ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva

Raquel Viana Quinelato¹, Adriana Tiemi Ramos Okumura², Reinaldo Brandi Abreu Bifano², Emilly da Silva Farias², Joscelia Monteiro Santos De Brito², Cecília dos Santos Viana Alves Ferreira², João Batista Lopes da Silva², Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes², Allison Gonçalves Silva²

¹Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).

E-mail: raquelsviana@hotmail.com (autor correspondente)

²Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Artigo submetido em 01/12/2020 e aceite em 03/12/2021

RESUMO

São cada vez mais notórios os impactos ambientais causados pelo homem nos ecossistemas aquáticos, e diante disso, da ausência de monitoramentos da qualidade da água no estuário do rio Caraíva e de solicitações da comunidade de Caraíva para que estudos voltados a isso fossem realizados na região, este trabalho teve como objetivo determinar a qualidade da água do estuário do rio Caraíva e sua compatibilidade com os usos previstos. Para tanto foram selecionados seis pontos para realização de três campanhas amostrais, onde foram analisados o Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Condutividade, Salinidade, Turbidez Coliformes Totais e Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Total, Clorofila-a, Amônia, Ferro, Cloreto, Fósforo Total e Dissolvido, e Sólidos Totais. Para análise dos dados foi utilizada a Resolução Conama nº. 357/2005, o Índice de Qualidade da Água (IQA), a Análise de Componentes Principais (ACP) e o Uso e Ocupação do Solo da Bacia. Dentre os resultados foram constatados valores em desacordo ao legislado para Fosforo Total (5,99 a 0,02 mgL⁻¹), Amônia (0,01 a 3,86 mgL⁻¹), Nitrato (0,05 a 1,08 mgL⁻¹), OD (7,85 a 2,64 mgL⁻¹), DBO (15,78 a 3,60 mgL⁻¹), Ferro (6,07 a 0,29 mgL⁻¹), Clorofila a (5,15 a 33,62 mgL⁻¹), pH (8,10 a 5,43), Nitrogênio Total (0,06 a 3,41 mgL⁻¹), o que classificou a água do estuário com uma qualidade boa e aceitável, estando relacionados principalmente as atividades antrópicas realizadas na região. Quanto a ACP, está demonstrou relação positiva entre a qualidade da água e a precipitação pluviométrica.

Palavras-chave: Impactos ambientais; modelagem, recursos hídricos.

Determination of surface water quality and its compatibility with multiple uses: case study of the Caraíva River estuary

ABSTRACT

The environmental impacts caused by man in aquatic ecosystems are increasingly notorious, and in view of this, the absence of water quality monitoring in the Caraíva River estuary and requests from Caraíva for studies to be carried out in the region, this work aimed to determine the water quality of the Caraíva River estuary and its compatibility with the intended uses. For this purpose, six points were selected to carry out three sample campaigns, where the Hydrogenionic Potential (pH), Temperature, Dissolved Oxygen (OD), Total Dissolved Solids (SDT), Conductivity, Salinity, Turbidity Total and Thermotolerant Coliforms, Biochemical Demand were analyzed Oxygen (BOD), Nitrate, Nitrite, Total Nitrogen, Chlorophyll-a, Ammonia, Iron, Chloride, Total and Dissolved Phosphorus, and Total Solids. For data analysis, Conama Resolution no. 357/2005, the Water Quality Index (IQA), the Principal Component Analysis (ACP) and the Basin Land Use and Occupation. Among the results, values were found that do not comply with the legislation for Total Phosphorus (5.99 to 0.02 mgL⁻¹), Ammonia (0.01 to 3.86 mgL⁻¹), Nitrate (0.05 to 1.08 mgL⁻¹), OD (7.85 to 2.64 mgL⁻¹), BOD (15.78 to 3.60 mgL⁻¹), Iron (6.07 to 0.29 mgL⁻¹), Chlorophyll a (5, 15 to 33.62 mgL⁻¹), pH (8.10 to 5.43), Total Nitrogen (0.06 to 3.41 mgL⁻¹), which classified the estuary water with a good and acceptable quality, mainly related to human activities carried out in the region. As for ACP, it has demonstrated a positive relationship between water quality and rainfall.

Keywords: environment impacts; modeling; water resources

Quinelato, R.V., Okumura, A. T.R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.

Introdução

Os ambientes estuarinos são ecossistemas de extraordinária produtividade e diversidade biológica, sendo considerados de grande importância devido ao fato de ser habitat natural de aves, mamíferos e peixes; ser berçário para muitas espécies de peixes e invertebrados; e ser rota de aves migratórias. A riqueza dessa região está atrela ao fato de ser um ambiente aquático que sofre influência das marés e por apresentar fortes gradientes ambientais, desde águas doces próximas a cabeceira do rio, passando por águas salobras, e de águas salinas próximo à desembocadura, proporcionando ao ambiente uma beleza e uma riqueza inigualável (Garrison, 2017; Schnack et al., 2018; Bugica, Sterba-Boatwright; Luz e Teixeira, 2019 e Wetz, 2020). Além disso, as regiões costeiras e estuarinas são de grande importância para o turismo e a economia local, sendo utilizadas também como vias de acesso para o continente, para atividades portuárias, para indústria pesqueira e para extração de areia, sendo dessa forma a sua preservação de grande importância para a economia local (O'Mullan et al., 2019; Bugica, Sterba-Boatwright e Wetz, 2020).

Em virtude da importância desse ambiente, bem como dos rios e das regiões do seu entorno, o Brasil conta hoje com diversas legislações que visem assegurar o uso e ocupação dessas áreas e a utilização de seus recursos, dentre estas legislações as Leis n.º 12651 de 2012 e n.º 12727 de 2012 (Brasil, 2012a; 2012b), as Resoluções n.º 274 de 2000, n.º 357 de 2005, n.º 396 de 2008 e n.º 430 de 2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) (Conama, 2000; 2005; 2008; 2011) e a Portaria de Consolidação n.º 05 de 2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017). Além disso conta também com diversos índices, dentre eles o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que visa sintetizar as informações referentes aos ambientes aquáticos obtidas a partir dos diversos parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos, como forma de comunicar a população e orientar ações de gestão da qualidade da água e planejamento ambiental (Cetesb, 2018).

Quanto ao monitoramento desses ambientes, como forma de acompanhar o atendimento ao que se encontra previsto nas legislações vigentes; as alterações na qualidade da água, decorrente de atividades antrópicas ao longo

dos ambientes aquáticos; e de fornecer subsídio para a elaboração de planos para recuperação e preservação dos ambientes aquáticos, garantindo condições adequadas para os seus múltiplos (Von Sperling, 2014; Wrublack et al. 2018), o Brasil conta com a Agência Nacional de Águas (ANA), órgão responsável por monitorar os rios de domínio da união. Já os rios estaduais e as águas subterrâneas, são de responsabilidade dos Órgãos Ambientais Estaduais, no caso do rio Caraíva, localizado no Sul da Bahia, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), que tem entre suas atribuições o dever de fornecer a ANA dados referentes aos recursos hídricos sob sua jurisdição (Ana, 2020a).

Apesar da importância e da existência das legislações e dos órgãos ambientais que visam assegurar a sua proteção, são cada vez mais notórias agressões as regiões estuarinas, as regiões litorâneas, aos rios e as regiões ribeirinhas (Gouveia, Selva e Cabral, 2019). Em virtude disso diversos estudos vêm sendo realizados no Brasil e no mundo com o objetivo de analisar a qualidade da água dos rios, dos estuários e os usos e ocupações que são dadas as áreas ao seu redor. Dentre estes pode-se destacar estudos realizados Índia, no Texas, bem como no Brasil, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, onde com o objetivo de determinar a qualidade da água de rios e de regiões estuarinas, foram contatados cenários de degradação principalmente relacionados ao uso e ocupação do solo sem infraestrutura básica e a diversos fatores antrópicos como agricultura, lançamento de efluente doméstico e industrial e aterro sanitário (Lordêlo, Pessoa e Orrico, 2018; Jaiswal et al., 2019; Marques et al., 2019; Pires, et al., 2020; Nascimento et al., 2020; Bugica, Sterba-Boatwright e Wetz, 2020; Quinelato et al., 2020; Okumura et al., 2020; Bifano et al., 2020).

De acordo com Tsutiya (2013), Von Sperling (2014), Piazza et al. (2017) e Conceição et al. (2020), o principal fator antrópico que influi na alteração da qualidade da água é o esgotamento sanitário inadequado, atrelado ao crescimento populacional exacerbado, a carência de saneamento básico e o uso e ocupação desordenado do solo. Corroborando essa informação, de acordo

com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Brasil coletava e tratava, até 2018, apenas 46% do efluente gerado em seu território, sendo o restante, em sua grande maioria, destinados de forma inadequada nos rios, fossas e valas a céu aberto, sendo o cenário mais crítico encontrado em comunidades isoladas (Brasil, 2019).

Cenário similar está ocorrendo no estuário do rio Caraíva, localizado no distrito do município de Porto Seguro, no sul da Bahia, onde de acordo com relatos do Conselho Comunitário e Ambiental de Caraíva (CCAC) e da Associação de Nativos de Caraíva (ANAC) e o apresentado no relatório elaborado pela Hidroexplorer (2018), devido à ausência de saneamento básico na Vila de Caraíva, já foram constatados pontos de contaminação na água do estuário do rio Caraíva e na água subterrânea da Vila de Caraíva, sendo surtos associados a doenças de veiculação hídrica constantes na região. Diante disso e a partir de solicitações por parte da comunidade para que análises de qualidade da água fossem realizadas, o objetivo desse trabalho consistiu em determinar a qualidade da água do estuário do rio Caraíva, através de análises de parâmetros físicos, químicos,

biológicos e microbiológicos, e sua compatibilidade com os usos previstos.

Material e métodos

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Caraíva está localizada no Sul da Bahia, tendo suas nascentes situadas no município de Itabela e desembocando em Caraíva, distrito de Porto Seguro (Figura 1). Considerado um dos maiores rios de Porto Seguro, o rio Caraíva é de grande importância para pesca e turismo local, devido a abundância de peixes e sua beleza especial (PMMA, 2014; Hidroexplorer, 2018).

A beleza e a extraordinária produtividade e diversidade biológica dessa região, principalmente da sua porção final, está atrelada ao fato de ser uma região estuarina, ambiente aquático de transição entre o rio e o mar. Regiões como essa sofrem influência das marés e apresentam fortes gradientes ambientais, desde águas doces próximas a cabeceira do rio, passando por águas salobras, e de águas salinas próximo à desembocadura, proporcionando ao ambiente uma beleza e uma riqueza inigualável (Garrison, 2017).

Figura 1. Mapa da localização da bacia do rio Caraíva

Quinelato, R.V., Okumura, A. T.R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.

Em virtude de suas importantes características ambientais, das riquezas presentes nessa região e do fato de abrigar comunidades indígenas tradicionais, o rio Caraíba e a Vila de Caraíba, localizada a margem direita do rio Caraíba, a 70 km de Porto Seguro, são protegidos por fazerem parte da Costa do Descobrimento, Patrimônio Mundial da Humanidade, da Zona de Entorno do Parque Nacional de Monte Pascoal e da Reserva Extrativista (Resex) de Corumbau. Essa região se beneficia também pelas leis que regem a proteção do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (CCAC, 2018; CCAC, 2019), além de fazer parte de uma das 25 Unidades de Conservação (UCs) presentes no município de Porto Seguro, a Área de Proteção Ambiental (APA) Caraíba-Trancoso, criada em 14 de junho de 1993, e que compreende toda a faixa costeira entre as desembocaduras dos rios Caraíba e Trancoso (Pmma, 2014).

As características geológica e geomorfológica dessa região estão diretamente relacionadas ao fato desta fazer parte do Grupo Barreiras sendo constituída de tabuleiros costeiros com sedimentos arenoargilosos, de permeabilidade moderada, e por planícies costeiras de composição arenosa, com alta permeabilidade (Minervino Neto, 2008; Ferreira, Andrade e Menezes, 2018; Hidroexplorer, 2018). Já sua vegetação, bastante antropizada, é composta por gramíneas, restinga e mangues nas proximidades da praia, e de brejos e Mata Atlântica no leito maior do rio (Amorim, 2016; Ferreira, Andrade e Menezes, 2018; Hidroexplorer, 2018).

Quanto ao seu clima, este é tropical, quente e úmido (Af), pela classificação de Köppen, apresentando temperaturas médias superiores a 18 °C, e índices pluviométricos médios mensais de 60 mm.

Delineamento Metodológico

Tendo em vista a obtenção dos dados necessários para elaboração deste estudo, foram realizadas três campanhas para o monitoramento da qualidade água do estuário, 06 de março e 25 de agosto de 2019 e 08 de março de 2020, levando em consideração a amplitude das marés, a série

histórica de precipitações, os índices pluviométricos acumulados 7 e 30 dias antes das amostragens e a sazonalidade turística do distrito.

Para determinação da amplitude das marés foram utilizados dados de Tabuas de Marés, sendo todas as amostragens realizadas em regime de maré de sizígia e em duas etapas, na preia-mar e na baixa-mar, com o objetivo de analisar a qualidade da água nos dois períodos e no cenário de maior amplitude das marés.

Já para determinação do período seco e chuvoso foi realizado levantamento, na Agência Nacional de Águas (ANA) e no Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), da série histórica de pluviosidade da região através da análise da ascensão do histograma das precipitações anuais das estações pluviométricas que estão localizadas dentro da bacia do rio Caraíba (COD. 01639019 e 01639033) (Figura 2). Além disso foi realizado também um levantamento dos índices pluviométricos acumulados de 7 e 30 dias antes da data da realização das amostragens, com o objetivo de identificar o volume de precipitações próximo aos períodos de amostragem, uma vez que estes estão diretamente relacionados com a lixiviação do solo e o carreamento de materiais para o leito do rio (Figura 3) (Inmet, 2020; Ana, 2020).

Fonte: Ana (2020).

Figura 2. Precipitação média mensal na região do estuário do rio Caraíba – BA no período entre 1988 a 2019. Dados disponibilizados pelas estações pluviométricas COD. 01639019 e 01639033

Fonte: Ana (2020).

Figura 3. Precipitação acumulada mensal e semanal em relação ao dia de amostragem na região do estuário do rio Caraíva – BA. Dados disponibilizados pelas estações pluviométricas COD. 01639019 e 01639033

Como apresentado na Figura 2, o período chuvoso na região do estuário rio Caraíva ocorre, geralmente, entre os meses de maio a setembro e o

período seco entre outubro e abril. No entanto, como observado na Figura 3, no ano de 2019 as precipitações nos meses de março e agosto, nos períodos que antecederam as amostragens, foram superiores as médias mensais esperadas para esse período.

Para escolha da localização dos pontos de amostragem do rio foi determinada inicialmente a localização do primeiro e do último ponto, estando o primeiro posicionado a montante de Caraíva, onde o mar não exerce mais influência sob o rio e consequentemente a salinidade é reduzida, e o último ponto localizado onde o rio encontra-se com o mar, a jusante do distrito. Após a determinação da localização desses dois pontos foi realizada a escolha estratégica dos outros pontos, sendo distribuídos de acordo com as possíveis fontes pontuais e difusas de contaminação, como apresentado na Figura 4 e Tabela 1.

Figura 4. Localização geográfica da bacia do rio Caraíva e a disposição dos pontos amostrais ao longo do estuário do rio Caraíva

Tabela 1. Coordenada Geográfica dos pontos de amostragem no estuário do rio Caraíva, distância entre eles e descrição da sua localização

Ponto de Amostragem	Coordenada Geográfica	Distância em relação ao primeiro ponto (m)	Descrição da Localização
---------------------	-----------------------	--	--------------------------

Quinelato, R.V., Okumura, A. T.R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.

1	484368.7 8142399.8	0	Ponto localizado no meio do leito do rio, na direção das barracas de praia. Boca do estuário.
2	484177.5 8141910.2	582,00	Ponto localizado em frente à tubulação de drenagem do Beco do Lagoa.
3	484080.5 8141845.0	613,00	Ponto localizado na área de embarque e desembarque, lado de Caraíva.
4	483720.3 8141460.6	1.426,00	Ponto localizado a montante do ponto onde o córrego Jambreiro deságua no rio Caraíva.
5	483384.3 8140451.8	3.240,00	Ponto conhecido como prainha. Local onde as pessoas tomam banho e fazem passeios turísticos.
6	482759.7 8139448.0	5.794,00	Ponto conhecido como boca da vala, lado de baixo. Ponto onde foi feita uma abertura do canal.

Quanto a coleta das amostras e seu armazenamento, estas seguiram o preconizado no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Cetesb, 2011), sendo coletadas amostras compostas, a uma profundidade de 30 a 40 cm, devido à grande variação de vazão e composição da coluna de água do estuário. Quanto ao armazenamento, as amostras para análise físico-química e biológica foram acondicionadas em frascos esterilizados de polietileno. Já as amostras para análise microbiológica armazenadas em frascos de vidro, preparados previamente. Quanto ao volume a ser coletado, este foi pré-determinado tendo em vista o volume necessário para as análises laboratoriais, sendo dois litros por ponto de monitoramento. Após serem coletadas as amostras eram acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo, visando à conservação até serem armazenadas sob refrigeração.

Visando os usos que são dados ao estuário do rio Caraíva, optou-se por analisar parâmetros que visem à qualidade da água de acordo com os usos previstos, sendo a seleção desses parâmetros realizada com base na Resolução n.º 357 de 2005 do Conama e os parâmetros necessários para determinação do IQA.

Quanto à análise dos parâmetros, estas foram realizadas *in loco* utilizando uma Sonda Multiparâmetros HANNA modelo HI 9828, para medição de pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Condutividade e Salinidade, e utilizando um

Turbidímetro modelo 2100AN (HACH) para medições de Turbidez; e em laboratório para medição de Coliformes Totais e Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Total, Clorofila-*a*, Amônia, Ferro, Cloreto, Fósforo Total, Fósforo Dissolvido e Sólidos Totais, tendo como base as metodologias determinadas por APHA (1999) e Carmouze (1994).

Após a obtenção dos resultados, a análise da sua compatibilidade com os usos previstos foi realizada levando em consideração as classes do IQA e o determinado na Resolução Conama n.º 357 de 2005. Para o cálculo do IQA foi elaborada uma planilha dinâmica no Excel utilizando os nove parâmetros determinados pela *National Sanitation Foundation*, segundo a sua representatividade para a caracterização da qualidade da água. Os pesos atribuídos para cada um desses parâmetros e as classes de qualidade, foram utilizados de acordo com o determinado por Brasil (2005); Von Sperling (2014) e Ana (2019b), sendo a água classificada como ótima para o IQA entre 100 e 80, como boa para valores entre 79 e 52, aceitável entre 51 e 37 e péssima entre 20 a 0.

Como a área de estudo é uma região estuarina, para análise dos resultados com base no determinado na Resolução Conama 357 de 2005, os pontos de amostragem foram classificados de acordo com a sua salinidade e os usos que são dados ao rio, onde os pontos com salinidade iguais ou inferiores a 0,5 ‰ classificados como Água

Doce Classe 2, pontos com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ classificados como de Água Salobra Classe 1 e pontos com salinidade igual ou superior a 30 ‰ classificados como de Água Salina Classe 1 (Conama, 2005). Além disso para melhor análise dos dados, os pontos de amostragem foram divididos também em Estuário Inferior, pontos 1 e 2, com ligação livre para o oceano, Estuário Médio, sujeito a intensa mistura da água fluvial com a água do mar, englobando os pontos 3, 4 e 5, e Estuário Superior, ponto 6, caracterizado por água doce, mas sujeito também a influência da maré, seguindo o determinado por Von-ahn e Pereira Filho (2015).

Análises Estatísticas

Realizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) para análise estatística dos dados de qualidade da água, pois esta possibilita uma melhor compreensão das inter-relações entre os parâmetros da qualidade da água e possíveis fatores que podem vir a interferir na qualidade da água dos corpos hídricos, exteriorizando as relações entre variáveis e reduzindo complexos conjuntos de dados. Por meio dessa análise é possível selecionar os parâmetros mais relevantes em cada componente e definir as características físico-químicas e microbiológicas da água que deverão ser monitoradas, reduzindo assim os custos com análise de parâmetros que não são relevantes na qualidade da água do manancial em questão (Singh et al., 2004; Lima et al., 2011; Bertossi et al., 2013; Wang, 2017; Harrison et al., 2019; Gomes e Franca, 2019).

Para análise dos resultados da ACP foi levado em consideração o preconizado por Hair et al. (2005) e Queiroz; Silva e Paiva (2017), onde recomenda-se que a escolha dos componentes principais seja realizada dentre os que representem 60% da variância acumulada, indicando assim um reflexo aceitável da variância original; e o determinado por Kaiser (1974) e Medeiros et al. (2017), de que a análise desses componentes devem ser realizadas levando em consideração seus autovalores, sendo consideradas variáveis fortemente associadas a um componente principal

quando tem uma carga maior que 0,7 e razoavelmente associada quando a carga é maior que 0,5. A ACP foi realizada através do software livre PAST 4.01®.

Análise do uso e ocupação do solo e sua relação com a qualidade da água do estuário

Para análise do uso e ocupação do solo utilizou-se mesma metodologia adotada por Menezes et al. (2014), Souza (2015), Farias (2018) e Farias et al. (2018), onde foram utilizadas imagens do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) para delimitação da área de estudo, contendo as informações do modelo digital de elevação (MDE), com resolução espacial de 30 m. Inicialmente foi realizada uma reinterpolação dos dados de altimetria e a remoção de depressões espúrias, gerando assim a direção do escoamento e do escoamento acumulado, que permitiu a obtenção da drenagem numérica. Ao fim dessas etapas, foi gerado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) e definida a área de drenagem da bacia do rio Caraíva a partir de sua foz. Todas as etapas descritas foram realizadas utilizando o software de informações geográficas QGIS 3.4®.

Para mapeamento das classes de uso e ocupação do solo foram utilizadas informações quanto ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes de uso do solo, cedidas pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, obtidas através de imagens do satélite *Landsat 5* sensor *Thematic Mapper* para os anos entre 1990 e 2007, imagens do satélite *RapidEye* para o ano de 2013, e para o ano 2018 imagens do satélite *Spot 6&7*. A escolha da utilização desses dados foi realizada por apresentar maior acurácia. A partir desses dados foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2018, com o objetivo de entender os usos que são dados ao solo da bacia e como estes podem interferir na qualidade da água do rio Caraíva.

Resultados e discussão

Qualidade da Água

Quinelato, R.V., Okumura, A. T.R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.

De acordo com a salinidade medida no rio Caraíba no trecho analisado, que variou entre 0,05 e 34‰, e de acordo com os usos que são dados ao rio, este foi enquadrado nas categorias Água Doce Classe 2, Água Salobra Classe 1 e Água Salina Classe 1 (Conama, 2005). Diante disso, os dados encontrados nas análises realizadas, apresentados na Tabela 2, foram analisados de acordo com os limites determinados pela Conama n.º 357 de 2005, para essas três classes.

Analisando os valores de Coliformes Termotolerantes, apresentados na Tabela 2, foi constatada a sua presença em todas as campanhas, sendo tal cenário justificado, principalmente nos pontos 1, 2, 3 e 5, pela ausência de esgotamento sanitário adequado na Vila de Caraíba. De acordo com Namugize, Jewitt e Graham (2018) e Conceição et al. (2020), a ausência de um sistema de esgotamento sanitário adequado possui influência direta na qualidade da água, uma vez que uma das principais fontes de contaminação dos rios se dá pelo lançamento de efluentes domésticos decorrente do esgotamento sanitário ineficiente das áreas urbanas. Corroborando essa informação e o cenário encontrado, tem-se o estudo realizado por Okumura et al. (2020), também na região de Porto Seguro, onde ao analisar a qualidade da água dos Frades, foi constatado valores elevados de coliformes termotolerantes, estando também relacionado a ausência de esgotamento sanitário adequado na região.

Quanto aos valores de coliformes encontrados, os mais baixos foram detectados nas campanhas realizadas no período de maior precipitação mensal, 1ª e 2ª campanha, e os mais altos na 3ª campanha, menor precipitação mensal. Cabe destacar que, de acordo com a série histórica de pluviosidade da região, os meses de março, onde foram realizadas a 1ª e a 3ª campanha são considerados como período chuvoso e o mês de agosto, onde foi realizada a 2ª campanha, considerado como período seco (Figura 2). No entanto, analisando a precipitação acumulada de 7 e 30 dias antes da realização das campanhas, constatou-se que em agosto de 2018, onde foi realizada a 2ª campanha, a precipitação acumulada mensal antes da amostragem foi superior à média

histórica para esse período, sendo então considerado como um período chuvoso, já no mês de março de 2020, onde foi realizada a 3ª campanha, foi constada precipitação acumulada inferior ao previsto na série histórica, sendo então, esse mês, considerado como período seco (Figura 3).

De acordo com Queiroz, Silva e Paiva (2017) e Mussálem-Castillejos et al. (2018), os valores mais baixos de coliformes em períodos de maior precipitação pluviométrica podem ser justificados pelo fato desse período proporcionar modificações no regime de vazão dos rios, aumentando assim sua capacidade de diluição de diversos componentes lixiviados, justificando então o cenário encontrado. Cabe destacar que a presença de coliformes termotolerantes na água é um fator preocupante, visto que este está diretamente relacionado a diversas doenças de veiculação hídrica, sendo um risco para a população local (Namugize, Jewitt e Graham, 2018), principalmente em regiões tropicais, como é o caso de Caraíba, propícias para a proliferação desse grupo de bactérias (Zeinalzadeh; Rezaei, 2017). Quanto a variação dos valores de coliformes em função da maré, os maiores valores foram observados na maré baixa, uma vez que nesse período a coluna de água é menor e consequentemente a diluição do efluente lixiviado é reduzida frente ao cenário de maré alta.

Paralela a presença de Coliformes Termotolerantes e a inexistência de esgotamento sanitário na Vila de Caraíba, foram constatadas inadequações nos valores de Fósforo Total, em quase todos os pontos e em todas as amostragens, apresentando valores entre 0,03 e 4,72 mgL⁻¹ na maré alta e entre 0,02 e 5,99 mgL⁻¹ na maré baixa.

De acordo Esteves (1998) e Dutta; Dwivedi e Suresh Kumar (2018), o Fósforo Total é um parâmetro limitante da produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, podendo ter origem natural, das rochas que compõem a bacia de drenagem e de materiais particulados na atmosfera, e antrópica, de efluentes domésticos e industriais e lixiviação do solo, sendo um dos principais responsáveis pela eutrofização dos mananciais. De acordo como observado em campo e o apresentado

na Tabela 4, tal cenário provavelmente está relacionado a fatores antrópicos e naturais, pois o P1 e o P5 estão localizados próximo a barracas de praia e o distrito não conta com rede de esgotamento sanitário adequado, o P2 está localizado próximo a uma das partes mais baixas da Vila de Caraíva, que de acordo com Hidroexplorer (2018) são as áreas que apresentam uma alta vulneráveis a contaminação devido a profundidade do lençol, onde já foram sinais de contaminação, e o P3 está localizado no ponto de travessia das pessoas por embarcações e onde também é realizado o armazenamento e transporte dos resíduos sólidos do distrito. Já o Ponto 4 está localizado próximo ao local em que existe um tributário, chamado Jambeiro, que de acordo com Dantas e Medina (2020), apresenta um processo natural de alargamento responsável pela transformação dos vales, típicos dos terrenos do grupo Barreiras, promovendo o seu recuo e deposição de materiais no leito do córrego, sendo então uma possível fonte de fósforo para o local. Cenário similar foi observado por Bifano et al. (2020), onde ao analisarem a qualidade da água de microbacias no extremo Sul da Bahia foram constatados valores elevados de fosforo total, estando estes diretamente relacionados ao lançamento de efluentes domésticos.

Assim como os Coliformes Termotolerantes, o Fósforo Total também apresentou menores valores nas campanhas realizadas em março e agosto de 2019, onde as precipitações acumuladas nos 30 dias que antecederam a amostragem foram maiores, o que de acordo com Queiroz; Silva e Paiva (2017) e Mussálem-Castillejos et al. (2018) se justifica pelas modificações no regime de vazão dos rios ocasionadas pelas precipitações, o que provavelmente aumentou sua capacidade de diluição dos materiais lixiviados.

Outros parâmetros que também apresentaram valores acima do máximo permitido na legislação foram a Amônia e o Nitrato, que de acordo com Padilla, Gallardo e Manzano-Agugliaro (2018), também estão diretamente relacionados com o lançamento de efluentes e o uso e ocupação do solo da bacia, sendo a lixiviação

do solo e o consequente carreamento de defensivos agrícolas, uma de suas principais fontes.

Analisando os valores de OD, constatou-se que este parâmetro apresentou valores discrepantes ao preconizado na Conama 357/2005, com valores que foram decaindo do estuário inferior para o estuário superior, variando de 2,97 a 7,85 mgL⁻¹ na maré alta e de 2,64 a 6,25 mgL⁻¹ na maré baixa. De acordo com Von Sperling (2014) e Von-ahn e Pereira Filho (2015), esse decaimento está atrelado ao fato de que no estuário inferior há a presença de uma maior correnteza ocasionando a oxigenação da água, sendo está reduzida à medida que subimos o leito do rio. Outro fator a ser considerado está relacionado à entrada de matéria orgânica ao longo do rio, que ao ser degradada resulta no consumo de oxigênio dissolvido. Cabe destacar também que os maiores valores de OD foram observados na maré alta, devido a maior influência da maré e consequentemente maior correnteza e oxigenação da água.

Paralelo a isso temos os valores da DBO, que apresentaram comportamento inverso do OD, decaindo do estuário superior para o inferior, com valores variando entre 4,09 a 15,00 mgL⁻¹ na maré alta e 3,60 a 15,78 mgL⁻¹ na maré baixa. Isso se justifica pelo fato de que quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior a quantidade de oxigênio dissolvido requerido para estabilizá-la através de processos biogeoquímicos, e consequentemente menor a quantidade de oxigênio presente no meio (Almeida et al., 2017; Garcia et al. 2018; Rocha et al., 2019; Bifano et al. 2020). Apesar desse comportamento já esperado da DBO, nos pontos 1, 2 e 3 o comportamento foi inverso ao encontrado nos demais pontos, apresentando valores mais elevados do que os pontos anteriores, tal fato sugere que devido a esses pontos estarem localizados próximos a Vila de Caraíva e a mesma não possuir rede de esgotamento sanitário adequado, exista alguma entrada de matéria orgânica próximo a esses pontos.

Corroborando o observado em Caraíva, a Cetesb (2018) determina que o aumento da DBO é provocado, em cenários em que o rio se encontra próximo a áreas urbanas, principalmente pelo

despejos de efluentes domésticos, induzindo assim ao esgotamento do oxigênio presente na água, o que pode provocar o desaparecimento de peixes e de outras formas de vida aquática e também ao aumento da microflora.

Cenário similar ao observado no estuário do rio Caraíva também foi verificado no estuário do rio Itajaí-Açu, em Santa Catarina, onde o DBO e o OD apresentaram comportamento opostos ao longo do estuário, com maiores valores de DBO no estuário superior, sugerindo entre outros fatores que este esteja associado à presença de matéria orgânica e a dinâmica do local (Von-Ahn; Pereira Filho, 2015). Além da DBO e do OD, no estuário do rio Caraíva essa tendência também foi observada nos valores de pH, Nitrogênio Total e Clorofila-*a*.

De acordo com Von Sperling (2014) e Santos et al. (2020), além do DBO e do OD, diversos parâmetros estão associados à presença de matéria orgânica, algas e macrófitas no corpo de água, dentre estes parâmetros tem-se o pH, a Clorofila-*a*, Fosforo e o Nitrogênio Total. Em consonância a isso, foram encontrados valores fora do legislado para esses parâmetros nos pontos mais distantes da boca do estuário, onde a presença de matéria orgânica é elevada e a influência da maré é reduzida. Corroborando a essa informação e aos valores de pH, que variaram entre 6,10 e 8,10 na maré alta e entre 5,43 e 7,92 na maré baixa, Fia et al. (2015), Carvalho et al. (2015) e Santos et al. (2020) afirmam que esse decaimento é influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, sendo que, no geral, quanto maior a quantidade de matéria orgânica, menor o pH, devido à biodegradação que produz ácidos orgânicos e gás carbônico.

Outro parâmetro que também apresentou valores acima do legislado em todos os pontos e em todas as amostragens foi o Ferro Total, variaram entre 0,29 e 4,73 mgL⁻¹ na maré alta e entre 0,54 e 6,07 mgL⁻¹ na maré baixa. No entanto isso já era esperado, pois Celino et al. (2014) e Stefano et al. (2019) determinam que grande parte dos corpos de água da região litorânea no sul da Bahia apresentam valores elevados de Ferro, devido a composição do solo do Aquífero Barreiras. De

acordo com o mesmo autor, isso se deve principalmente ao fato desse solo ser composto por sedimentos de origem continental, com minerais que podem liberar ferro em solução. Cabe destacar que os menores valores de Ferro foram observados no período de menor

precipitação, onde a lixiviação do solo para o leito do rio foi menor.

Tabela 2. Média dos resultados das três campanhas realizadas para avaliação da qualidade da água do estuário do rio Caraíva

Parâmetros	Março/2019						Agosto/2019						Março/2020					
	Maré Alta			Maré Baixa			Maré Alta			Maré Baixa			Maré Alta			Maré Baixa		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
C. Totais (NMP100mL-1)	1,80	46,00	17,23	13,00	49,00	28,83	3,60	460,00	183,77	43,00	1100,00	530,50	11,00	1100,00	663,50	460,00	1100,00	993,33
C. Termo (NMP100mL-1)	1,80	23,00	12,52	9,30	22,00	15,55	3,00	23,00	8,80	3,00	93,00	21,97	9,00	1100,00	420,67	23,00	1100,00	641,17
pH	6,81	7,99	7,63	5,43	6,86	6,36	6,10	8,10	6,59	6,03	7,44	6,53	6,94	8,02	7,65	6,40	7,92	7,06
T (°C)	29,78	30,87	30,29	29,27	30,02	29,76	26,37	27,81	27,09	26,65	27,63	27,12	26,67	27,82	27,53	26,32	26,92	26,70
OD (mgL ⁻¹)	3,76	6,09	5,41	2,64	5,24	4,33	4,94	5,83	5,47	5,48	6,25	5,91	2,97	7,85	5,96	3,08	6,12	4,65
DBO (mgL ⁻¹)	4,09	11,41	7,23	3,60	8,50	6,83	5,42	8,06	7,01	7,19	9,09	8,16	6,61	15,00	9,73	8,02	15,78	11,44
NO ₃ (mgL ⁻¹)	0,05	0,12	0,08	0,12	0,17	0,14	0,05	0,13	0,10	0,07	0,22	0,10	0,63	1,04	0,81	0,26	1,08	0,54
NO ₂ (mgL ⁻¹)	0,001	0,005	0,003	0,006	0,006	0,003	0,002	0,037	0,025	0,022	0,038	0,030	0,004	0,017	0,009	0,009	0,018	0,012
NT (mgL ⁻¹)	0,07	0,83	0,59	0,25	0,99	0,60	0,06	3,05	1,53	0,98	3,41	2,31	0,77	1,05	0,92	0,55	1,19	0,71
Clorof. (µg ⁻¹)	5,65	33,62	12,51	5,15	12,49	8,68	6,82	16,43	11,44	11,01	22,56	15,63	6,44	13,23	8,47	6,03	19,46	9,14
NH ₃ (mgL ⁻¹)	0,13	0,33	0,24	1,10	3,86	0,30	0,22	0,36	0,27	0,22	0,45	0,31	0,01	0,10	0,04	0,03	0,16	0,11
Fe (mgL ⁻¹)	0,78	4,73	2,14	1,10	3,86	2,29	1,53	2,67	1,98	2,08	6,07	3,37	0,29	2,29	0,89	0,54	4,60	2,24
Cl-a (mgL ⁻¹)	5,06	23,99	13,71	3,10	5,21	4,20	4,32	20,03	11,62	2,04	5,02	3,30	0,29	17,53	13,92	0,23	6,23	3,20
PT (mgL ⁻¹)	0,03	0,10	0,07	0,02	0,13	0,08	0,89	2,92	1,58	0,86	1,37	1,12	2,40	4,72	4,06	2,38	5,99	3,63
PD (mgL ⁻¹)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	0,14	0,11	0,10	0,13	0,12	0,27	0,82	0,45	0,73	0,92	0,88
NTU	19,72	30,00	21,77	16,84	22,01	19,18	5,60	25,40	12,43	12,90	30,30	19,34	2,36	7,40	6,06	2,79	16,20	8,42
SDT (mgL ⁻¹)	27,00	29,30	28,08	12,00	13,70	12,57	20,31	42,30	30,43	21,16	48,02	35,57	16,03	24,43	21,92	8,34	14,11	11,05
ST (mgL ⁻¹)	423,00	526,70	488,77	598,00	718,70	645,22	482,67	803,37	621,07	494,00	816,53	664,98	292,42	606,41	469,39	277,33	673,50	449,62
Cond. (µScm ⁻¹)	0,60	58,60	39,90	1,00	27,40	17,24	16,97	104,00	108,11	8,29	142,00	49,98	0,67	48,86	38,58	0,62	28,22	17,73
Sal. (‰)	0,30	34,00	23,24	0,05	16,70	10,31	0,05	31,80	14,88	0,1	15,10	5,13	31,26	0,37	24,50	0,30	17,00	10,24

Legenda: C. Totais – Coliformes Totais; C. Termo – Coliformes Termotolerantes; pH – Potencial Hidrogeniônico; T°C – Temperatura; OD – Oxigênio Dissolvido; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NT – Nitrogênio Total; Clorof. – Clorofila *a*; NH₃ – Amônia; Fe – Ferro Total; Cl-a – Cloreto; PT – Fósforo Total; PD – Fósforo Dissolvido; NTU – Turbidez; SDT – Sólidos Totais; ST – Sólidos Totais; Cond. – Condutividade; Sal – Salinidade; <LD – Valores a baixo do limite de detecção do equipamento.

A partir dos resultados obtidos nas variáveis físicas, químicas e microbiológicas (Tabela 2) foi possível determinar o IQA para os pontos onde foram realizadas as amostragens de água ao longo do estuário do rio Caraíva (Figura 5).

Figura 5. Índice de Qualidade da Água dos pontos onde foram realizadas as amostragens ao longo do estuário do rio Caraíva

Como pode ser observado na Figura 5, grande parte dos pontos analisados apresentam-se com uma qualidade boa (IQA entre 52 - 79), estando alguns com uma qualidade aceitável (IQA entre 37 - 51). Isso reforça o afirmado anteriormente, de que as contribuições urbanas, devido à ausência de esgotamento sanitário adequado na Vila de Caraíva, e a lixiviação, erosão, escoamento superficial, tem contribuído diretamente para a situação atual do estuário.

Cabe ressaltar que a qualidade boa foi observada, em sua grande maioria, no período de maior índice pluviométrico, 1ª e 2ª campanha, o que de acordo com Queiroz, Silva e Paiva (2017) e Mussálem-Castillejos et al. (2018), pode estar diretamente relacionado ao fato desse período proporcionar modificações no regime de vazão do rio, aumentando assim sua capacidade de diluição de diversos componentes lixiviados, justificando então o cenário encontrado.

Análise Estatística

Para realização da ACP não foram utilizados os resultados de nitrito e fósforo dissolvido, uma vez que os valores desses parâmetros foram muito pequenos e/ou abaixo do limite de detecção dos equipamentos utilizados. Quanto aos resultados obtidos na ACP foi constatado que as duas primeiras componentes principais descrevem 65,38% da variabilidade dos dados, sendo a explicabilidade do primeiro componente de 35,78 (CP1) e do segundo de 29,60% (CP2).

Conforme apresentado na Figura 6, a primeira componente principal está relacionada principalmente com coliformes termotolerantes, nitrato e DBO, sendo estas relações positivas. Já o segundo componente está relacionado fortemente com turbidez, amônia e cloreto, sendo a relação com os dois primeiros negativa e a relação com o terceiro, positiva. Os sinais opostos desses elementos demonstram uma anti-correlação entre as variáveis.

Legenda: NO₃ – Nitrato, PT – Fósforo Total, C. Totais – Coliformes Totais; C. Termo – Coliformes Termotolerantes, DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, NT – Nitrogênio Total, Clorof. – Clorofila *a*, Fe – Ferro, NTU – Turbidez, NH₃ – Amônia, T°C – Temperatura, ST – Sólidos Totais, SOT – Sólidos Totais, Cl – Cloreto, Cond. – Condutividade, OD – Oxigênio Dissolvido, pH – Potencial Hidrogeniônico, Sal – Salinidade.

Figura 6. Análise de Componentes Principais das variáveis físicas, químicas, biológicas e microbiológicas do estuário do rio Caraíva, em diferentes períodos do ano

Pelo gráfico de escores, Figura 6, observa-se que existe uma discriminação entre as campanhas amostrais, apresentando disposição diretamente relacionada com a precipitação acumulada mensal, onde os dados referentes ao período de menor precipitação (março/2020) estão posicionados, predominantemente, à esquerda do eixo e aqueles referentes ao período de maior precipitação (março e agosto de 2019) posicionaram-se, predominantemente, à direita do eixo. Resultado similar foi encontrado no estudo realizado por Souza, et al. (2019) e Bifano et al. (2020), ao analisarem a qualidade da água do rio Cuiá, em João Pessoa e a qualidade da água de microbacias no Extremo Sul da Bahia. De acordo com os mesmos autores, tal cenário sugere que em estudos como esses seja realizada análises de ACP, visto que amostras de diferentes períodos do ano podem apresentar características diferentes.

Quanto ao distanciamento dos pontos entre os períodos de maior e menor precipitação, este deve-se as diferentes características conferidas ao corpo hídrico pela ação das chuvas, que influenciam significativamente nos aspectos do rio, bem como do ambiente ao seu redor. Dentre as diversas modificações já observadas tem-se o regime de vazão dos corpos hídricos, que aumenta a capacidade de diluição dos diversos componentes lixiviados, justificando então tal distanciamento (Santos, Guiebelere e Oliveira, et al., 2010; Geraldles e George, 2012; Queiroz, Silva e Paiva, 2017).

Análise do uso e ocupação do solo e sua relação com a qualidade da água do estuário

A Tabela 3 e a Figura 7 apresentam a evolução temporal das classes de uso e

ocupação do solo da bacia do rio Caraíva, entre os anos de 1990 a 2018 para as classes Área Degradada, Área Urbana, Agricultura, Afloramento Rochoso, Campo, Campo Úmido Degradado, Comunidade Aluvial Arbórea,

Desmatamento Recente, Eucalipto, Florestas, Instalações Rurais, Manguezal, Mineração, Mussununga, Pastagem, Queimada, Sistema Viário, Restinga, Seringal e Represas, Lagos e Rios.

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo em km² da bacia do rio Caraíva, durante o período de 1990 a 2018

CLASSES	1990	2001	2007	2013	2018
Área Degradada	-	1.21	0.61	0.48	0.12
Área Urbana	1.23	0.69	0.91	3.7	1.86
Agricultura	25.7	54.74	52.86	69.89	80.83
Afloramento Rochoso	9.22	2.76	3.19	-	0.75
Campo	-	-	-	48.06	-
Campo Úmido Degradado	-	-	39.22	-	39.52
Comunidade Aluvial Arbórea	15.59	30.68	4.83	-	-
Desmatamento Recente	-	-	-	-	0.28
Eucalipto	26.47	317.18	291.26	-	232.18
Florestas	578.93	436.67	311.97	631.38	510.03
Instalações Rurais	-	-	9.03	-	0.39
Manguezal	8.35	0.81	2.2	0.73	0.88
Mineração	-	-	-	-	0.11
Mussununga	5.34	5.12	3.89	-	4.25
Oceano	0.34	0.03	1.23	-	0.33
Outras Classes	-	8.07	0.27	-	-
Pastagem	469.8	364.8	504.78	516.44	446.02
Queimada	42.58	-	0.9	-	-
Sistema Viário	-	-	23.7	2.91	1.25
Restinga	16.23	9.54	8.43	-	9.9
Represa, Lagos e Rios	135.08	102.55	75.53	6.42	6.58
Seringal	-	-	0.04	-	0.56
TOTAL	1334.86	1334.85	1334.85	1280.01	1335.84

Nota: - Não houve identificação da feição no ano referido.

Figura 7. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Caraíva entre os anos de 1990 a 2018

Analisando os dados apresentados na Tabela 3 e na Figura 7, observa-se que a classe

Quinelato, R. V., Okumura, A. T. R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.

Floresta representa atualmente 38,18% da área total da bacia, o que de acordo com Tucci (2012),

Tambosi et al. (2015) e Figur e Reis (2017) é de grande importância, uma vez que a presença de floretas proporciona um aumento na taxa de infiltração e no tempo de residência da água na bacia hidrográfica, que consequentemente regulariza a vazão do curso de água; proporcionam a recarga dos lençóis freáticos; reduzem o escoamento superficial e consequentemente proporcionam a redução do processo de lixiviação de materiais particulado para o leito dos rios. Acredita-se que a conservação das áreas de florestas na bacia do rio Caraíba se deve ao fato de parte dessa região está sob várias instâncias de gestão territorial e ambiental, como Costa Descobrimento, Patrimônio Mundial da Humanidade, Parque Nacional de Monte Pascoal e da Reserva Extrativista (Resex) de Corumbau. Além disso, se beneficia pelas leis que regem a proteção do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Ferreira, Andrade e Menezes, 2018; Ccac, 2018; Ccac, 2019).

Outra classe que merece destaque é a Pastagem, que atualmente representa 33,39% de toda a área da bacia. De acordo com Cerqueira Neto (2013), a introdução da pecuária nessa região se deu na metade do século XX, sendo facilitada pela limpeza das áreas realizada pelas madeiras. Cabe destacar que, apesar de ser uma cultura importante economicamente para a região, as pastagem apresentam efeitos negativos diretos na qualidade da água de mananciais, devido a lixiviação de materiais para o leito dos rios, acarretando um acréscimo nos valores de nitrogênio, na presença de microrganismos patogênicos e de compostos carbonatados oriundo dos dejetos dos animais (Pinheiro, Mirante e Benini, 2016). Almeida (2012) e Cerqueira Neto (2013) afirmam ainda que as culturas que requerem solo exposto contribuem também para compactação do solo, redução da taxa de infiltração, tempo de residência da água e consequentemente alteram a dinâmica hídrica do local. No entanto, os mesmos autores afirmam que é de suma importância ter cautela ao trabalhar os

malefícios dessa cultura, uma vez que essa é de grande relevância para a economia da região.

Assim como a pastagem o cultivo do eucalipto atualmente é uma das atividades econômicas mais importantes para essa região, uma vez que representa 17,38% da área total da bacia, apresentando um aumento de 88,60% em sua área entre os anos analisados, 1990 a 2018. Tal fato pode ser justificado pela implantação da BR 101 na década de 1970, o que impulsionou o desenvolvimento da região e a introdução de empresas de papel e celulose (Almeida et al., 2008). De acordo com Almeida e Teixeira (2010), tais empresas foram atraídas pelas características naturais da região, como topografia, pluviosidade, insolação, solo e disponibilidade hídrica, que fazem dessa região uma das maiores produtoras de madeira em toras para produção de papel e celulose do mundo. Atualmente o cultivo do Eucalipto se constitui como uma das principais atividades do sul da Bahia, sendo responsável por importantes mudanças socioprodutivas, muito embora atividades como pecuária e agricultura de subsistência ainda apresente grande importância na estrutura produtiva da região. Apesar de sua importância, a expansão dessa cultura deve receber atenção, uma vez que esta proporciona diversos prejuízos ao solo, fauna, flora e aos recursos hídricos da região (Almeida et al., 2008).

Já a agricultura, classe que atualmente ocupa 6,05% da área total da bacia, apresentou crescimento de 68,20% entre os anos analisados. De acordo com Vaeza et al. (2010) e Andrietti et al. (2016) tal uso do solo não altera apenas a paisagem, mas também contribui para o aumento de processos erosivos; lixiviação do solo; aumento de insumos agrícolas, matéria orgânica e nutrientes na água; eutrofização dos mananciais, dentre diversos outros impactos ao meio ambiente, a vida aquática e humana.

Outras classes de uso e ocupação do solo que tiveram reduções significativas ao longo dos anos analisados foram os manguezais e as represas, lagos e rios, apresentando um decréscimo em suas áreas de respectivamente 89,46% e 95,13% entre os anos analisados. Segundo Sobrinho e Andrade (2009) tal cenário está atrelado as agressões geradas durante o processo de ocupação do

território brasileiro, visto que a população de países tropicais tende a se concentrar ao longo dos rios e do litoral, tanto para facilitar o acesso ao interior quanto para assegurar o escoamento e exportação dos produtos. De acordo com os mesmos autores, por mais que muitas leis brasileiras visem proteger esses ecossistemas, ainda é encontrado com frequência uso e ocupação dessas áreas e das áreas do seu entorno de forma irregular e uso indiscriminado de seus recursos, o que justifica o cenário de redução encontrado na bacia do rio Caraíva.

Conclusões

Na avaliação, como um todo, dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológico, foi possível inferir que o estuário do rio Caraíva encontra-se fora dos padrões determinados pela Resolução Conama n.º 357 de 2005, para coliformes termotolerantes, fosforo total, amônia, nitrato, OD, DBO, ferro, pH, clorofila-a, e nitrogênio total, tanto para as águas doces Classe 2 quanto as águas salobras e salinas Classe 1, devido principalmente à influência significativa da atividade humana nessa área. E, apesar disso, os resultados do IQA indicam que sua água pode ser classificada com uma qualidade boa e aceitável. Quanto a ACP, está demonstrou que existe relação positiva entre a qualidade da água e a precipitação pluviométrica.

Tais dados indicam que é de suma importância a tomada de ações, por parte do poder público e da comunidade, que visem sanar os impactos causados pela inexistência de um sistema de esgotamento sanitário adequado na Vila de Caraíva, visto que foi constatado, a partir dos resultados obtidos, que essa é a principal responsável pelas inadequações na qualidade da água do estuário.

Diante disso, do fato do solo da região de Caraíva ser arenoso e apresentar uma alta taxa de percolação e consequentemente alta vulnerabilidade a contaminação e da Vila de Caraíva estar localizada em uma área que não é viável a instalação de uma estação de tratamento de efluentes convencional, é de suma importância que dentre as ações do poder público e da comunidade esteja a substituição das fossas atualmente utilizadas, que não são adequadas para o solo da região e/ou não tenham sido dimensionadas corretamente. Dentre as alternativas, as mais viáveis para a região de Caraíva seriam o Sistemas Alagados Construídos, o Círculo de Bananeira, a

Fossa Verde, a Fossa Séptica Biodigestora, o Filtro de Areia, o Filtro Anaeróbio, o Vermifiltro, o Biodigestor e o Reator Anaeróbio Compartimentado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Comunitário e Ambiental de Caraíva e a Associação de Nativos de Caraíva pela solicitação para realização do trabalho e pelo auxílio na realização de todas as campanhas amostrais; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudos durante toda a execução do trabalho e mestrado; e as instituições de ensino Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).

Referências

- ANA. Agência Nacional de Água. Rios. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/saiba-quem-regula/rios/rios>>. Acesso: 09 jun. 2019a.
- _____. Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso: 22 mai. 2019b.
- _____. Hidroweb – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. Disponível: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso: 28 abr. 2020.
- Almeida, A. Q., 2012. Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 77.
- Almeida, T. M., Moreau, A. M. S. S., Moreau, M. S., Pires, M. M.; Fontes, E. O., Góes, L. M., 2008. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. *Sociedade & Natureza*, 20, 5-18.
- Almeida, T. M., Teixeira, A. C. O., 2010. Inter-relações entre fatores físicos e socioeconômicos na dinâmica de uso da terra no Extremo Sul da Bahia. *Revista Geografia Acadêmica*, 4, 2, 64-72.
- Almeida, E. C. de O., Kozak, C., Prado, L. L., Fernandes, C. S., 2012. Reflexões e fragilidades

- sobre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em rios. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 14.
- APHA. American Public Health Association, 1999. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation.
- Morim, R. R. A., 2016. Representação de mapas de paisagens na escala regional: O exemplo da região Costa do Descobrimento (Bahia). *Revista da Anpege*, 12, 257–292.
- Andrietti, G., Freire, R., Amaral, A. G.; Almeida, F. T., Bongiovani, M. C., Schneider, R. M., 2016. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Revista Ambiente e Água*, 11, 162-175.
- Bertossi, A. P. A., Menezes, J. P. C. de, Cecílio, R. A., Garcia, G. de O., Neves, M. A., 2013. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. *Revista Ciências Agrárias*, 34, 2025-2036.
- Bifano, R. B. A., Marcolin, C.R., Crepaldi, M. O. S., Quinelato, R. V., Okumura, A. T. R., Silva, A. G., Bandeira, M. L. S. F., 2020. Avaliação da Qualidade da Água em Microbacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13, 24447-2461.
- BRASIL, 2012a. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF.
- _____, 2012b. Lei nº. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Brasília, DF.
- _____, 2005. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil*. Brasília: Agência Nacional de Águas.
- _____, 2017. Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017.
- _____, 2019. Ministério do Desenvolvimento Regional e Secretaria Nacional de Saneamento. 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.
- Bugica, K., Sterba-Boatwright, B., Wetz, M. S., 2020. Water quality trends in Texas estuaries. *Water quality trends in Texas estuaries*, 152.
- Carmouze, J. P., 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Blucher/Fapesp.
- Carvalho, K. Q., Lima, S. B., Passig, F. H., Gusmão, L. K., Souza, D. C., Kreutz, C., Belini, A. D., Arantes, E. J., 2015. Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 96-106.
- Celino, J. J., Hadlich, G. M., Queiroz, A. F. de S., Oliveira, O. M. C. de., 2014. Avaliação de Ambientes Costeiros da Região Sul da Bahia. 1. ed. Salvador.
- Cerqueira Neto, S. P. G., 2013. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. *Revista de Geografia*, 30, 246-264.
- Cetesb. Companhia ambiental do Estado de São Paulo., 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília.
- _____, 2018. *Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB.
- Conceição, M. M. M. da, Souza, R. R. N. de, Silva, A. C. de S. da, Machado, N. I. G., Carneiro, C. C. A., Guedes, F. L., Silva, N. de S., Silva, M. O. e, Tavares, L. S., Souza, G. B. de, Martins, I. V. M., Ribeiro, T. dos S., Silva, M. P. da, Silva, A. S. F. da, 2020. A lógica fuzzy no estudo da qualidade da água do rio Uraim Paragominas PA. *Brazilian Journal of Development*, 6, 38575-38588.
- Conselho Comunitário e Ambiental de Caraíva., 2019. Plano diretor de Caraíva. Disponível: <<https://www.cca-caraiva.com/plano-diretos-de-caraiva-2017>> Acesso: 13 de jun. 2019.
- _____, 2019. Breve Histórico. Disponível: <<https://caraiva.com.br/breve-historico-sobre-caraiva/>>. Acesso: 13 de jun. 2019.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2020. Resolução Conama n.º 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- _____, 2005. Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

- _____, 2008. Resolução Conama n.º 396, de 03 de abril de 2008. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- _____, 2011. Resolução Conama n.º 430, de 13 de maio de 2011. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Dantas, M. E., Medina, A. I. de M., 2020. Geomorfologia. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabralia. Salvador: CPRM-SUREG/AS.
- Dutta, S., Dwivedi, A., Suresh Kumar, M., 2018. Use of water quality index and multivariate statistical techniques for the assessment of spatial variations in water quality of a small river. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 2-17.
- Esteves, F., 1998. Fundamentos da limnologia. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP.
- Farias, E. da S., 2018. Influência da alteração do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. 2018. 88 f. Monografia (Bacharelado Interdisciplinar em Ciências) – Universidade Federal do Sul, Teixeira de Freitas.
- Farias, E. da S., Gama, G. F. B. da, Almeida, P. F., Silva, J. B. L. da, Neves, F. M., 2018. Evolução temporal no uso e ocupação do solo no período 1990-2013 do município de Caravelas – BA. In: Encontro Regional de Botânicos MG, BA e ES, 38, 2019, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: IFBA, UFSB, 414-418.
- Ferreira, M. C. F., Andrade, L. M. S. de., Menezes, P. D. R. de., 2018. Território Terrestre e Tradicional da RESEX Marinha do Corumbau: estudo sobre padrões espaciais na Vila de Caraíva. In: Simpósio Brasileiro de Gestão Urbana, 2., 2018, São Paulo. Anais... São Paulo: UNESP.
- Fia, R., Tadeu, H. C., Menezes, J. P. C. de, Fia, F. R. L., Oliveira, L. F. C., 2015. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 20, 267-275.
- Figur, C., Reis, J. T. A., 2017. influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. *Revista Ciência e Natureza*, 30, 46-264.
- Garcia, J. M., Mantovani, P., Gomes, R. C., Longo, R. M., Demamboro, A. C., Carmo B. S., 2018. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade e Natureza*, 30, 228-254.
- Garrison, T., 2017. Fundamentos da oceanografia. Noveritis do Brasil, 7. ed. Norte-Americana.
- Geraldes, A. M., George, C., 2012. Limnological variations of a deep reservoir in periods with distinct rainfall patterns. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 24, 417-426.
- Gomes, M. da C. R., Franca, R. M. da., 2019. Uso da análise multivariada para subsidiar no monitoramento da qualidade da água subterrânea na bacia sedimentar do Araripe, Sul do estado do Ceará. *Revista Geociências*, 38 195-205.
- Gouveia, R. L., Selva, V. S. F., Cabral, J. J. P. da S., 2019. Educação ambiental para a revitalização de rios em áreas urbanas. *Educação Ambiental em Ação*, 18.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tathan, R. L., Black, W. C., 2005. *Multivariate data analysis*. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Harrison, S., Mcaree, C., Mulville, W., Sullivan, T., 2019. The problem of agricultural ‘diffuse’ pollution: Getting to the point. *Science of the Total Environment*, 677, 700-717.
- Hidroexplorer, 2018. Hidrogeologia, abastecimento de água, contaminação das águas subterrâneas, com propostas para melhorias sanitárias, da histórica Vila de Caraíva, Porto Seguro, Bahia. Salvador. Disponível: <<https://www.cca-caraiva.com/aguas>>. Acesso: 13 jun. 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso: 13 de jan. 2020.
- Jaiswal, M., Hussain, J., Gupta, S. K., Nasr, M., Nema, A. K., 2019. Comprehensive evaluation of water quality status for entire stretch of Yamuna River, India. *Environ Monit Assess*, 191, 1-15.
- Kaiser, H. F., 1974. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 69, 31-6.

- Lima, M. O.; Santos, E. C. O.; Jesus, I. M de; Medeiros, A. C.; Faial, K. do C. F., Alves, C. N., 2011. Assessment of Surface Water in Two Amazonian Rivers Impacted by Industrial Wastewater, Barcarena City, Pará State (Brazil). *Sociedade Brasileira de Química*, 1493–1505.
- Lordêlo, M. S.; Pessoa, J. O., Orrico, S. R. M., 2018. Qualidade da água de rios em cidade do Estado da Bahia. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, Feira de Santana, 23 687-696.
- Luz, G. C. B. da.; Teixeira, S. F. 2019. Importância do manguezal e das barreiras físicas na contenção de resíduos sólidos nas margens de um estuário urbano. *Ciência Geográfica*, 2, 790-803.
- Marques, C. H. G.; Terada, R.; Galvão, P., Hirata, R., 2019. Evolução espacial e temporal da contaminação por nitrato no aquífero urbano de Urânia (SP). *Revista Águas Subterrâneas*, São Paulo, 33, 258-269.
- Medeiros, G. A.; Tresmondi, A. C. C. de L.; Queiroz, B. P. V. de; Fengler, F. H.; Rosa, A. H.; Fialho, J. M.; Lopes, R. S.; Negro, C. V.; Santos, L. F. dos, ribeiro, A. I., 2017. Water quality, pollutant loads, and multivariate analysis of the effects of sewage discharges into urban streams of Southeast Brazil. *Energy, Ecology and Environment*, 2, 259-76.
- Menezes, J. P. C. de; Bertossi, A. P. A.; Santo, A. R., Neves, M. A., 2014. Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 10, 173-186.
- Minervino Neto, A., 2008. Modificações da zona costeira do Extremo Sul da Bahia nos últimos 150 anos, e sua relação com a sedimentação do banco de abrolhos. 201 f. Tese (Doutor em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Mussálem-Castillejos, K.; Laino-Guanes, R.; Bello-Mendoza, R.; González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., 2018. Water quality of Grijalva river on the Chiapas - Tabasco border. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 5, 55–64.
- Namugize, J. N., Jewitt, G., Graham, M., 2018. Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 105, 247–264.
- Nascimento, F. H. do; Silva, A. F.; Rangel, S. de A. S., Santos, F. B. dos., 2020. Avaliação visual rápida de rios urbanos: o caso do baixo curso da bacia hidrográfica do rio reis magos e do rio jacaraípe, Espírito Santo. *Revista Caminhos de Geografia*, 21.
- Okumura, A. T. R.; Silva, A. G. da; Silva, N. R. S. da; Lopes, E. R. do N.; Bifano, R. B. A., Quinelato, R. V., 2020. Determinação da Qualidade da Água de um Rio Tropical sob a perspectiva do Uso do Solo e Cobertura Vegetal. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13, 1835-1850.
- O'Mullan, G. D.; Juhl, A. R.; Reichert, R., Schneider, E., Martinez, N., 2019. Patterns of sediment-associated fecal indicator bacteria in an urban estuary: Benthic pelagic coupling and implications for shoreline water quality. *Science of the Total Environment*, 656.
- Padilla, F. M., Gallardo, M., 2018. Manzano-Agugliaro, F. Global trends in nitrate leaching research in the 1960–2017 period. *Science of the Total Environment*, 643, 400-413.
- Piazza, G. A.; Grott, S. C.; Goulart, J. A. G., Kaufmann, V., 2017. Caracterização espaço-temporal da qualidade das águas superficiais dos mananciais de abastecimento de Blumenau/SC. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 14.
- Pinheiro, J. H. P. A.; Mirante, M. H. P., Benini, S. M., 2016. *Gestão e Qualidade dos Recursos Hídricos*. 1. ed. São Paulo: ANAP.
- Pires, A. S. C. identification of potable water contamination sources by nitrate in the states of Minas Gerais and Sao Paulo. *Research, Society and Development*, 9, 2, 2020.
- PMMA. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica. 2014. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro – Bahia. Porto Seguro, 70.
- Queiroz, L. G.; Silva, F. T. da, Paiva, T. C. B. de., 2017. Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 12, 238-248.

- Quinelato, R. V.; Farias, E. da S.; Brito, J. M. S. de; Virgens, W. A., Pires, L. C., 2020. Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Scientia Plena*, 16.
- Rocha, H. M., Cabral, J. B. P., Batista, D. F., Oliveira, L. G., 2019. Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. *Geosul*, 34, 51–74.
- Santos, G. G.; Griebeler, N. P., Oliveira, L. F. C., 2010. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 115-123.
- Santos, L. F., Marinho, E. R., Moreira, F. S. A., Carneiro, B. S., Faial, K. C. F., 2020. Avaliação da qualidade da água da baía do Guajará em Belém/PA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 11, 367-380.
- Schnack, C. E.; Menezes, C. T. B. de; Ceci, G., Munari, B., 2018. Qualidade da água no estuário do rio Urussanga (SC, Brasil): um ambiente afetado pela drenagem ácida de mina. *Revista Brasileira de Biociências*, 16, 98-106.
- Singh, K. P.; Malik, A.; Mohan, D., Sinha, S., 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) a case study. *Water Research*, 38, 3980–3992.
- Sobrinho, M. A. da M., Andrade, A. C. de., 2009. O desafio da conservação de manguezais em áreas urbanas: identificação e análise de conflitos socioambientais no Manguezal do Pina – Recife – PE – Brasil. *Unimontes Científica*, 11, 8-16.
- Souza, K. S., 2015. Influência do Desmatamento na Vazão da Bacia do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí.
- Souza, D. G.; Marques, D. S.; Santos, V. S.; Sousa, A. C., Figueiredo, G. A., 2019. Aplicação de técnicas de análise exploratória no monitoramento da qualidade da água do rio Cuiá, João Pessoa-PB. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 15, 131-145.
- Stefano, P. H. P., Cristo, S. A. de., Gomes, I. P., Santos, M. M. N., 2019. Avaliação hidrogeoquímica das águas superficiais e subterrâneas na região sudoeste da bacia do rio Subaúma, Bahia. *Geochimica Brasiliensis* 33, 188 – 196.
- Tambosi, L. R.; Vidal, M. M.; Ferraz, S. F. DE B., Metzger, J. P., 2015. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, 29, 151-162.
- TSUTIYA, M. T., 2013. Abastecimento de Água. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Tucci, C. E. M., 2012. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS.
- Vaeza, R. F.; Oliveira Filho, P. C. de; Maia, A. G., Disperati, A. A., 2010. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *Floresta e Ambiente*, 17, 23-29.
- Von-Ahn, C. M. E., Pereira Filho, J., 2015. Diagnóstico da qualidade de água ao longo do estuário do rio Itajaí-Aço, SC. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 20, 331-342.
- Von Sperling, M., 2014. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG.
- Wang, J., Liu, G., Liu, H., Lam, P. K. S., 2017. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. *Science of the Total Environment*, 583, 421–431.
- Wrublack, S. C., Mercante, E.; Boas, M. A. V.; Prudente, V. H. R., Silva, J. L. G., 2018. Variation of Water quality along a river in agricultural watershed with support of geographic information systems and multivariate analysis. *Engenharia Agrícola*, 38, 74–81.
- Zeinalzadeh, K., Rezaei, E., 2017. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 13, 1–10.
- Quinelato, R.V., Okumura, A. T.R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G.