliando a compatibilidade entre as características da água e o tipo de tratamento existente. A autoridade de saúde pública (federal, estadual e municipal), deve implementar um plano próprio de amostragem, consoante com as diretrizes específicas elaboradas no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS (FREIRIA, 2007).

Arcabouço Institucional

A gestão de recursos hídricos no Brasil teve sua primeira experiência na década de 30, com a criação da Diretoria das Águas em 1933, diretamente vinculada à questão agrícola. A diretoria das águas, foi então vinculada ao Ministério da Agricultura, passando a se chamar Serviço de Águas. Em 1934 o Serviço de águas foi transferido para a estrutura do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) quando é editado o Código de Águas, até hoje em vigor.

Em 1961, o DNPM passou a integrar o Ministério de Minas e Energia e, em 1965, o Serviço de Águas, transformado em Divisão, tornou-se o Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE). Esse mesmo departamento, em 1968, passou a denominar-se departamento nacional das Águas e Energia Elétrica (DNAEE).

Com a Conferência Mundial do Meio Ambiente em Estocolmo, em 1972, a incorporação de movimentos ecológicos impulsionou a criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior. A SEMA passou a atuar, ouvindo o DNAEE, na classificação das águas interiores.

Nesta mesma época, iniciaram-se diversos estudos sobre o aproveitamento múltiplo de cursos d'água e bacias hidrográficas, discutindo-se também os pontos críticos de gestão destes recursos no Brasil. O diagnóstico sobre as bacias hidrográficas foi finalizado em 1984, onde determinou-se a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e alguns comitês de bacia, organismos colegiados que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cuja principal função é contribuir para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão.

O estabelecimento do CONAMA como órgão consultivo e deliberativo para a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente e do Sistema Nacional do Meio Ambiente objetivou assessorar, estudar e propor ao Governo, as linhas de direção que devem tomar as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais; além disso, tem a função de criar normas e determinar padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (Lei n ° 6.938/81 art. 6º parágrafo II).

Em 1988, a partir da promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil, foram introduzidos novos aspectos relativos à gestão das águas, criando um modelo sistêmico de gestão baseada na integração participativa, que leva em consideração o crescimento econômico, a equidade social e o equilíbrio ambiental (BORSOI & TORRES, 1997).

Atualmente, o Brasil conta um sólido arcabouço legal, para a gestão das águas, em especial o da gestão descentralizada que permite a participação do Poder Público em diferentes níveis de atuação, dos usuários e da sociedade em geral (LOBATO, 2003).

No ápice do arcabouço institucional situa-se o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e, nos estados, os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, que disciplinam procedimentos e arbitram situações de conflito. Paralelamente, existem instalados cerca de 150 comitês de bacia estaduais e interestaduais em diferentes regiões do país, que deliberam planos de recursos hídricos e as prioridades de ações requeridas (BRASIL, 2012).

Esse conjunto, que configura o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, juntamente com os instrumentos de gestão definidos em lei, encontram-se em plena vigência em todo o país. Com isso, são claras as diferenças relativas à institucionalidade, os critérios de gestão, e à capacidade técnica instalada em cada estado, que, em alguma medida, ainda requerem aperfeiçoamento (BRASIL, 2007).

Algumas constituições estaduais, promulgadas em seguida à Constituição Federal também detalharam e expandiram sua preocupação com a gestão dos recursos hídricos, principalmente em estados que detém domínios sobre as águas e ocupação territorial de grandes bacias, possuindo seus próprios arcabouços de organização administrativa. Na Bahia, o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) criado pela lei n.º 12.212 de 4 de maio de 2011, trouxe a integração do sistema de meio ambiente e recursos hídricos do Estado da Bahia com a competência relacionada à execução das ações e programas relacionados à Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade, à Política Estadual de Recursos Hídricos, à Política Estadual de Educação Ambiental e à Política Estadual sobre Mudança do Clima (MATOS e PEREIRA, 2014).

O INEMA surge da integração dois órgãos vinculados à secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA): o Instituto do Meio Ambiente (IMA) e Instituto de Gestão de Águas e Clima

(INGÁ), criado pela Lei nº 11.050/08, em substituição à antiga Superintendência de Recursos Hídricos (SRH). Ao integrar os dois órgãos, a lei nº 12.2012 promove também a unificação do Sistema Estadual de Informações Ambientais da Bahia (SEIA) com a absorção do Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos (SEIRH), para ser a ferramenta única de informações, alterando a gestão ambiental pública estadual de recursos hídricos (MATOS e PEREIRA, 2014).

É válido salientar que as fontes são de propriedades da Prefeitura Municipal de Salvador exceto à fonte Redenção do Pelourinho que é de propriedade do Governo do Estado, assim sendo, os atores sociais responsáveis pelas políticas públicas de manutenção e restauração das fontes são os poderes público municipal e estadual. Considera-se como municipal a Secretaria de Planejamento e Gestão Urbana - SEPLAN e a FGM – Fundação Gregório de Matos e estadual o IPAC- Instituto do Patrimônio Artístico e Cultural da Bahia, autarquia vinculada à Secretaria de Cultura.

O órgão responsável pela política ambiental do município é a SEPLAN, portanto é o órgão que engloba maiores atribuições e responsabilidades quanto às fontes. Entre suas finalidades, está exercer as funções de planejamento urbano, política ambiental e promover o desenvolvimento econômico do Município, segundo seu regimento interno (Consolidação dos Decretos nº 11.981/98 e nº 12.057/98).

Arcabouço Legislativo

A base legal constituída pelo conjunto de leis, decretos, normas e regulamentos relacionados ao uso e controle dos recursos hídricos conforma o modelo de gerenciamento de águas adotado no Brasil. A legislação ambiental nacional é rica em instrumentos que tutelam o aspecto qualitativo dos recursos hídricos.

O histórico da legislação hídrica no Brasil se inicia a partir da crise econômica de fins do século XIX e início do século XX, onde a troca do modelo econômico, do agrário para o industrial, promove uma maior necessidade da utilização de energia elétrica, criando o cenário socioeconômico que determina a necessidade de criação do primeiro arcabouço legislativo: o Decreto 24.643 em 10 de Julho de 1934, que aprova o Código de Águas Brasileiro.

Em sua publicação original, este decreto reconhece que, até o momento o Brasil era regido por uma legislação obsoleta e em desacordo com os interesses coletivos, de forma que era necessário

atribuir ao Ministério da Agricultura ministrar assistência técnica e material permita ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas.

Ainda que voltado para o aproveitamento econômico e industrial dos recursos hídricos, este decreto inicia o arcabouço legislativo que posteriormente regularizaria aspectos relativos ao uso e propriedade da água. Este decreto, ainda em vigor, sofreu posteriores edições, a citar, Decreto-Lei nº 852, de 1938, Decreto-lei nº 3.763, de 1941 e Decreto nº 2.869, de 1998.

O regime jurídico de águas no Brasil, a partir do Código de Águas, foi evoluindo de acordo com as necessidades socioeconômicas do país, possibilitando alterações não só de dispositivos legais, mas principalmente no modelo de administração pública. Outros expressivos dispositivos legais decorrentes deste código permitiram apresentar de forma mais detalhada instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, incluindo aspectos como: plano de recursos hídricos; outorga de direito de usos das águas; cobrança pelo uso da água; classificação dos corpos d'água e sistemas de informações sobre recursos hídricos.

Um dos primeiros instrumentos legais derivados do Código de Águas de 34 é o Código de Águas Minerais, ou Decreto-lei nº 7.841 de 8 de agosto de 1945. Este código disciplina e classifica o uso das águas minerais, estabelecendo características de composição e propriedades para sua classificação incluindo limites de potabilidade, de acordo com os dados fornecidos pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral).

A Constituição Federal, promulgada em 1988 inclui um dispositivo em seu Título III Capítulo II sobre recursos hídricos onde disserta sobre as competências da união, dos estados federados, e dos municípios no que tange a posse e responsabilidade sobre administração pública de lagos, rios e quaisquer correntes de água, as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito. Observa-se, portanto, que embora a água seja um direito inalienável que nem o Estado pode privar sem se deslegitimar, a constituição vigente a trata como bem de responsabilidade ambiental difusa (GOMES, 2010).

Uma importante determinação da Constituição foi fixar a competência da União para instituir um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, e definir critérios de outorga e direitos do uso da água (art. 21, inciso XIX). Estabeleceu também competência para legislar privativa da

União, e competência comum dos estados, municípios e Distrito Federal registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de uso dos recursos hídricos.

Em janeiro de 1997 foi sancionada a Lei 9.433, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecida como Política Nacional de Águas ou Lei das Águas. Esta lei incorpora princípios, normas e padrões de gestão de água, representando um marco institucional com a expectativa que fosse operada uma transformação na gestão ambiental dos recursos hídricos e do meio ambiente.

A política Nacional de Recursos Hídricos surge com o objetivo principal de administrar e promover o processo de desenvolvimento da utilização dos recursos hídricos no país, tratando a água como um recurso escasso e finito, e atribuindo a ela um valor econômico. Até o advento da Lei de Recursos Hídricos, o modelo de gestão era o de gerenciamento pelo tipo de uso da água, existindo diversos órgãos e entidades públicas com atribuições de gestão de água de forma desarticulada e ineficiente.

Conhecida por seu caráter descentralizador e participativo, a PNRH criou um sistema nacional que integra União e estados, e inovou com a instalação dos Comitês de Bacias Hidrográficas: organismos colegiados que unem poderes públicos nas três instâncias, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos, garantindo composição diversificada e democrática na representação e poder de decisão sobre estes recursos. A PNRH é, portanto, considerada uma lei moderna, que permitiu que fossem identificados os principais conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo.

A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação do PNRH, e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)¹, e para tanto, alguns instrumentos são necessários para sua boa gestão, são eles: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes; a outorga dos

¹ Conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas, cujo principal papel é fazer a gestão dos usos da água de forma democrática e participativa. O Singreh é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA), pela Agência Nacional de Águas, pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), pelos Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais (Entidades Estaduais), pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e pelas Agências de Água.

direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e o Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA), criada em julho de 2000, tem como missão básica a implantação do sistema nacional de recursos hídricos. A ANA possui participação na execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoiando os Conselhos Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos, bem como os respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas, no sentido de fornecer subsídio técnico na implantação desta política. A ANA também implantará, em conjunto com os Estados, os Comitês de Bacias Hidrográficas, com suas respectivas Agências de Bacia.

Os recursos hídricos são também protegidos por normas ambientais gerais, como a Lei 6.938/81 que, ao instituir a Política Nacional do Meio Ambiente que inclui as águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários e o mar territorial entre os recursos ambientais (art. 3º, parágrafo V), considerando o meio ambiente como um “patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” (art. 2º, parágrafo I) e estabelece o princípio da racionalização do uso da água (art. 2º, parágrafo II).

Esta mesma lei possui importante contribuição ao criar o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) que exerce a função de assessorar, estudar e propor ao governo linhas de direção que devem tomar as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Além disso, também cabe ao órgão, dentro de sua competência, criar normas e determinar padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

Até a edição da Lei nº 9433 em 1997 a classificação pertencia exclusivamente ao Sistema Nacional de Meio Ambiente. Atualmente ele pertence tanto ao Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, quanto ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SINGREH. O CONAMA é hoje responsável por estabelecer as normas que enquadram os corpos d'água em 13 classes de uso preponderante, sendo 5 pra água doce (classe especial, classe 1, classe 2, classe 3, e classe quatro), 4 pra água salina (classe especial, classe 1, classe 2, classe 3) e quatro pra água salobra (classe especial, classe 1, classe 2, classe 3).

As principais regulamentações para a gestão de corpos d'água baseada em sua classificação são resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) são: Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; Resolução CONAMA nº 397/2008, que altera o art. 34 da Resolução CONAMA 357/2005; Resolução CONAMA 410/2009, que prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamentos de efluentes; Resolução CONAMA nº 430/2011, que complementa e altera a Resolução nº 357/2005, e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes; Resolução CNRH nº 91/2008, que estabelece os procedimentos gerais para a classificação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos; e Resolução CONAMA nº 396/2008, que estabelece o enquadramento das águas subterrâneas.

Outras leis esparsas regulam aspectos específicos, como o Código Florestal (Lei 4.771/65) que determina a preservação permanente das matas ciliares² e o Código Penal (Decreto-Lei 248-40) prevê crimes ambientais relacionados às águas³, embora de forma rudimentar devido à época que foi elaborado. Também a Lei 9.605/98 contempla sanções a serem aplicadas aos infratores da legislação ambiental.

É importante frisar que faz-se necessária uma alteração no ordenamento jurídico brasileiro, uma vez que a água não é incluída como direito fundamental (art. 6º) da Constituição Federal de 1988, embora existam interpretações que defendam que o ordenamento constitucional garante tal direito por meio de um de seus princípios contidos no artigo 4º constitucional, qual seja a prevalência dos direitos humanos, dentre os quais o acesso à água potável é reconhecido pela ONU. Somente no ano de 2016, a Câmara dos Deputados começou a analisar uma Proposta de Emenda à Constituição (PEC 258/2016) para incluir o acesso à água e à terra entre os direitos sociais obrigatórios.

² Vegetação às margens de rio que garantem proteção contra o assoreamento, recicla elementos em condições de solos encharcados, promove interação entre os ecossistemas terrestre e aquático e desempenham papel de corredor genético para a flora e fauna promovendo fluxo de espécies entre e dentre os diferentes biomas.

³ Inclui os crimes de “usurpação de águas” (art. 161, parágrafo II, prevê detenção de 1 a 6 meses e multa), “envenenamento de água potável (art. 270, penalidade varia de 6 meses a 15 anos de reclusão) e “corrupção ou poluição de água potável” (art. 271, prevê reclusão ou detenção, a depender da modalidade de culpa, de dois meses a cinco anos).

Em 2005, foi instituído o Decreto No. 5440 que estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento, com o objetivo explícito de monitorar a qualidade das águas fornecidas pelas empresas fomentadoras de águas para o abastecimento público, objetivando fornecer aos consumidores informações de parâmetros básicos de qualidade, como microbiológicos, físicos, químicos e radioativos até informações dos mananciais, como a presença de algas tóxicas, a presença de contaminações por agrotóxicos, intermitência da fonte, anomalias operacionais e não-conformidade da água para consumo.

No Estado da Bahia, os esforços para formular e implementar uma política de recursos hídricos praticamente foram iniciados em 1995, com a promulgação da Lei nº 6.855/1995 que dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos. No entanto, esta lei não incluiu em seu escopo os organismos colegiados de tomada de decisão (Conselho Estadual de Recursos Hídricos e Comitês de Bacias Hidrográficas) (MATOS e PEREIRA, 2014).

À medida em que a implementação da política de águas no Estado avançava, foram necessárias aprovação de outras leis, que tratavam de aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos, tais como: a Lei nº 7.354, de 14 de setembro de 1998, que cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH); a Lei nº 8.194, de 21 de janeiro de 2002, que cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (FERHBA) e a Lei nº 9.843, de 27 de dezembro de 2005, que cria os Comitês de Bacias Hidrográficas, entre outras.

Em 20 de dezembro de 2006, foi aprovada a Lei nº 10.432, derivada da necessidade de uma revisão do conjunto das normas da política de recursos hídricos aprovadas em diferentes momentos, visando harmonizá-las e aperfeiçoá-las. Esta lei dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e, sobretudo, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREH), um passo importante para superar a visão fragmentada do gerenciamento dos recursos hídricos. Posteriormente, a Lei nº 11.050/2008 promoveu mais alterações nos entes que integram o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo as mais destacadas as alterações nas finalidades e denominações desses órgãos.

Finalmente, em 2009, a edição da Lei nº 11.612 implementa a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, completando o processo de reorganização do sistema de gerenciamento de recursos hídricos da Bahia, ampliando a participação dos usuários e da sociedade civil, fortalecendo os entes integrantes do sistema, como

os então Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) e Instituto do Meio Ambiente (IMA), além da Companhia de Engenharia Ambiental da Bahia (CERB) e da própria Secretaria do Meio Ambiente do Estado (SEMA).

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bahia (SEGREH), instituído pela Lei nº 11.612/2009 conforme estipulado pelo sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, atualmente tem como poder outorgante da implementação dos instrumentos de política no âmbito estadual o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), resultado da integração do o Instituto do Meio Ambiente (IMA) e o Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) pela Lei nº. 12.212, sancionada em 4 de maio de 2011.

Índices e Indicadores de Qualidade da Água

A diversidade de poluentes aos quais os corpos d'água estão sujeitos, principalmente nos centros urbanos, conduz a uma necessidade de diferentes planos e estratégias de recuperação ambiental. Estes planos, além de identificar e monitorar os potenciais poluentes através de fiscalização, devem também permitir efetiva implementação que garantam condições de uso atuais e futuras (PNMA, 2008).

Para tanto, são estabelecidos programas de monitoramento que objetivam avaliar as substâncias presentes na água, considerando aspectos físicos, químicos e biológicos. A seleção dos parâmetros de interesse a serem considerados no monitoramento depende do objetivo da análise, levando em consideração o uso previsto para esse corpo d'água e as fontes potenciais de poluição (PNMA, 2008).

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade: a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte (BRASIL, 2004).

A qualidade da água é resultante dos processos derivados das capacidades de dissolução e de transporte na massa líquida e na bacia de drenagem do corpo hídrico. Portanto, deve-se considerar que o sistema aquático é composto por diversas interfaces e inclui obrigatoriamente a bacia de contribuição, onde ocorrem os fenômenos que irão conferir à água suas características de

qualidade. Além dos aspectos físico-químicos, também deve-se considerar características provenientes das comunidades de organismos que habitam o corpo d'água. Em sua atividade metabólica, estes organismos podem sofrer ou provocar alterações físicas e químicas na água, portanto, a ocorrência de processos interativos com estes organismos também deve ser apontada como um parâmetro crucial para avaliação de qualidade nestes ambientes (BRASIL, 2004).

Dentre as diretrizes de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos está a gestão sistemática dos recursos hídricos, utilizando como instrumento o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução no 357/2005, define a classificação das águas do território nacional em função dos usos previstos com os seguintes objetivos: assegurar seus usos preponderantes; definir o grau de exigência para tratamento de efluentes; facilitar o enquadramento e o planejamento do uso de recursos hídricos, criando instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas; e preservar a saúde humana e o equilíbrio ecológico aquático. Para tanto, convencionou-se a divisão das águas em três grandes grupos: Doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade > 3%).

Cada uma das classes estabelecidas pela Resolução 357 do CONAMA corresponde a uma determinada qualidade, expressa em padrões, a ser mantida no corpo d'água, em função da sua utilidade, garantindo os padrões para os usos múltiplos desejados pela comunidade, preservando os aspectos qualitativos para a vida aquática e demais usos atuais e futuros.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) na NBR 9896/87 preconiza que os padrões de qualidade devem ser constituídos por um conjunto de parâmetros e seus respectivos limites em relação aos quais os resultados de uma amostra são comparados. No caso de águas, por exemplo, a concentração de poluentes de uma amostra é avaliada considerando a qualidade da água para um determinado fim. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para uma dada vítima e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente (BUCCI, 2015).

Os dados analíticos adquiridos através da análise de parâmetros físico-químicos na água devem descrever e representar de forma compreensível e significativa as condições atuais deste

ambiente, e caso seja possível, prever suas tendências, para que sejam utilizados como informações gerenciais e ferramentas para tomadas de decisões relativas aos recursos hídricos (PNMA, 2008).

Os parâmetros a serem considerados devem atender a determinada legislação, estabelecendo os padrões de qualidade que devem ser atendidos. Os resultados das variáveis analisadas foram confrontados com os seguintes padrões normativos para qualidade da água em função dos usos identificados:

- Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que estabelece os níveis aceitáveis de cada variável de qualidade da água para consumo objetivando preservar a saúde da população, tendo em vista que a água da maioria das fontes estudadas é usada secundariamente no abastecimento das famílias sem um tratamento prévio ou desinfecção - consolidada pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX⁴;
- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que define os níveis aceitáveis de cada variável na qualidade de água dos corpos hídricos objetivando a sua preservação ambiental.
- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 274, de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000), que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396, de 7 de abril de 2008 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Referências

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 26 de março de 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as Condições e padrões de

⁴ No início deste estudo vigorava a Portaria MS/GM nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). No dia 03 de outubro de 2017, através do Suplemente DOU nº 190 foi publicado a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, que através do Art. 864, inciso CXXXIII, revogou através de consolidação a Portaria nº 2914/2011, mantendo os requisitos e valores limiares.

lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 17 março de 2005.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n° 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 26 de março de 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as Condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 17 março de 2005.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Imprensa Nacional, 07 de abril de 2008.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n.º 274, de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Nacional, 8 de janeiro de 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas. **Pacto nacional pela gestão das águas: construindo uma visão nacional**. Brasília, 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Gestão dos recursos hídricos no Brasil: evolução e “estado da arte”**. GEO BRASIL: recursos hídricos. Brasília, 2007.

BUCCI, M. M. H. S. Estudo da qualidade da água na Represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, Índices de qualidade da água e de estado trófico. Juiz de Fora, MG. 163f. **Tese de Doutorado**. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2015.

BUCCI, M. M. H. S. et al. Analysis of metallic, pesticide, physico-chemical and microbiological parameters of waters near the Dr. John Penido Dam, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 804-824, 2015.

BUCCI, M. M. H. S., DELGADO, F. E. D. F., SANTOS, C. D. S. and OLIVEIRA, L. F. C. D. Analysis of metallic, pesticide, physico-chemical and microbiological parameters of waters near the Dr. John Penido Dam, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, 2015, 10 (4), 804-824.

CETESB. **Qualidade das águas no Estado de São Paulo: águas e energia elétrica**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, n. 14, p.11-22. 2001.

COSTA, F. J. L. Estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial. **Série Água Brasil**, n. 1. Banco Mundial. Brasília. 2003.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3 ed. Rio de Janeiro. **Interciência**, 2011. 826 p.
FARION, S. R. Litoral do Rio Grande do Sul: rio, lago, lagoa, laguna. **Ágora**, v. 13, n. 1, p. 167-186, 2007.

FREIRIA, R. C. Direito das Águas: Aspectos legais e institucionais na perspectiva da qualidade. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, X, 2007, 40.

GOMES, G. F. O direito fundamental à água e a constituição de 1988. **Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI** realizado em Fortaleza – CE, Junho de 2010.

GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2003.

INGÁ – INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS E CLIMA. Gestão de Recursos Hídricos 1 ed. **Série Águas da Bahia**, v. 3 Salvador. INGÁ, 2009 166 p.

MATOS, J. S.; PEREIRA, J. S. A Política de Recursos Hídricos no Estado da Bahia. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v. 1, n. 1, 2014.

PHLEGER, F. B. A review of some general features of coastal lagoons. Coastal lagoon research, present and future. **Unesco Technical Papers in Marine Science**. Beaufort, NC. UNESCO-IABO, 1981.

PNMA, I. I. Índice e indicadores de qualidade da água. **Revisão da Literatura**, 2002. 2008. Disponível em <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>> Acesso em: 30/08/2018.

PRESS, F. et al. **Como entender a Terra**. In: MENEGAT, R. et al. 4 ed. Porto Alegre. Bookmann, 2006.

SEIXAS, B. L. S. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Água: usos, características e potencialidades**. 2004. 255 p.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares**. São Paulo. Edgard Blucher, 2003.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Geologia do sistema lagunar holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas (18)**. Porto Alegre. UFRGS. 1991.

TOURINHO, A. O. Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. **Dissertação de Mestrado**. 158 p. 2008.

TOURINHO, A. O.; BERETTA, M. Investigação da qualidade da água das fontes naturais da cidade de Salvador. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, p. 73-82, 2010.

WINGE, M. et. al. **Glossário Geológico Ilustrado**. 2001. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/fonte.htm>> Acesso em: 18/08/2018.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA OPEN ACCESS LIBRARY JOURNAL

Submission

Manuscripts should be submitted by one of the authors of the manuscript through the online manuscript submission system. Submissions by anyone other than one of authors will not be accepted.

Authors are invited to provide the names of four well qualified reviewers. Current e-mail addresses must be provided for all suggested reviewers.

Regardless of the source of the word-processing tool, only electronic PDF or MS-Word files can be submitted through the online submission system. If for some technical reason online submission is not successful, the author can submit the manuscript to service@oalib.com.

Manuscript Preparation

To expedite the review process, please format the manuscript in ways as follows:

Article type:

One Column

Manuscript organization:

All manuscripts are expected to be prepared as a single PDF or MS Word document with the complete text, references, tables and figures included. Any revised manuscripts prepared for publication should be sent as a single editable Word document. LaTeX paper is also acceptable for publication, but it should be in PDF for review first.

Paper in any language is acceptable (need to have Title and Abstract in English). Title, author(s), and affiliations should all be included on a title page as the first page of the manuscript file, followed by a 100-300 word abstract and 3-5 keywords. The order they follow is: Title, Authors, Affiliations, Abstract, Keywords, Introduction.

Figure and table requirement:

All figures or photographs must be submitted as jpg or tif files with distinct characters and symbols at 500 dpi (dots per inch). Test your figures by printing them from a personal computer. The online version should look relatively similar to the personal-printer copy. Tables and equations should be in an editable rather than image version. Tables must be edited with Word/Excel. Equations must be edited with Equation Editor. Figures, tables and equations should be numbered and cited as Figure 1, Figure 2, Figure 3, etc. in sequence.

How to count page numbers:

Before submission or after acceptance, type your manuscript single spaced, and make all the characters in the text, tables, figure legends, footnotes and references in a single typeface and point size as 10 pt Times New Roman. This will save space, make it easier for reviewers and editors to process the submitted work, and contributes to slowing down global warming by using less paper.

References format:

All references should be numbered in square brackets in the text and listed in the REFERENCES section in the order they appear in the text. Below are some examples:

Journal Articles:

[1] García, J.I., Sepúlveda, S. and Noriega-Hoces, L. (2010) Beneficial Effect of Reduced Oxygen Concentration with Transfer of Blastocysts in IVF Patients Older than 40 Years Old. *Health*, 2, 1010-1017.

[2] Maganioti, A.E., Chrissanthi, H.D., Charalabos, P.C., Andreas, R.D., George, P.N. and Christos, C.N. (2010) Cointegration of Event-Related Potential (ERP) Signals in Experiments with Different Electromagnetic Field (EMF) Conditions. *Health*, 2, 400-406.

[3] Botorabi, F., Haapasalo, J., Smith, E., Haapasalo, H. and Parkkila, S. (2011) Carbonic Anhydrase VII—A Potential Prognostic Marker in Gliomas. *Health*, 3, 6-12.

E-Journal Articles:

[4] Bharti, V.K. and Srivastava, R.S. (2009) Protective Role of Buffalo Pineal Proteins on Arsenic-Induced Oxidative Stress in Blood and Kidney of Rats. *Health*, 1, 167-172.

https://www.scirp.org/fileOperation/download.aspx?path=Health20090100017_97188589.pdf&type=journal

Books:

[5] Verdu, S. (1998) *Multi-User Detection*. Cambridge University Press, Cambridge.

Edited Book:

[6] Prasad, A.S. (1982) Clinical and Biochemical Spectrum of Zinc Deficiency in Human Subjects. In: Prasad, A.S., Ed., *Clinical, Biochemical and Nutritional Aspects of Trace Elements*, Alan R. Liss, Inc., New York, 5-15.

Conference Proceedings:

[7] Clare, L., Pottie, G. and Agre, J. (1999) Self-Organizing Distributed Sensor Networks. *Proceedings SPIE Conference Unattended Ground Sensor Technologies and Applications*, Orlando, 3713, 229-237.

Thesis:

[8] Heinzelman, W. (2000) *Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks*. Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Internet:

[9] Honeycutt, L. (1998) Communication and Design Course.

<https://dcr.rpi.edu/commdesign/class1.html>

Review Process

OALib Journal has staff involved in editing the manuscript. OALib's Managing Editor is supervising the review process. The Managing Editor may name an Associate Editors (also part of OALib's staff) to handle the review process. The Associate Editor is in close contact with the corresponding author. The Associate Editor checks the manuscript. Manuscripts not adhering to journal guidelines are sent back to the author with related comments. Suitable manuscripts are further processed. In the first step, at least one Academic Editor has to be found. An Academic Editor makes decisions in the review process. The Managing or Associated Editor selects the Academic Editor(s) as the available and most knowledgeable person(s) in the field of the manuscripts. The Academic Editor(s) can decide to make a preliminary review. This could result in the manuscript to be "pre-rejected". Otherwise a minimum of two reviewers are assigned. The Academic Editor(s) may also contribute with own review(s), but can also rely on the reviews provided by the Reviewers assigned to the manuscript. The Academic Editor and the Reviewers are selected (a) from among the Editorial Board members, (b) from OALib's database, (c) from the list of recommended reviewers provided by the author(s). The Associate Editor sends review guidelines to the reviewers who are asked to give recommendations and mark the manuscript. The recommendations include three categories: "publish as is", "publish after corrections have been made", and "reject". Once all reviews are collected, the Academic Editor(s) decide based on all available reviews about the category of the manuscript. If the category is "publish after corrections have been made", the corresponding author is contacted, given the information generated by the reviewers and asked to do the correction. Once the corrections are done the manuscript is handed over to typesetting. The review process is single blind, but to add more transparency to the review process at least one Academic Editors is made public and listed with his/her name (and affiliation) together with the final paper.

Copyright

OALib is fully open on Reader Rights. OALib Journal is also fully open on Reuse Rights by granting a Creative Commons license "Attribution" (CC BY). For authors who want to be more protective, OALib Journal offers only on special request the Creative Commons license "Attribution-Noncommercial" (CC BY-NC) as an alternative. Also, this license fulfills OASPA Standards on Reuse Rights and DOAJ's requirements for its Seal. Original copyright and reuse rights are indicated on the paper depending on the author-selected CC license as: "Copyright © 2015 by author(s) and OALib" together with icon or . OALib asks authors to grant OALib a nonexclusive copyright. In this way, authors continue to hold the copyright with no restrictions.

Publication Ethics Statement

OALib is committed to maintaining high standards through a rigorous peer-review together with strict ethical policies. Any infringements of professional ethical codes, such as plagiarism,

fraudulent use of data, bogus claims of authorship, should be taken very seriously by the editors with zero tolerance.

An Initial Plagiarism Check is carried out for every manuscript submitted to OALib Journal. The check starts with a standardized Google search. In addition, the online tool Open Access Plagiarism Search (OAPS) is used. A Detailed Plagiarism Check is performed if deemed necessary.

OALib follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct.

The submitted manuscript should not have been previously published in any form and must not be currently under consideration for publication elsewhere.

Open Access Statement

All articles from Open Access Library Journal (OALib Journal) have "free availability on the public internet, permitting any users to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of these articles, crawl them for indexing, pass them as data to software, or use them for any other lawful purpose, without financial, legal, or technical barriers other than those inseparable from gaining access to the internet itself." (From the BOAI Definition of Open Access)

Please find further information about Open Access at OALib on About OALib ("What is Open Access?", "How Open is OALib Journal on the 'Open Access Spectrum'?")

ANEXO B – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS

Instruções aos Autores

Os manuscritos devem ser cuidadosamente preparados pelos autores observando as instruções aqui apresentadas.

A partir de 2018, as submissões são pelo Sistema Eletrônico de Editoração Eletrônica (SEER) disponibilizadas pela *Open Journal System* na base de dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na etapa de submissão, os autores devem preparar um arquivo com extensão pdf, incluindo o texto e todas as ilustrações. A fim de facilitar a preparação do arquivo a ser submetido pelos autores, a revista disponibiliza um modelo de documento para acesso e utilização como padrão na confecção do arquivo de texto. As instruções gerais e o detalhamento sobre a formatação são apresentados a seguir.

Arquivo modelo para preparação dos manuscritos

Considerações gerais

1. Os manuscritos devem ser originais, com temática relacionada com a área de Geociências, conforme tabelas de áreas de conhecimento do CNPq e da CAPES.
2. Os manuscritos devem elaborados observando rigorosamente as normas de redação da língua mãe.
3. Na submissão, o autor correspondente deverá declarar que (i) o trabalho não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação); (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro meio de divulgação; (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor correspondente, bem como dos demais coautores, quando houver; e, (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro meio.

Língua

4. Línguas aceitas para submissão e publicação: português, espanhol ou inglês.
5. Manuscritos redigidos em português: além do resumo, devem conter *abstract*.
6. Manuscritos redigidos em espanhol: além do *resumen*, devem conter *abstract*.
7. Manuscritos redigidos em inglês: além do *abstract*, devem conter resumo. Conservar a homogeneização da língua inglesa no formato americano ou britânico.
8. Termos não traduzidos de outra língua, distinta daquela do manuscrito, devem constar em itálico.

Formatação do manuscrito para submissão

9. Cada manuscrito pode conter um total de até 40 páginas, incluindo referências e ilustrações no formato de submissão. Páginas excedentes poderão ser publicadas mediante consulta prévia.

10. Materiais suplementares vinculados ao manuscrito (tais como figuras em formatos distintos, listas, tabelas com dados detalhados) poderão ser publicados, sob consulta, somente na forma *online*, sendo os autores responsáveis pela formatação final.
11. Utilizar o *software* Microsoft Word para produção do texto, com todas as margens ajustadas em 2,5 cm, espaço 1,5 entre linhas, fonte *Times New Roman*. Manter a formatação do texto o mais simples possível.
12. Todas as páginas do texto devem ser sequencialmente numeradas na margem superior direita.
13. As linhas devem estar numeradas de modo contínuo do início ao fim do texto.
14. Título do trabalho: alinhado à esquerda, em negrito, fonte tamanho 14. Manuscritos redigidos em português ou espanhol deverão ter o título vertido para língua inglesa e posicionados logo abaixo do título original em uma nova linha. Manuscritos em inglês deverão ter o título vertido para a língua portuguesa, também posicionado abaixo do título original.
15. Nome dos autores: tamanho 12, com a margem alinhada à esquerda, escritos em sequência, separados por vírgulas (e “&” antes do último); o último sobrenome de cada autor deverá ser escrito em caixa alta; exemplo: Carla Amaral RITTER, Pedro Luiz MENDONÇA & Adam SMITH (incluir números sobrescritos referentes aos vínculos institucionais explicitados a seguir).
16. Vínculo institucional dos autores: fonte 11, alinhado à esquerda, espaço simples (1), adaptar estritamente conforme os exemplos que seguem; não utilizar abreviações nos nomes das instituições.
 - 1 Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil (email@xxx).
 - 2 Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Av. dos Astronautas, 1.758, CEP 12.227-010, São José dos Campos, SP, Brasil (email@zzz.zz, email@yyyy.yy).
17. Resumo, *resumen* e *abstract*: devem abordar de forma clara e concisa a problemática, os objetivos, os métodos, os resultados e as conclusões, nesta ordem; comportar até 20 linhas, em fonte 11, parágrafo único (reco de 1 cm à direita e à esquerda), espaço entre linhas simples, sem citações bibliográficas.
18. Palavras-chave (para manuscritos em português e inglês), *Palabras clave* (manuscritos em espanhol) e *Keywords* (manuscritos em português, espanhol e inglês): lista de até seis termos, separados por vírgula, fonte 11, espaço entre linhas simples, reco de 1 cm à direita e à esquerda; evitar utilizar termos já descritos no título.
19. Organizar o texto nas seguintes seções: 1 Introdução; 2 Área; material e métodos (inserir nesta seção informações sobre o estado de arte: p. ex. caracterização geológica, estratigráfica, fundamentação teórica); 3 Resultados; 4 Discussão dos resultados; 5 Conclusões; Agradecimentos (opcional); e Referências bibliográficas. Seções distintas e/ou adaptadas a estas poderão ser aceitas, conforme a natureza do tema.
20. Todo o texto, a partir da seção 1 Introdução (excetuando-se os agradecimentos), deve ser confeccionado em fonte 12, justificado, com primeira linha de cada parágrafo com reco do lado esquerdo de 1,25 cm.
21. Os títulos das seções deverão constar ordenadamente com algarismos arábicos, em negrito, alinhados à esquerda, sem reco, fonte 12.
22. Os subtítulos devem ser ordenados com algarismos arábicos, alinhados à esquerda, sem reco, em itálico (p. ex.: 2.1 *Localização da área*, 2.2 *Estratigrafia*, 2.3 *Métodos*), assim sucessivamente, até a terceira ordem (p. ex.: 3.2.1), fonte 12.

23. Agradecimentos: sem numeração, fonte 11, espaço simples entre linhas, alinhado à esquerda, sem recuo, incluindo, quando cabíveis, números de projetos/processos, agências de fomento, esclarecimento sobre a relação do manuscrito como parte constituinte de dissertações ou teses de doutoramento etc. Os autores não devem fazer agradecimentos às suas próprias instituições.

24. As ilustrações devem ser inseridas no arquivo Microsoft Word, na posição desejada, centralizadas, com a respectiva legenda na posição superior (no caso de tabelas e quadros) ou inferior (figuras). A primeira citação de uma ilustração no texto deve ser feita antes de sua inserção. Ordenar as ilustrações de modo fluido, de modo a facilitar a leitura do texto e sua posterior e imediata visualização.

25. Recomendações gerais sobre a formatação: (i) não usar hifenização no processador de texto; (ii) usar negrito, itálico, subscripto, sobrescrito etc., somente quando pertinente; (iii) não importar tabelas e equações de programas gráficos (use o processador de texto para criá-las); (iv) não utilizar notas de rodapé; (v) utilizar sempre os símbolos internacionais de medidas ao invés dos nomes completos (p. ex.: 7 m ao invés de 7 metros).

Ilustrações

26. Figuras, tabelas e quadros são consideradas ilustrações.

27. Figuras: são ilustrações gráficas, imagens fotográficas ou fotomicrográficas, com extensão jpg, ou jpeg, ou tiff; em resolução compatível para publicação (mínima de 300 dpi).

28. Tabelas: compreendem ilustrações que armazenam informações numéricas, construídas com bordas laterais abertas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editadas em *Word* ou *Excel*.

29. Quadros: são ilustrações contendo elementos textuais, construídos com bordas fechadas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editados em *Word* ou *Excel*.

30. Em casos excepcionais, apêndices poderão compor o manuscrito, alocados após as referências.

31. Numeração das ilustrações: o número das figuras, tabelas e quadros é independente (p. ex.: figura 1, figura 2, quadro 1, quadro 2, tabela 1), constituindo numeração e ordenamento próprios para cada tipo de ilustração, de forma sequencial.

32. Figuras compostas: trata-se de ilustração com mais de uma parte interna (vide exemplos na lista abaixo). Nestes casos, cada parte deve conter uma letra maiúscula no canto superior esquerdo, em tamanho não maior que 14, conforme exemplos que seguem. A legenda deve ser iniciada por um título geral para a figura como um todo, seguida de suas respectivas partes.

Exemplo: Hadlich et al. (2017, v. 44, n. 3, p. 403)

Figura 1. Contexto geológico regional. A) Localização do Cinturão Dom Feliciano no sul do Brasil (adaptada de Chemale Jr., 2007); B) Domínios interno, central e externo do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Catarinense e falhas que os delimitam (adaptado de Basei et al., 2011a); C) Geologia da região de Gaspar (a partir de Wildner et al., 2014).

Recomendação: atentar para as normas de pontuação, que devem ser seguidas, estritamente conforme exemplos.

33. No texto, as ilustrações deverão ser citadas conforme os seguintes exemplos:

- “A coluna estratigráfica do intervalo estudado é apresentada na figura 5.”

- “Dos táxons registrados, somente *G. occidentalis* (Fig. 7A) e *G. obovata* (Fig. 7B e C) correspondem...”

- “As características pluviométricas da área estão listadas, por município, no quadro 2, enquanto os valores das temperaturas médias e precipitação são apresentados separadamente (Tab. 3 e 4).”

Ou seja, quando ilustrações são citadas entre parênteses, elas deverão levar inicial maiúscula e ter

seu tipo abreviado (p.ex.: Fig. 1, Tab. 2 e Quadro 3). Mas de forma geral, o tipo de ilustração é escrito em minúsculo e por extenso, por exemplo: figura 1, tabela 2, quadro 3. O mesmo vale para equações numeradas.

34. Todas as ilustrações devem ser preparadas e inseridas no texto de modo a não necessitar ampliações ou reduções, com legibilidade e dimensões compatíveis a uma largura máxima de 8 ou 16,5 cm (para uma coluna ou para a largura da página, respectivamente) e altura máxima de 24 cm, considerando o uso econômico dos espaços disponíveis. Evitar espaços internos em branco.

35. Ilustrações confeccionadas com gradientes de cor (ex. tons de cinza), os autores devem garantir que os tons escolhidos sejam discerníveis no formato eletrônico e impresso.

36. Legendas dos manuscritos redigidos em português: todas as legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

37. Legendas dos manuscritos redigidos em espanhol: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

38. Legendas dos manuscritos redigidos em inglês: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua portuguesa.

39. Nos casos de figuras compostas, dar nome geral à figura e, logo após, às suas partes, tal como exemplificado a seguir: Figura 1. Mapa de localização. A) Bacia de Campos; B) Localização da área de mapeamento (polígono azul). *Figure 1. Location map. A) Campos Basin; B) Location of mapping area (blue polygon).*

40. Recomendações adicionais: (i) não usar qualquer tipo de arquivo otimizado para tela (tais como GIF, BMP, PICT, WPG); (ii) molduras das figuras devem ter espessura compatível com os caracteres internos; (iii) escalas gráficas devem ser expressas nas áreas das ilustrações; (iv) todos os símbolos devem ser explicados convenientemente nas legendas gráficas (dentro da figura) ou na legenda textual; (v) os menores símbolos ou letras devem ter uma altura mínima de 1 mm); (vi) sugere-se o uso da fonte Arial narrow para as ilustrações; (vii) no modelo de documento disponível no sítio da revista é apresentada uma tabela e um quadro, rigorosamente preparados conforme o padrão da revista.

41. Cada mapa ou imagem de localização deve comportar: seta Norte; escala de barra em quilômetros (km) ou metros (m); grade/malha e informação do sistema de coordenadas; fuso; datum.

Referências bibliográficas

42. Ao longo do texto e nas legendas, as citações devem seguir os formatos dos seguintes exemplos: Santos (1970), Smith & McGregor (1956), Lange (1947a, 1947b), e para três ou mais autores: Lange *et al.* (1951). Quando entre parênteses, referenciar os vários artigos primeiramente em ordem cronológica e, como segundo critério, em ordem alfabética, conforme os seguintes exemplos: (Lange, 1947a, 1947b; Lange *et al.*, 1951; Smith & McGregor, 1956; Axel, 1970; Smith, 1970).

43. O emprego do termo *apud* como recurso à citação de obras não consultadas diretamente pelo autor é desencorajado, salvo em casos excepcionais.

44. As referências devem ser listadas ao final do texto, ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor, seguido dos demais autores, conforme, criteriosamente, os exemplos fornecidos.

Livros:

Passchier, C.W., Myers, J.S. & Kroner, A. 1990. *Field geology of high-grade gneiss terrains*. Berlin, Springer-Verlag, 150p.

Capítulos de livro:

Brown, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: Thorpe, R.S. (Ed.). *Andesites: orogenic andesites and related rocks*. London, John Wiley, p. 437-460.

Artigos em periódicos:

Andrés, M.F. 2008. Modelización del flujo em acuífero confinado sin discretización temporal. *Boletín Geológico y Minero*, 119(2): 273-282.

Russo, R.W. 1997. Facies and facies models. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 256(3/4): 7-34.

Russo, R.W. & Caldas, P.K. 2015. Anfíbolites and granulites. *Lithosphere*, 14(2): 7-21.

Russo, R.W. & Silver, P.J. 1996. Cordillera formation, mantle dynamics, and the Wilson cycle. *Geology*, 24(1): 5-35.

Russo, R.W., Oliveira, S.S. & Ramos, V. 1994. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 33(supl.): 4-27.

Sommer, F.W. 1959. Introdução ao estudo sistemático dos gêneros paleozóicos de esporos dispersos. II - Pollenites. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 197: 5-91.

Trabalhos publicados em anais de eventos:

Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.

Trabalhos acadêmicos:

Macedo, F.P. 1982. *Petrologia do complexo granítico de São Gabriel, RS*. Porto Alegre, 193p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Massoli, M. 1991. *Relação entre o embasamento cristalino e os sedimentos basais do Subgrupo Itararé na região de Salto de Pirapora, SP*. São Paulo, 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Silva, W.G. 2008. *Bioestratigrafia e variações relativas do nível do mar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estudo da seção neogênica/quaternária do poço 2-CA-1-RS com base em registros palinológicos*. Porto Alegre, 84p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Relatórios internos e outras produções institucionais:

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. *Vocabulário básico de recursos minerais e meio ambiente*. 2a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 332p.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2002. *Diagnóstico das condições das encostas marginais dos reservatórios dos rios Tietê e Paranapanema*. São Paulo, IPT, 440p. (Relatório 23.302).

Malcom, H.J. 1979. *Report on biostratigraphical results of samples from Colorado Basin*. Houston, EXXON/SIEXF, 152p. (Internal Report).

Mapas:

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 2 v., escala 1:1.000.000.

Documentos em meio eletrônico:

Camargo, K.C. & Spoladore, A. 2009. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas ao primeiro planalto paranaense. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA*, 30., 2009, Montes Claros. *Anais...* Montes Claros. p. 1-17. Disponível em: < http://www.sbe.com.br/anais30cbe/30cbe_011-017.pdf >. Acesso em: 30 set. 2009.

Frater, H. 1998. *Landforms of the Earth*. Berlin, Springer, 1 CD-ROM.

Hinrichs, R. & Soares, A.P.P. 2001. Análise de metais pesados em pilhas e baterias. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA*, 8., 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba, SBGq. 1 CD-ROM.

Micheels, A., Bruch, A. & Mosbrugger, V. 2009. Miocene climate modeling sensitivity experiments for different CO₂ concentrations. *Palaeontologia Electronica*, 12(2): 1-19. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2009_2/172/index.html>. Acesso em: 05 out. 2009.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A submissão de um artigo implica que:

- (i) o trabalho descrito não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação);
- (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro órgão;
- (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor signatário, bem como dos demais autores, partícipes do conteúdo submetido; e,
- (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro órgão.

2. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em **Diretrizes para Autores**, na seção Sobre a

ANEXO C – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Submissões

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso. Acesso em uma conta existente ou Registrar uma nova conta.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

Este documento submetido para a Revista Águas Subterrâneas é original, não tendo sido publicado no todo ou em parte em outro periódico.

Todos os autores estão cientes e de acordo com a submissão.

Diretrizes para Autores

Cadastro

Entrar na página da revista: <http://aguassubterraneas.abas.org/>

Clicar em “CADASTRO” e preencher o formulário. Não esquecer de ativar as caixas de “LEITOR” e “AUTOR”

Submissão

Entrar na página da revista: <http://aguassubterraneas.abas.org/> e clicar em “PÁGINA DO USUÁRIO”

Clicar em “AUTOR”

Na página “SUBMISSÕES ATIVAS”, clicar em “Clique aqui para iniciar o processo de Submissão” (final da página) ou em “NOVA SUBMISSÃO” (coluna à direita).

Na página seguinte: “PASSO 1. INICIAR SUBMISSÃO”, ativar a caixa “DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL” e escolher a seção apropriada para a submissão (= “ARTIGOS”).

Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”

Na página seguinte: “PASSO 2. METADADOS DA SUBMISSÃO (INDEXAÇÃO)”, incluir os nomes dos autores e seus respectivos e-mails.

Complete o resto do formulário com os dados do artigo: Título, resumo, abstract, indexação e agência de fomento.

Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”

Na página seguinte: “PASSO 3. TRANSFERÊNCIA DO MANUSCRITO”, leia os itens 1 a 5 e, principalmente, o texto vinculado ao link “Assegurando uma Avaliação Cega segura”

Para transferir o arquivo, clicar em “PROCURAR”. Na janela “PROCURAR ARQUIVO” selecionar o arquivo e clicar em “ABRIR”. O nome do arquivo aparecerá ao lado do botão Browse. Clicar em “TRANSFERIR”.

Sob o título “DOCUMENTO DE SUBMISSÃO”, aparecerão os dados do arquivo. Por exemplo:

Nome do documento: 9588-29437-1-SM.doc

Nome original do Documento: Drumond.doc

Tamanho do Documento: 19KB

Data de transferência: 2007/10/19 11:48 AM

Conferir os dados e clicar em “SALVAR E CONTINUAR”

Na página seguinte: “PASSO 4. TRANSFERÊNCIA DE DOCUMENTOS SUPLEMENTARES”, repetir os passos do item “TRANSFERÊNCIA DE ARQUIVOS”, caso tenha algum documento suplementar a ser enviado.

Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”

Na página seguinte: “PASSO 5. CONFIRMAÇÃO DA SUBMISSÃO”. Conferir os dados informados em “RESUMO DE DOCUMENTOS” e clicar em “CONCLUIR SUBMISSÃO”

Visualização do Andamento da Submissão

O autor poderá acompanhar o andamento da avaliação. Para isso, basta acessar o sistema, localizar o nome do artigo submetido e clicar no link da coluna “SITUAÇÃO”, por exemplo: “Em fila para Avaliação”

Os arquivos com os comentários dos revisores estarão disponíveis para leitura ou para baixar no computador, em “POR PARES”. Basta clicar no nome do “DOCUMENTO TRANSFERIDO”, que surgirá a opção para abrir ou baixar o arquivo.

Orientações para Preparação de Artigo Científico

O trabalho submetido para avaliação preliminar deverá ser elaborado em programa Word for Windows ou compatível, fonte Arial, tamanho 12, espaçamento duplo, em papel A4, margens de 2,5 cm, em uma única coluna, sem numeração de páginas e ter, no máximo, 6.000 (seis mil) palavras, já incluindo tabelas, e 10 (dez) figuras.

O documento deverá ter a numeração de linhas visível e contínua a partir do seu título, visando acelerar o processo de revisão pelos pares.

IMPORTANTE: O(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) instituição(ões) e endereço(s) para correspondências NÃO DEVEM CONSTAR do texto, a identificação do trabalho será feita pelo preenchimento dos metadados da submissão e pelo número de identificação gerado automaticamente. Referências a publicação(ões) do(s) autor(es) dentro do texto ou na lista de referências devem aparecer somente como "AUTOR", de modo a garantir uma avaliação cega segura.

Serão aceitos trabalhos em Português, Espanhol e Inglês e serão publicados no idioma em que foi redigido originalmente. Os artigos deverão, obrigatoriamente, apresentar resumo em Português e Inglês. Além disso, caso o idioma escolhido não seja o Português, o título deverá obrigatoriamente ser apresentado secundariamente nesse idioma, sendo mantido o título original no idioma do artigo. O título do trabalho, com no máximo 140 toques, deverá aparecer na primeira página do trabalho, sem a identificação do(s) autor(es).

Antecedendo o texto serão apresentados dois resumos em Português e Inglês. Para trabalhos redigidos em Espanhol, o segundo resumo será em Português e o terceiro em Inglês. O resumo deverá ser redigido em parágrafo único, variando entre 1.000 a 1.500 toques, apresentando de forma breve e objetiva a justificativa do trabalho, os métodos utilizados, os resultados e as conclusões. Após o resumo, incluir obrigatoriamente uma lista de até cinco palavras-chave que expressem o assunto do trabalho.

O texto deverá ser redigido de forma impessoal, objetiva, clara, precisa e coerente.

O título do trabalho deverá ser apresentado no idioma do trabalho e em Inglês. As abreviaturas deverão ser identificadas, por extenso, na primeira vez que aparecem no texto. As unidades das grandezas numéricas deverão obedecer aos padrões do Sistema Internacional de Unidades (SI).

As tabelas serão numeradas seqüencialmente e inseridas normalmente dentro do texto. O título deve ser claro e conciso e colocado no topo da tabela. Outras informações relativas à tabela (origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da tabela, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal.

As figuras (mapas, fotos, perfis, esboços, gráficos, diagramas, etc.), devem ser numeradas seqüencialmente. O título deve ser claro e conciso e colocado na base da figura. Outras informações relativas à figura (legenda, origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da figura, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal. As figuras devem ser preparadas em alta resolução (maiores que 1Mb). Para uma boa legibilidade, os símbolos e caracteres de texto das figuras devem ter tamanho mínimo de 1 mm, mesmo após a redução da figura.

As citações mencionadas no texto devem ser indicadas pelo sistema Autor-Data, obedecendo a norma ABNT NBR 10.520 (agosto/2002), ou a que estiver vigente.

Verificação de Plágio - Obrigatório

O trabalho deverá ser submetido à verificação de plágio pela Revista Águas Subterrâneas. Será utilizado o software CopySpider (<https://copyspider.com.br/main/pt-br>), gratuito. Recomendamos que os autores procedam à checagem antes da submissão, para evitar que o artigo seja recusado. Utilizamos os parâmetros internacionais: não serão aceitos artigos cujo índice de semelhança seja superior a 3%.

Orientações para Preparação de Estudo de Caso e Notas Técnicas

Para submissão na seção ECNT, o manuscrito deve ser formatado conforme este template. Os artigos submetidos nessa seção terão o número DOI, mas não serão formatados pela equipe editorial da Revista Águas Subterrâneas. O número máximo de páginas para essa seção é de 30 páginas. As citações mencionadas no texto devem ser indicadas pelo sistema Autor-Data, obedecendo a norma ABNT NBR 10.520 (agosto/2002), ou a que estiver vigente.

Informações Adicionais

Ao submeter o artigo à Revista Águas Subterrâneas, os autores declaram conjuntamente que consentem com a publicação do trabalho, com aceitação das recomendações dos relatores e a confirmação de não publicação em nenhum outro veículo enquanto estiver sendo avaliado pelos membros do Corpo Consultivo da revista.

A avaliação dos manuscritos é duplamente cega, isto é, tanto os avaliadores quanto os autores não tem acesso às identidades uns dos outros. O trabalho será submetido a pelo menos 3 (três) avaliadores, os quais emitirão pareceres independentes recomendando ou não sua publicação, havendo ou não a necessidade de revisão do texto. Em caso de trabalho não aceito, será feito um comunicado aos autores informando, sucintamente, o motivo da recusa para publicação.

Após a adaptação do texto às recomendações dos avaliadores e editores, os autores enviarão ao Comitê Editorial uma cópia em meio digital para a análise final do trabalho. Os editores reservam-se o direito de fazer adaptações na forma do texto para manter a uniformidade da revista.

Antes da impressão da revista, os editores disponibilizarão no próprio sistema uma prova do trabalho para verificação e correção de possíveis erros de digitação e/ou diagramação. Nesta etapa, não serão admitidas quaisquer alterações no conteúdo do texto. Os autores deverão se manifestar sobre a aceitação da prova no prazo de 5 (cinco) dias. Excedido esse prazo, o artigo será considerado pronto para impressão.

EDITORIAL

Esta seção apresenta artigos assinados, não avaliados, de interesse para a área de hidrogeologia.

Artigos

Contribuições originais não publicadas anteriormente

Estudos de Caso e Notas Técnicas - **IMPORTANTE** leia o disclaimer abaixo nesta página

Nesta seção são publicados estudos de caso e notas técnicas que apresentem informação original e de interesse geral.

O material submetido será avaliado sumariamente pelo Editor de Seção designado e publicado de acordo com sua decisão editorial.

Os artigos aqui apresentados **NÃO PODEM** e **NÃO DEVEM** ser considerados como publicações revisadas por pares deste periódico. Leia **DISCLAIMER** na página.

Resumos de Teses e Dissertações

Serão publicados resumos de teses e dissertações já aprovadas, sem revisão por pares avaliadores da revista. A responsabilidade pelo texto é exclusiva do autor. O formato deverá ser exatamente o mesmo da publicação no documento original (tese ou dissertação). A publicação dos resumos não é considerada como uma outra publicação (artigo, por exemplo), seu objetivo é exclusivamente o de divulgação de pesquisas na área.

Declaração de Direito Autoral

Direitos Autorais para artigos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. Em virtude de aparecerem nesta revista de acesso público, os artigos são de uso gratuito, com atribuições próprias, em aplicações educacionais e não-comerciais.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços de email neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

ANEXO D – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOCIÊNCIAS UNESP

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

TIPO DE TRABALHO PUBLICADO

A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.

APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

a) O trabalho deve ter:

- 1) Título, coerente com o conteúdo.
- 2) A versão do artigo deve ser “cega”, ou seja, sem identificação dos autores, para os trâmites de avaliação.
- 3) O nome dos autores, bem com as Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s) (logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico), completos e sem abreviaturas ou siglas, devem constar no Passo 3. Inclusão de Metadados.
- 4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
- 5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.

6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.

b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:

- 1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
- 2) Materiais, métodos e técnicas.
- 3) Apresentação de dados.
- 4) Discussões, interpretações e resultados.
- 5) Conclusões ou considerações finais.
- 6) Agradecimentos.
- 7) Lista das referências bibliográficas citadas.

c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:

- 1) Nível 1: negrito, em maiúsculas, centrado. Ex.:

INTRODUÇÃO.

2) Nível 2: negrito, caixa alta, alinhado à esquerda.

Ex.: LITOLOGIA.

3) Nível 3: negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Aspectos do Relevo.

4) Nível 4: itálico, negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Xistos do Grupo São Roque.

5) Nível 5: itálico, não-negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda.

Ex.: Características Texturais dos Sedimentos.

ENTREGA DO ARTIGO

a) O texto deve ser elaborado em folhas A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o Microsoft Word. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.

1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa). Símbolos não-usuais e abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.

2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato JPG. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.

3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.

4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).

5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).

ILUSTRAÇÕES

a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas no texto, com as respectivas legendas.

b) São ilustrações:

1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Word ou Excel, dispostas em formato Retrato.

2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em Preto & Branco ou coloridas, numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas apenas em formato .jpg ou .tif, que permita elaboração para o padrão da revista. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.

3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza ou coloridas, em originais ou escaneadas em formato .jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

a) Citações no texto

1) de um autor – ex.: Adams (1989), (Adams, 1996);

2) de dois autores – exs.: Cox & Singer (1986), (Cox & Singer, 1986);

3) de trabalhos de mais de 2 autores – exs.: Lopes et al. (1992), (Lopes et al., 1992);

4) de mais de um trabalho do mesmo autor e do mesmo ano ou de anos distintos – exs.: Johnson (1995a, b, c); Roberts (1996, 1997); (Johnson, 1995a, b; Roberts, 1996a, b, 1997);

5) Para citações indiretas, usar segundo em vez de apud – ex.: Lucas (1975, segundo Silva, 1993).

6) Evitar o uso de op. cit. – ex.: Martins (1998) em vez de Martins (op. cit.).

b) Lista de REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1) Seguir a ordem alfabética dos nomes dos autores e numerar consecutivamente. Se houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es) num ano, indicar no final (a), (b), (c)...

2) Entrada de um autor – ex.: SILVA, A.L. DA.

3) Entrada de dois autores – ex.: SILVA, J.L. & RUIZ, A. DA S.

4) Entrada de de três ou mais autores – citar todos. Ex.: LIMA, E.S.; MARQUES, J.S.; CAMPOS, A.

5) Exemplos de citação de publicações:

Livros, monografias, relatórios

COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores). Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, 446 p., 1997.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Jacupiranga-Guaráú - geologia, levantamento geoquímico, processamento aerogeofísico e metalogenia das folhas SG22-X-8-VI-2 (Jacupiranga) e SG22-X-B-VI- 4 (Rio Guaráú), Estado de São Paulo, Escala 1 :50.000.

São Paulo: Convênio Secretaria de Estado de Energia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 245 p., 1999.

Capítulos de livros

ROOSEVELT, A.C. The influence of geology on soils, biota and the human occupation of Amazonia. In: COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores),

Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, p. 1-14, 1997.

Dissertações e Teses

SANTOS, M. DOS. Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica. Rio Claro, 1999. 134 p. Tese

(Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Artigos de periódicos

FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em Sistema de Informação Geográfica através de um modelo digital de distâncias interfluviais. Geociências, v. 18, n. 1, p. 7-22, 1999.

Resumos (estendidos ou não) publicados em eventos técnico-científicos

ROY, P. Estuaries and coastal valley-fills in Southeast Australia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, 1997, Curitiba.

Resumos Expandidos... São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, p. 12-13.

c) Outros

1) Programas de computação (softwares) citados no texto devem ser referenciados como trabalhos, com dados de autoria, versão, local, data.

2) Documentos consultados na Internet: citar a URL e data de acesso. Ex.: C.M.L. da Cunha & I.A. Mendes. Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista/Sumario0301.htm>. Acessado em: 25jan2006.

3) Trabalhos aceitos para publicação ou no prelo: citar, com indicação da situação.

4) Comunicações pessoais e trabalhos em preparação ou submetidos para publicação não devem ser citados na listagem bibliográfica, mas apenas no texto.

5) Não devem ser citados documentos (relatórios e outros) confidenciais ou inacessíveis aos leitores.

ANÁLISE DOS TRABALHOS E PROCEDIMENTOS DA EDITORIA

- 1) O autor ou primeiro autor será comunicado da recepção do trabalho, dos resultados das avaliações pelos Consultores e aceitação para publicação.
- 2) Os trabalhos receberão avaliação crítica do mérito por dois membros do Conselho Editorial e/ou Corpo Consultivo tendo em vista a publicação na revista. O prazo para avaliação é de 30 dias.
- 3) Trabalhos não recomendados serão devolvidos. Aqueles cuja aceitação dependa de modificações ou ajustes serão devolvidos ao(s) autor (es) para adequação.
- 4) Revisões de aspectos formais dos trabalhos, antes da impressão final, serão efetuadas pelo Conselho Editorial.
- 5) Os autores receberão uma cópia do volume em que o trabalho for publicado e 20 separatas, que serão remetidas ao primeiro autor.
- 6) Os dados, informações e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. O autor ou primeiro autor do trabalho responde pela autorização de sua publicação e cessão de direitos autorais à revista.

INTERNET

A revista está disponível na Internet, podendo ser acessada no portal <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/>

OBSERVAÇÃO (comentários para o editor)

Ao encaminhar seu artigo. Inclua no Passo 1 Comentários para o editor uma lista com pelo menos três nomes de possíveis avaliadores. A lista deve conter o endereço, local de trabalho e o email dos possíveis avaliadores.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

ANEXO E – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1

1 / 11

The Importance of Geochemistry in the Management of Lake Environments: Analysis of Parameters Composing the Water Quality Index (Wqi)*

Ana Carina Matos Silva^{1,2}, Manoel Jerônimo Moreira Cruz^{1,2}, Isabel Honorata de Souza Azevedo¹

¹ Federal University of Bahia, Geoscience Institute, Salvador (BA), Brazil

² Grupo de Estudos Geoquímica das Interfaces, Departamento de Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador (BA), Brazil

Email: anacarinams@gmail.com; jc9508@gmail.com; ih.azevedo@uol.com.br

Abstract

The present work aims to elaborate a review of the geochemical aspects used to compose the Raw Water Quality Index (WQI), highlighting lake environments and their importance for management practices. This paper is a bibliographic review based on specialized scientific and legislative literature conducted between April 2016 and March 2019. The scientific articles were selected by searching the Scielo database and the Periódicos Capes and the database search was performed using the terminologies registered in the Descriptors (Thesaurus) or Keywords (Scopus and Web of Science) for geosciences and environmental sciences. The WQI is the main quality index used in the country and is calculated based on nine parameters (water temperature, pH, dissolved oxygen, total residue, biochemical oxygen demand, thermotolerant coliforms, total nitrogen, total phosphorus and turbidity). The values determined through the calculation of the WQI are classified in ranges that define the water quality, which varies between different Brazilian states. Among its mishaps, it is noteworthy that the WQI does not analyze other factors important for public supply, such as toxic substances (eg: heavy metals, pesticides, organic compounds), pathogenic protozoa and substances that interfere with the organoleptic properties of water, which are under other management tools. The systemic model of water resources management adopted for Brazil is still in the process of improvement, because it still works through a decentralized system where the public authorities, at different levels, have an active voice, thus requiring the commitment to make a long-term monitoring based on a reliable geochemical analysis, so that an integrated management can be carried out, allowing the synthesis and characterization of the current state and management criteria of lake environments, with the main objective of facing the conservation challenges allied to sustainable use of its resources.

Keywords

WQI, Lakes, managemet, parameters

Subject Areas: Environmental Sciences, Geochemistry, Hydrology

ANEXO F – COMPROVANTE DE ACEITE DO ARTIGO 2

Editor de **EXCLUIR**
 Seção Assunto: [PG] Decisão editorial
 29/05/2021 10:04 Dr. Ana Carina Silva:

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à Pesquisas em Geociências, "Limnological parameters and metals concentrations in water in three lagoons of the metropolitan region of Salvador, Bahia, Brazil".

A decisão é: revisões maiores

Kátia Kellem da Rosa
 Pesquisas em Geociências

 Avaliador A: ver parecer em anexo
 Avaliador B: ver comentários no anexo e abaixo:

Pesquisas em Geociências
<http://www.seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Editor de **EXCLUIR**
 Seção Assunto: [PG] Decisão editorial
 08/06/2021 13:37 Dr. Ana Carina Silva:

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à Pesquisas em Geociências, "Limnological parameters and metals concentrations in water in three lagoons of the metropolitan region of Salvador, Bahia, Brazil".

A decisão é: Revisões requeridas

Kátia Kellem da Rosa

ANEXO G – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 3



Estudos de Caso e Notas



Estudos de Caso e Notas
Técnicas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Investigation of geochemical quality of water from public fountains of Salvador

Investigação da qualidade geoquímica de águas de fontes públicas de Salvador

Ana Carina Matos Silva¹; Manoel Jerônimo Moreira Cruz¹; Isabel Honorata de Souza Azevedo¹; Alexandre Dacoreo Daltro Milazzo¹

¹ Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

anacarinems@gmail.com, jrc108@gmail.com, ih.azevedo@ufba.com.br, ad@ufba.com.br, alexandramilazzo@gmail.com

Resumo

Palavras-chave:
Hidroquímica,
Fontes de água,
Qualidade de água.

Keywords

Hydrochemistry,
Water fountains,
Water quality.

Este estudo objetiva caracterizar, em termos de parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e concentração de metais, a qualidade da água das fontes públicas da cidade de Salvador (Bahia, Brasil), a fim de identificar sua potencialidade para os usos atuais, contribuindo para o diagnóstico ambiental da qualidade das águas de acesso público da população. Para tanto, realizou-se campanhas nos meses de julho e novembro dos anos de 2017 e 2018 em quatro fontes (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas/Pedreiras e Via Espress), as quais foram geo-referenciadas e analisados parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos, salinidade, sulfato, nitrato, cloro e alcalinidade), bacteriológicos (coliformes termotolerantes) e metais (Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn). Os resultados apresentaram valores em desacordo com as portarias Conama 396/2006, 357/2005, e 274/2000 principalmente quanto os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, Nitrato e Coliformes Termotolerantes, apontando, portanto, inadequação para os usos a que se destinam. Estas informações devem servir de apoio para tomadas de decisão e medidas mitigadoras que minimizem a degradação ambiental das fontes urbanas da cidade de Salvador (BA), a partir da adoção de medidas de recuperação, revitalização e monitoramento que possibilitem eficaz gestão destes recursos hídricos.

Abstract

This study aims to characterize, in terms of physicochemical, bacteriological and metal concentration parameters, the water quality of public fountains in the city of Salvador (Bahia, Brazil), in order to identify its potential for current uses, contributing to the diagnosis of water quality on the public spaces. Therefore, campaigns were conducted in July and November of 2017 and 2018 in four fountains (Fonte Nova, Estica, Pedrinhas/Pedreiras and Express way), which were geo-referenced and analyzed physical-chemical parameters (pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, turbidity and total dissolved solids, salinity, sulfate, nitrate, chloride and alkalinity), bacteriological (thermotolerant coliforms) and metals (Cd, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mn). The fountains showed values in disagreement with the CONAMA Ordinances 396/2006, 357/2005, and 274/2000 mainly about the pH, Dissolved Oxygen, Nitrate and Thermotolerant Coliforms parameters, indicating inadequacy for their intended uses. This information should support decision making and mitigation measures that minimize the environmental degradation of urban fountains in the city of Salvador (BA), from the adoption of recovery, revitalization and monitoring measures that enable the effective management of these water resources.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34n1.23877>

1. INTRODUCTION

Due to the growing water deficit registered in many regions, (MEKONNEN, 2016), in Brazil and especially in the Northeastern region, the trend of consumption of water from alternative water sources has been increasing, among them, spouts, fount and public fountains. (TOURINHO, 2008).

ANEXO H – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 4

Revista
GEOCIÊNCIAS

unesp

ISSN: 1980-900X (online)

VARIABILIDADE SAZONAL DA QUALIDADE DE ÁGUA EM LAGOAS URBANAS NO NORDESTE DO BRASIL

SEASONAL VARIABILITY OF WATER QUALITY IN URBAN LAGOONS IN NORTHEAST BRAZIL

Ana Carina MATOS SILVA^{1,2}, Isabel Honorata de SOUZA AZEVEDO¹, Manuel Vitor PORTUGAL GONÇALVES^{1,2}, Manoel Jeronimo MOREIRA CRUZ^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Avenida Adhemar de Barros, s/n° - Ondina, Salvador - BA. E-mails: amacarinasm@gmail.com; ih.azevedo@uol.com.br; hidrovitor81@gmail.com; jc9508@gmail.com

²Grupo de Estudos Geoquímica das Interfaces

Introdução
Materiais, Métodos e Técnicas
Área de estudo
Procedimento amostral
Procedimentos laboratoriais
Análise estatística
Discussões, interpretações e resultados
Conclusão
Agradecimentos
Referências

RESUMO - As lagoas de Pinaçu, Abaeté, Tororó e Paixão, no município de Salvador-BA (Brasil) apresentam em comum a inserção de um ecossistema lântico no meio urbano de uma cidade em desenvolvimento. Esta pesquisa descreve o padrão de variação sazonal de parâmetros físico-químicos não conservativos e biológicos durante os anos de 2017 e 2018 em 16 pontos distribuídos espacialmente nas quatro lagoas durante o período chuvoso (compreendido entre os meses de abril a julho) e seco (de agosto a novembro). A qualidade da água foi determinada em acordo com o índice de Qualidade da Água (IQA) e aplicação do índice de Estado Trófico (IET), além das classes de Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados evidenciaram que as quatro lagoas monitoradas exibem alguns parâmetros fora das conformidades estabelecidas pelo CONAMA, além disso apresentam-se fortemente eutrofizadas, mas de forma contrastante, com boas classificações de qualidade considerando seu uso, com exceção da Lagoa de Pinaçu. Conclui-se que avaliações sistemáticas devem ser consideradas com maior frequência com o objetivo de colher maiores e mais precisas informações sobre as condições de qualidade destes ecossistemas, e estudar suas alterações de qualidade como reflexo do condicionante urbano sobre sua conservação.
Palavras-chave: Sazonalidade. Lagoas. IET. IQA. CONAMA 357.

ABSTRACT - The Pinaçu, Abaeté, Tororó and Paixão lagoons, in the city of Salvador-BA (Brazil) have in common the insertion of a lentic ecosystem in the urban environment of a developing city. This research describes the pattern of seasonal variation of non-conservative and biological physical-chemical parameters during the years 2017 and 2018 in 16 points spatially distributed in the four lagoons during the rainy season (from April to July) and dry season (August to November). Water quality was determined in accordance with the Water Quality Index (WQI) and application of the Trophic State Index (TSI), in addition to the CONAMA ordinance 357/2005. The results showed that the four monitored lagoons exhibit some parameters outside the conformities established by CONAMA ordinances, in addition they are strongly eutrophic, but in a contrasting way, with good quality ratings considering their use, with the exception of Lagoa de Pinaçu. It is concluded that systematic assessments should be considered more frequently with the aim of collecting greater and more accurate information on the quality conditions of these ecosystems, and studying their quality changes as a reflection of the urban condition on their conservation.
Keywords: Seasonality. Lagoons. TSI. WQI. CONAMA 357/2005.

INTRODUÇÃO

Uma das regiões semiáridas mais populosas do planeta é o Nordeste brasileiro, que enfrenta um problema crônico de falta de água, com ciclos de fortes estiagens e secas prolongadas, um problema agravado pelo alto potencial de evaporação da água (Marengo, 2010).

Durante várias décadas o problema da seca foi visto como sendo exclusivamente de falta de água, porém, com o tempo verificou-se outros bloqueios como os problemas resultantes da concentração da propriedade e do controle da água pelos grandes proprietários.

Este contexto embasa questões amplas e

transdisciplinares relacionadas, como a degradação dos ecossistemas, a redução de caudais, a utilização intensiva de água e o desfavorecimento de algumas comunidades.

A temática ganha amplitude também com a mudança climática, o crescimento populacional e o adiar de soluções para o saneamento básico que ciclicamente afeta a vasta região semiárida (Ferreira, 2017).

Na Bahia, a variedade de disponibilidade de recursos hídricos coincide com as fortes diferenças climáticas pontuais e os diversos contrastes regionais. Entre os anos de 2013 e 2017, 88,5%