

Artigo Técnico

Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia

Water quality in rivers of Bahia State cities, Brazil

Jonatan Onis Pessoa^{1*}, Sílvio Roberto Magalhães Orrico², Maurício Santana Lordêlo³

RESUMO

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a qualidade da água de rios localizados em diferentes municípios. Para tanto, foram selecionadas dez cidades do Estado da Bahia, das quais sete contavam com Sistema Público de Esgotamento Sanitário (SES) e três eram desprovidas de tais serviços. Utilizou-se o registro trimestral realizado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) da concentração de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total e oxigênio dissolvido (OD), bem como o Índice de Qualidade da Água (IQA) de 14 pontos monitorados no período compreendido entre 2008 e 2015. Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando o teste de Kruskal-Wallis. Verificou-se que as cidades de Feira de Santana, Itabuna, Jequié e Itororó, as quais possuem SES e os maiores percentuais de população atendida com rede de esgoto no meio urbano, foram as que apresentaram o maior percentual de pontos com águas em dissonância com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os quatro parâmetros avaliados e os menores valores de IQA. É provável que tal resultado esteja relacionado com o fato de essas cidades apresentarem o maior número de habitantes e, portanto, gerarem maiores volumes de esgotos potencialmente lançados nos rios, quando comparadas com os municípios sem SES. A universalização e a efetividade dos SESs são medidas que podem contribuir para a melhoria da qualidade das águas dos rios, tendo em vista que o lançamento de esgoto foi considerado a principal causa para a degradação dos corpos d'água avaliados.

Palavras-chave: águas superficiais; monitoramento; qualidade das águas.

ABSTRACT

Monitoring and evaluation of surface water quality are of paramount importance for the sustainable management of water resources. Hence, the objective of this study was to evaluate the water quality of rivers located in different cities. Ten cities in the State of Bahia were selected, seven with sewage public system and three without it. We used the quarterly registry of the thermotolerant coliforms concentration of INEMA, BOD, total P, DO and water quality index of 14 points monitored in the period from 2008 to 2015. Data underwent statistical analysis using Kruskal-Wallis test. We verified that the cities of Feira de Santana, Itabuna, Jequié and Itororó, which have the sewage system and the highest percentages of population served with sewage in the urban area were those that presented the highest percentage of points in dissonance with CONAMA Resolution n. 357/2005 for the four evaluated parameters and the lowest water quality index values. This result may possibly be related to the fact that these cities present the largest number of inhabitants and, therefore, generate larger volumes of potentially sewage in rivers, when compared to cities without public sanitary sewage. The sewage system universalization and effectiveness are measures that may contribute to the improvement of river water quality, considering the discharge of sewage is the main cause for water quality degradation.

Keywords: surface water; monitoring; water quality.

INTRODUÇÃO

Embora a água se configure como elemento essencial para os seres vivos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000; MORAES; JORDÃO, 2002; SOUZA *et al.*, 2014), estudos realizados em diferentes países têm evidenciado a deterioração desse recurso em várias partes do planeta

(BOLLMANN; EDWIGES, 2008; ROTHWELL *et al.*, 2010; RIGOTTI; POMPÊO, 2011; KAY *et al.*, 2017).

O acelerado crescimento populacional, somado ao processo de urbanização, é considerado como uma das principais causas para a degradação dos ecossistemas aquáticos (MAGALHÃES, 1995; TUNDISI, 2003;

¹Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) - Feira de Santana (BA), Brasil.

²Professor titular da UEFS - Feira de Santana (BA), Brasil.

³Professor adjunto da UEFS - Feira de Santana (BA), Brasil.

*Autor correspondente: natanufam@gmail.com

Recebido: 12/07/2016 - Aceito: 17/04/2017 - Reg. ABES: 166513

BU *et al.*, 2010; WENGRAT; BICUDO, 2011; SCHNEIDER *et al.*, 2011; BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013; ORTEGA; CARVALHO, 2013; FIA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Nesse cenário, o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pois permitem conhecer a atual situação dos corpos d'água e as principais alterações ocorridas com o tempo, possibilitando identificar as tendências e apoiar a elaboração de diagnósticos que podem subsidiar a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais (ANA, 2017; STROBL; ROBILLARD, 2008; FINOTTI *et al.*, 2009).

No Estado da Bahia, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado por meio do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia (MONITORA), o qual é coordenado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA) e executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos (COMON) (BAHIA, 2015).

Desde 2007, o programa disponibiliza dados referentes à qualidade das águas dos rios no Estado da Bahia, visando dar suporte à avaliação de mudanças na qualidade ambiental, permitindo a comparação das condições ambientais entre as diferentes bacias hidrográficas e servindo de instrumento à gestão dos recursos hídricos (BAHIA, 2015). Segundo relatórios do MONITORA, as águas no Estado vêm sofrendo fortes pressões antrópicas devido à falta de saneamento básico, como o correto direcionamento e tratamento dos esgotos, à precariedade na coleta de resíduos sólidos e à ocupação irregular do solo.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água de rios localizados em diferentes cidades no Estado da Bahia utilizando dados do MONITORA datados de 2008 a 2015.

METODOLOGIA

Áreas de estudo

Todas as cidades avaliadas na presente pesquisa estão inseridas no Estado da Bahia, conforme Figura 1. A seleção dessas localidades ocorreu a partir dos critérios determinados a seguir.

Inicialmente, selecionaram-se os municípios que apresentavam algum Índice de Atendimento de Rede de Esgoto (IARE), tendo como base os dados encontrados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2016). A etapa seguinte consistiu em verificar a existência de pontos de monitoramento da qualidade da água dos rios, por meio dos dados do MONITORA, próximos a essas localidades.

Posteriormente, selecionaram-se outras cidades, as quais não apresentavam Sistema Público de Esgotamento Sanitário (SES), apenas monitoramento das águas em trechos de rios no meio urbano.

Essas cidades foram denominadas de cidades controle. A justificativa para esse desenho consistiu em avaliar se localidades que não possuem SES apresentam qualidade das águas em trechos de rios no meio urbano similares à das cidades que possuem tais serviços.

Foram selecionadas sete cidades com SES (Iitororó, Itajú do Colônia, Itabuna, Mutuípe, Laje, Jequié e Feira de Santana) e três cidades controle (Itapé, Ubaitaba e Wenceslau Guimarães), por estarem próximas às cidades com SES. As cidades com SES foram agrupadas em quatro diferentes áreas, levando em consideração pontos monitorados no mesmo rio/bacia hidrográfica. O agrupamento das dez cidades é observado no Quadro 1.

A caracterização das bacias pode ser verificada e diagramas unifilares com a localização dos pontos em cada rio podem ser encontrados nos relatórios do MONITORA (BAHIA, 2015) e por meio dos estudos de Batista (2003) e Nacif *et al.* (2003). Com exceção do ponto CON-CON-500 (ponto 7), todos os outros estão no meio urbano.

A população e o uso do solo nos municípios avaliados são apresentados no Quadro 2. O Quadro 3 apresenta a caracterização das áreas adjacentes aos 14 pontos de monitoramento avaliados.

Fontes de dados

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados do SNIS, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do INEMA e do Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário (PEMAPES).

Por meio da Série Histórica e do último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do SNIS, divulgado em 2016, foram obtidos dados relativos aos SESs datados de 2008 a 2015 (BRASIL, 2016). Também foram utilizados dados do PEMAPES (BAHIA, 2010) para a caracterização dos SESs nas cidades da Bahia avaliadas.

A caracterização das áreas avaliadas ocorreu a partir de dados provenientes do IBGE (2010), dos relatórios do MONITORA (BAHIA, 2015) e do PEMAPES (BAHIA, 2010). Foram utilizados ainda dados adquiridos de estudos realizados em algumas das dez cidades selecionadas, como os desenvolvidos por Batista (2003) e Bahia (2001).

A avaliação da qualidade da água dos rios se deu por meio de dados obtidos do MONITORA (BAHIA, 2016). Utilizou-se o registro trimestral realizado pelo INEMA da concentração de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, oxigênio dissolvido (OD) e o Índice de Qualidade da Água (IQA) de 14 pontos monitorados no período compreendido entre 2008 e 2015.

O MONITORA adotou o IQA da água desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2006) com base em nove parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, temperatura, turbidez e sólidos totais. Para este artigo, os valores de coliformes termotolerantes foram convertidos à forma de Log_{10} a fim de se obter uma boa indicação da sua tendência central.

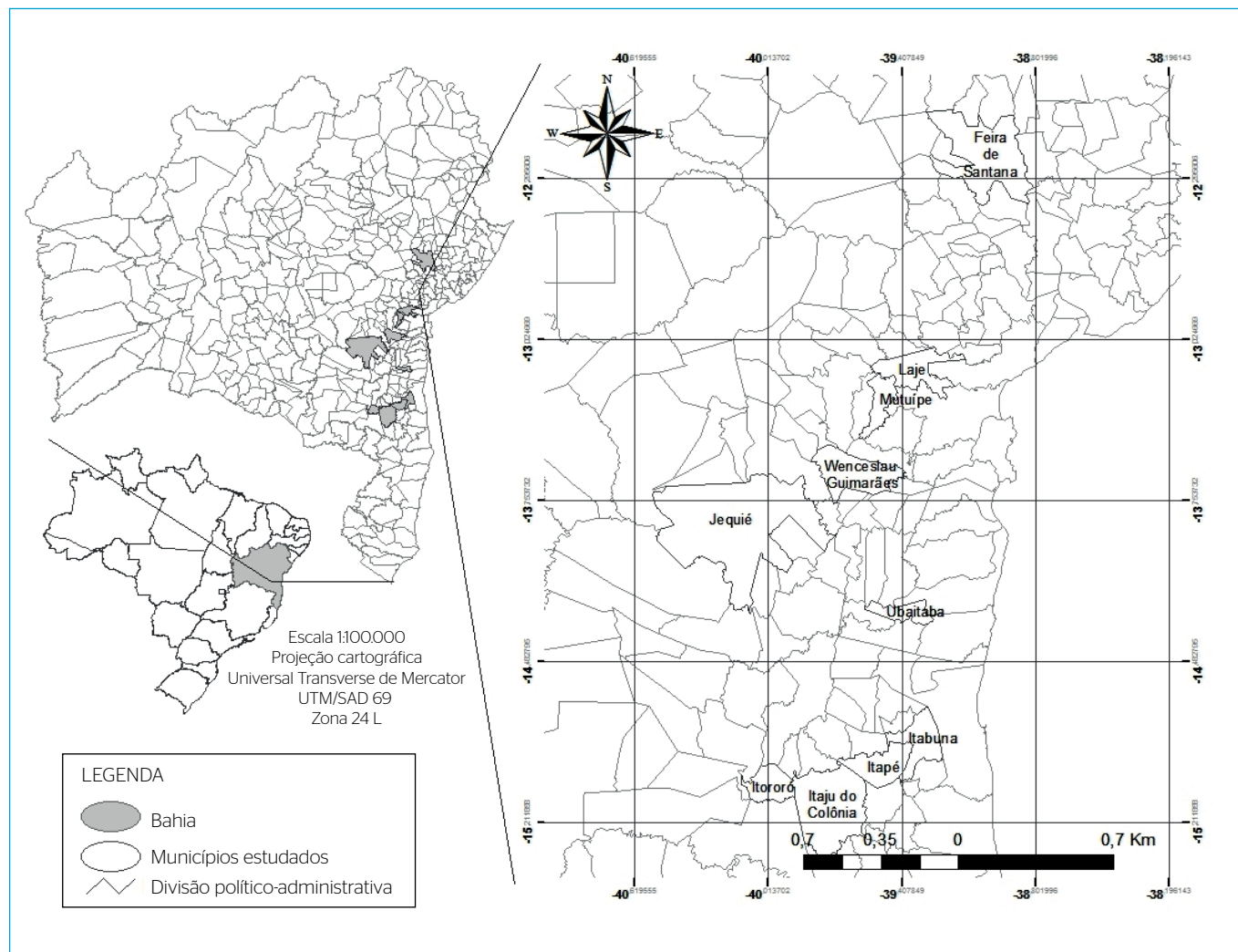


Figura 1 - Localização das cidades avaliadas na pesquisa.

Quadro 1 - Cidades, rios e bacias hidrográficas onde dos pontos de monitoramento selecionados.

Agrupamento	Cidade	Ponto/Código	Rio	Bacia Hidrográfica
Área 1	Itororó	P1/LES-COL-200	Colônia	Rio Cachoeira
	Itajuru do Colônia	P2/LES-COL-300	Colônia	
	Itabuna	P3/LES-RCH-700	Cachoeira	
Área 2	Mutuípe	P4/RCS-JQR-400	Jequiriçá	Rio Jequiriçá
	Laje	P5/RCS-JQR-500	Jequiriçá	
	Laje	P6/RCS-JQR-600	Jequiriçá	
Área 3	Jequié	P7/CON-CON-500	Contas	Rio de Contas
	Jequié	P8/CON-CON-550	Contas	
	Jequié	P9/CON-JQZ-100	Contas	
Área 4	Feira de Santana	P10/PRG-PRN-300	Principal	Paraguaçu
Cidades controle	Ubaitaba	P11/CON-CON-800	Contas	Rio de Contas
	Itapé	P12/LES-RCH-500	Cachoeira	Rio Cachoeira
	Wenceslau Guimarães	P13/RCS-ALM-300	Almas	Recôncavo Sul
	Wenceslau Guimarães	P14/RCS-PRT-400	Preto	Recôncavo Sul

Quadro 2 - População e do uso do solo nos municípios das cidades avaliadas.

Município	População			Uso do solo
	Total (hab.)	Urbana (%)	Rural (%)	
Itapé	10.986	65	35	Está inserido no Ambiente Cacaueiro. É um ambiente cuja principal atividade agrícola é o cultivo de cacau, embora outros tipos de cultivos estejam emergindo.
Itabuna	204.710	98	2	Também está compreendido na região denominada Ambiente Cacaueiro.
Itajú do Colônia	7.278	80	20	O município está localizado na região denominada Ambiente Pastoril. Nesse ambiente predomina a atividade pastoril, sendo uma pecuária de subsistência com baixo nível de manejo.
Itororó	19.911	91	9	Ambiente Pastoril
Wenceslau Guimarães	22.181	34	66	Município com ambiente caracteristicamente rural, com presença de floresta ambrófila densa.
Mutuípe	21.466	45	55	O uso do solo em Mutuípe é dividido em lavouras, pastagens e matas e florestas, com destaque para os dois primeiros.
Laje	22.206	26,1	73,9	Possui características semelhantes à Mutuípe.
Feira de Santana	556.756	91,7	8,3	Segunda maior cidade da Bahia, e 34ª do Brasil, tendo o comércio como principal responsável pelo crescimento econômico.
Jequié	151.921	91,8	8,2	Apresenta uma economia diversificada, abarcando os ramos da agricultura, pecuária, mineração, indústrias do setor petrolífero e empresas voltadas à produção de alimentos, calçados e confecções.
Ubaitaba	20.697	85,1	14,9	O comércio de cacau é a principal fonte econômica desde sua formação até os dias atuais.

Fonte: Bahia (2010; 2001).

Quadro 3 - Características adjacentes aos pontos de monitoramentos avaliados.

Ponto	Características adjacentes ao ponto
P1	Presença de residências. Lançamento de efluentes domésticos e resíduos sólidos (resto de alimento, saco plástico, papelão, etc.).
P2	Residências e atividades comerciais (bares e restaurantes). Criação de equino e resíduos sólidos (saco plástico, garrafa PET, etc.) Foi verificado lançamento de efluentes domésticos
P3	Residências e comércios. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos nas margens do rio, a jusante e a montante do ponto de Monitoramento.
P4	Há residências, atividades comerciais. Atividades agrícolas A mata ciliar apresenta poucas espécies herbáceas e arbustivas. Lançamento de esgoto.
P5	Residências, agricultura familiar com cultivo de banana e coco e áreas de pasto com criação de bovinos. Lançamento de esgoto.
P6	Mata ciliar apresentou-se degradada. Pasto com criação de bovinos e ovinos. Existência de residências, comércio de artesanato e um lava-rápido.
P7	Mata ciliar preservada nas margens do rio. Criação de equinos nas proximidades do ponto de coleta.
P8	Mata ciliar degradada. Agricultura familiar com o cultivo de banana. Lançamento de efluentes sanitários e de rede pluvial. Criação de bovinos e equinos, presença de resíduos sólidos.
P9	Águas com aspecto turvo e cor verde. Presença de espuma no leito do rio. Odor desagradável e mosquitos na localidade, bem como material flutuante e resíduos sólidos em suspensão no leito do rio.
P10	Odor característico de esgoto e quantidade significativa de espuma a jusante do ponto de coleta. Nas margens e no leito do rio observou-se presença de resíduos sólidos, tais como: papel, dejetos de animais, plástico e podas de árvores. Lançamento de esgoto
P11	Criação de bovinos e granjeiros, bem como, agricultura familiar com plantio de banana e milho. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento prévio, a jusante do ponto de coleta.
P12	Atividade agropecuária e equinocultura. Existência de estabelecimentos residenciais e comerciais no entorno do ponto de monitoramento e plantio de coco.
P13	Residências, agricultura familiar com plantio de coco, banana e hortaliças e estabelecimentos comerciais nas proximidades. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos no rio.
P14	Residências, agricultura familiar com plantio de banana e estabelecimentos comerciais. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos nas margens do rio,

Análise de dados

Inicialmente, os dados dos quatro parâmetros analisados e do IQA foram submetidos a uma análise descritiva (cálculos da média, mediana e desvio padrão), conforme Anexo 1.

Em seguida, cada variável foi submetida ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a partir do qual verificou-se que nenhuma das variáveis possui distribuição normal de probabilidade. Com isso, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para a comparação dos 14 grupos (pontos) estudados (Tabela 1).

Os resultados para a comparação dos 4 parâmetros avaliados e do IQA dos 14 pontos estão representados (dois a dois) graficamente (Figuras 2 a 6). Para a indicação da diferença entre dois pontos, foram colocadas letras do alfabeto: grupos seguidos de letras iguais não diferiram significativamente; grupos seguidos de letras diferentes apresentaram diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis para um nível de significância de 5%.

Os resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total e OD foram comparados aos padrões brasileiros de qualidade para águas doces (Classe 2), conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. A discussão dos resultados foi realizada com base no referencial teórico bem como em normas e padrões de controle ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados das concentrações de coliformes termotolerantes dos 14 pontos monitorados nos trechos dos rios das 10 cidades selecionadas.

Verifica-se que as águas monitoradas nos trechos do Rio Colônia apresentam valores de coliformes termotolerantes em dissonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005, considerando os pontos 1 e 2, pertencentes às cidades de Itororó e Itajú do Colônia, respectivamente (Figura 2). Nessas cidades há SES, conforme dados do SNIS (BRASIL, 2016).

Ainda de acordo com a Figura 2, constata-se que, entre os dois locais monitorados no Rio Colônia, o ponto 1 apresenta águas com concentrações de coliformes termotolerantes superiores às das cidades sem SES.

É provável que tal resultado esteja relacionado ao fato de a cidade de Itororó (ponto 1) gerar maiores volumes de esgotos que a maior parte das cidades controle (pontos 11, 12, 13 e 14) (BAHIA, 2010) e por não tratar os esgotos coletados (BRASIL, 2016). A mesma situação parece ocorrer nas cidades de Itabuna (ponto 3) e Feira de Santana (ponto 10),

que geram maiores volumes de esgotos que as cidades controle e não tratam os efluentes em sua totalidade (BAHIA, 2010; BRASIL, 2016).

Rodrigues *et al.* (2016) realizaram um estudo com o objetivo de diagnosticar as principais degradações ambientais sofridas pelo Rio Colônia no trecho urbano do município de Itororó, Bahia. Corroborando os resultados do presente estudo, os autores constataram que o maior agente impactante do Rio Colônia no trecho avaliado foram os esgotos domésticos, em razão de serem despejados no rio sem tratamento.

Com relação ao Rio Jequiriçá, nota-se que entre os 3 pontos monitorados nesse rio (pontos 4, 5 e 6), inseridos em cidades com SES, apenas os da cidade de Laje (pontos 5 e 6) apresentam concentrações de coliformes termotolerantes em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005. O alto percentual (73,9%) de população residente na zona rural do município de Laje (BRASIL, 2016) sugere baixa geração de esgoto no perímetro urbano, explicando as baixas concentrações de coliformes termotolerantes nos pontos 5 e 6 (Figura 2).

No Rio de Contas, verifica-se aumento da concentração de coliformes termotolerantes do ponto 7 ao 9, monitorados na cidade de Jequié (Figura 2). Tal resultado sugere que, ao chegar à cidade, o rio esteja recebendo esgotos domésticos, tendo em vista que o ponto 7, a montante, apresenta menores concentrações de coliformes termotolerantes que os pontos 8 e 9, monitorados na zona urbana do município de Jequié.

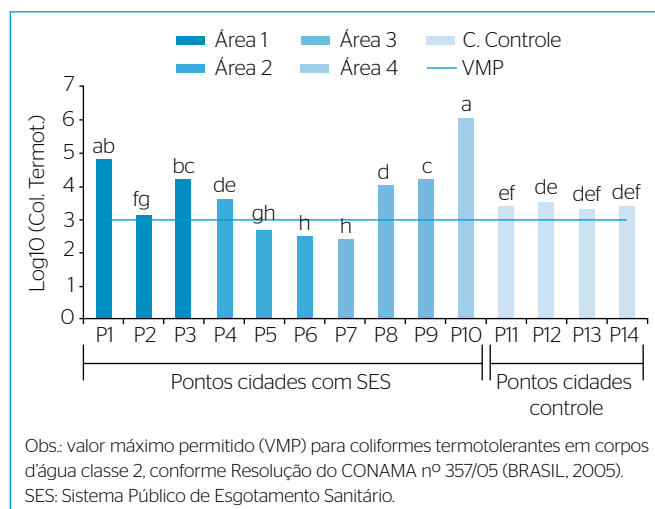


Figura 2 - Valores das medianas do parâmetro coliformes termotolerantes nos pontos avaliados, no período de 2008 a 2015.

Tabela 1 - Valor p dos testes Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis do conjunto de 14 pontos referente aos parâmetros analisados e ao Índice de Qualidade da Água.

Teste	Col. Termot.	DBO	OD	P Total	N Total	IQA
S.W.	$1,96 \times 10^{-7}$	$<2,2 \times 10^{-16}$	$1,07 \times 10^{-11}$	$<2,20 \times 10^{-16}$	$<2,20 \times 10^{-16}$	$3,28 \times 10^{-9}$
K.W.	$<2,20 \times 10^{-16}$	$<2,2 \times 10^{-16}$	$2,98 \times 10^{-9}$	$<2,20 \times 10^{-16}$	$<2,20 \times 10^{-16}$	$<2,20 \times 10^{-16}$

S.W: teste Shapiro-Wilk; K.W: teste Kruskal-Wallis; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; OD: oxigênio dissolvido; IQA: Índice de Qualidade da Água.

Fernandes, Rego e Oliveira (2015) avaliaram a qualidade da água do Rio das Contas, no perímetro urbano do município de Jequié, Bahia. Assim como observado no presente estudo (Figura 2), os autores constataram que as concentrações de coliformes na cidade excederam o limite máximo determinado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em razão do lançamento de esgotos *in natura* no rio.

Outros estudos realizados no Estado da Bahia que também apresentam altas concentrações de coliformes foram desenvolvidos por Cunha *et al.* (2010) no Rio Itanhém, na cidade de Teixeira de Freitas, e por Moraes *et al.* (2012) na cidade de Salvador. Nesses estudos, as altas concentrações de coliformes também foram atribuídas ao despejo de esgotos diretamente nos rios.

No âmbito nacional, Cunha *et al.* (2004) encontraram elevado número de coliformes termotolerantes provenientes de esgotos domésticos em amostras de rios de áreas urbanas e periurbanas no Baixo Amazonas. Por sua vez, Haberland *et al.* (2012), ao analisarem a influência antrópica na qualidade da água do trecho urbano do Rio das Antas, na cidade de Irati, Paraná, verificaram que em todos os oito pontos monitorados os valores de coliformes termotolerantes excederam o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, devido à ocorrência de lançamento de efluentes domésticos em todo o trecho do rio.

Os resultados das concentrações dos parâmetros DBO e OD são apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

De acordo com a Figura 3, nota-se que os maiores valores de DBO ocorreram nas cidades de Itororó (ponto 1), Itabuna (ponto 3), Jequié (ponto 9) e Feira de Santana (ponto 10), em cujas localidades existe SES (BRASIL, 2016).

Entre as cidades selecionadas para este estudo, Itororó, Itabuna, Jequié e Feira de Santana são as que possuem maior número de habitantes no meio urbano (IBGE, 2010). Tal fato sugere maior geração

de esgotos nesses municípios, o que, somado com a não universalização dos SESs (BRASIL, 2016), pode explicar as altas concentrações de DBO nos pontos 1, 3, 9 e 10 (Figura 3).

Souza e Gastaldini (2014) avaliaram a qualidade da água em quatro sub-bacias do Rio Vacacaí-Mirim, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, com diferentes usos e ocupação do solo diversificada. Ao final do estudo, as autoras concluíram que a Bacia Hidrográfica Alto da Colina, de maior número de habitantes, apresentou as maiores concentrações de DBO₅ devido, principalmente, ao descarte de efluente doméstico *in natura*, o que reforça os resultados da presente pesquisa.

No que tange ao parâmetro OD, observa-se que os menores valores foram notados nos mesmos locais em que ocorreram as maiores concentrações de DBO (pontos 1, 3, 9 e 10). Dessa forma, os resultados encontrados nas Figuras 3 e 4 apontam uma relação inversamente proporcional entre o OD e a DBO, explicada pelo fato de que, à medida que aumenta as taxas de DBO, maior é a redução dos níveis de oxigênio presente no meio para estabilização da matéria orgânica (LATUF, 2004).

Ainda de acordo com as Figuras 3 e 4, constata-se que todos os pontos das cidades controle (11, 12, 13 e 14) apresentaram concentrações de DBO e OD em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005. A explicação para esse resultado pode estar associada à menor população nessas cidades, em comparação às cidades com SES (IBGE, 2010).

Lucio, Santos e Silva (2012) encontraram taxa de OD igual a 4,1±2,3 mg.L⁻¹ no Rio Cachoeira, na cidade de Itabuna, a mesma do ponto 3. Nesse ponto, a concentração de OD foi 3,6 mg.L⁻¹ (Figura 4), valor bastante próximo aos descritos pelos autores supracitados.

Os mesmos pesquisadores encontraram concentração de OD igual a 7,7±1,3 mg.L⁻¹, também no Rio Cachoeira, porém na cidade de Itapé. Esse valor é semelhante ao do ponto 12, monitorado na cidade de Itapé, onde a concentração de OD foi de 7,4 mg.L⁻¹ (Figura 4).

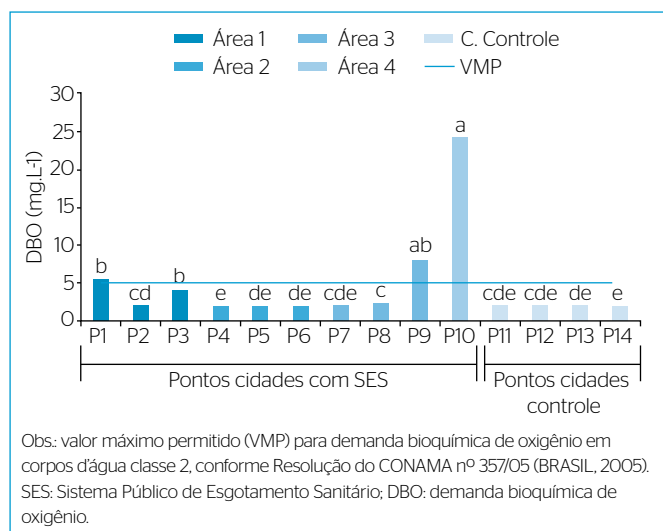


Figura 3 - Valores das medianas do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio nos pontos avaliados, no período de 2008 a 2015.

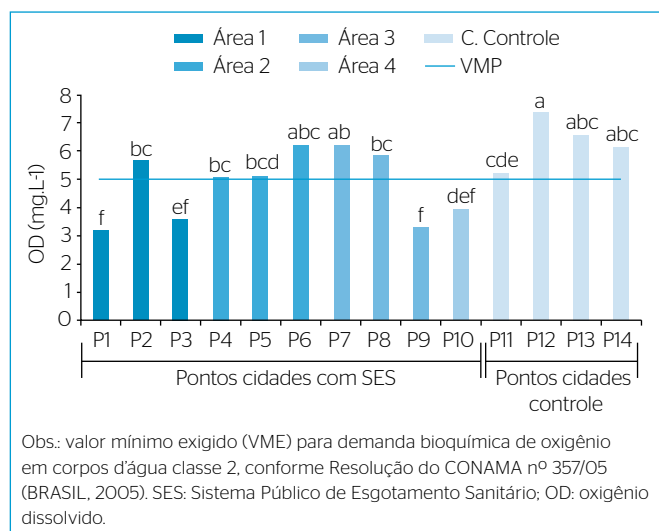


Figura 4 - Valores das medianas do parâmetro oxigênio dissolvido nos pontos avaliados, no período de 2008 a 2015.

As elevadas concentrações de OD nessa cidade podem ser decorrentes do baixo número de habitantes (10.986) e do fato de 35% do total da população viver na zona rural (IBGE, 2010).

A Figura 5 apresenta as concentrações do parâmetro fósforo total.

Constata-se que os pontos 1, 3, 9, e 10, inseridos nas cidades de Itororó, Itabuna, Jequié e Feira de Santana, respectivamente, foram os que apresentam concentrações de fósforo total superiores ao determinado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, considerando os 10 pontos monitorados nas cidades com SES (Figura 5).

A descarga de esgotos domésticos contendo detergentes, bem como a própria matéria fecal, deve ter sido a principal fonte de contaminação de fósforo nas águas monitoradas nesses quatro pontos.

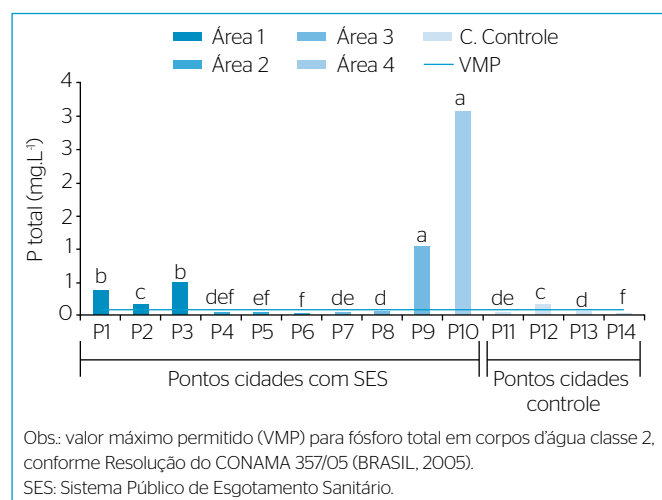


Figura 5 - Valores das medianas do parâmetro fósforo total nos pontos avaliados, no período de 2008 a 2015.

Para Lucio, Santos e Silva (2012), o despejo impróprio de esgotos domésticos e os diferentes cultivos ao longo da bacia do Rio Cachoeira (cultivo de cacau e pastagem) são os principais fatores que influenciam na distribuição dos nutrientes (N e P) no Rio Cachoeira. Tais fatos podem explicar as concentrações de fósforo total superiores ao estabelecido pela legislação vigente nos pontos 3 e 12 (Figura 5), ambos monitorados no Rio Cachoeira.

A Figura 6 apresenta os resultados dos valores dos IQAs referentes aos 14 pontos monitorados nas cidades selecionadas.

Verifica-se que os resultados de IQA seguiram basicamente a mesma tendência dos encontrados para os quatro parâmetros avaliados (Figuras 2 a 5). Desse modo, os valores mais críticos ocorreram nos pontos 1, 3, 9 e 10 (Figura 6), nos quais os valores de IQA foram 40, 37, 32 e 25, respectivamente, sendo sua água classificada como “regular”, “regular”, “ruim” e “ruim”, nessa ordem.

Os quatro pontos supracitados estão inseridos nas cidades de Itororó, Itabuna, Jequié e Feira de Santana, onde se nota elevados percentuais de população atendida com rede de esgoto (IARE) no meio urbano entre as cidades avaliadas (BRASIL, 2016). Os percentuais de IARE no meio urbano nas cidades de Itororó, Itabuna e Jequié estão acima da média nacional — 57,6% — e a da Região Sudeste — 83,3% (BRASIL, 2016), considerada a mais elevada no que tange ao índice de atendimento de rede de esgoto no meio urbano no país.

Contudo, os resultados de IQA (Figura 6) revelaram que as águas não necessariamente apresentaram melhor qualidade nessas três localidades, denotando que o percentual de população atendida com rede de esgoto (IARE) não é o parâmetro mais recomendado para indicar a qualidade das águas dos rios, considerando o universo estudado.

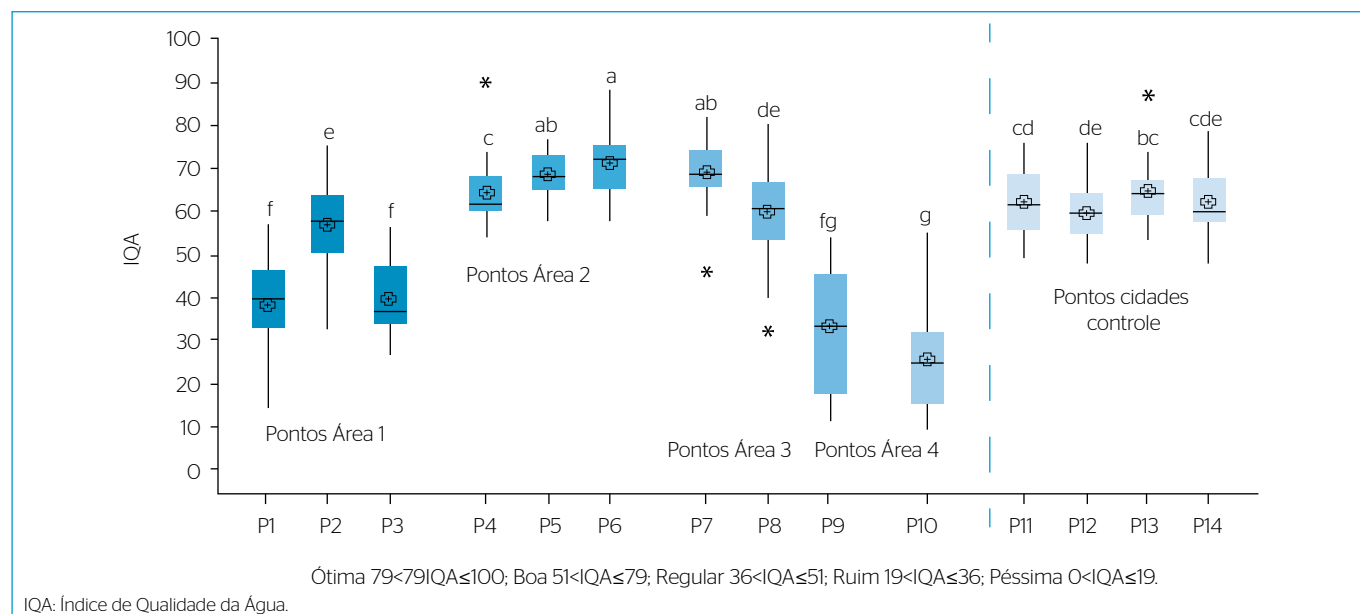


Figura 6 - Valores das medianas do Índice de Qualidade da Água nos pontos avaliados, no período de 2008 a 2015.

Os menores valores de IQA foram notados nas cidades que apresentam maior número de pessoas (Itororó, Itabuna, Jequié e Feira de Santana) (BRASIL, 2016), provavelmente por gerarem maiores volumes de esgotos potencialmente lançados nos rios. Os resultados evidenciam a importância da universalização e da efetivação dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto, o que inclui a redução de ligações irregulares, a fim de garantir a proteção dos recursos hídricos.

Rocha *et al.* (2010) encontraram valor de IQA igual a 52 na cidade de Mutuípe, cuja água é considerada como “boa”. A mesma classificação foi encontrada no ponto 4, também monitorado na cidade de Mutuípe, com valor de IQA igual a 62 (Figura 6). Os mesmos autores reportam ainda terem encontrado valor de IQA igual a 62 na cidade de Laje, a qual tem a mesma classificação dos pontos 5 e 6, igualmente monitorados na cidade de Laje, com valores de IQA iguais a 68 e 72, respectivamente (Figura 6), sendo em ambos os casos a água considerada como “boa”.

Por fim, ao comparar os resultados de IQA das cidades com SES com os das cidades controle, nota-se que as últimas tiveram os maiores valores de IQA (Figura 6). Uma possível explicação seria a menor população nas cidades controle e o fato de esses habitantes fazerem uso de soluções individuais (fossas e infiltração) para a destinação final dos esgotos, de modo que tais contribuições não atingem as águas dos rios, conforme informações do PEMPAES (BAHIA, 2010).

CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento da presente pesquisa foi avaliada a qualidade das águas em trechos de rios de dez cidades do Estado da Bahia. Foram utilizados dados de monitoramento da qualidade da água dos anos de 2008 a 2015 e dados de SESs de 2008 a 2014.

No total, foram monitorados 14 pontos (10 pontos em 7 cidades com SES e 4 pontos em 3 cidades sem SES, sendo estas denominadas

de cidades controle). Os parâmetros para avaliar a qualidade da água foram coliformes termotolerantes, DBO, OD e fósforo total e o IQA.

Constatou-se que as cidades de Feira de Santana, Itabuna, Jequié e Itororó, as quais possuem SES, foram as que notadamente apresentaram o maior percentual de pontos com águas em dissonância com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os quatro parâmetros avaliados.

Os menores valores de IQA também foram notados nas cidades de Feira de Santana, Itabuna, Jequié e Itororó, embora elas possuam os maiores percentuais de população atendida com rede de esgoto no meio urbano, considerando o universo avaliado. É provável que tal resultado esteja relacionado com o fato de essas cidades apresentarem maior número de habitantes e, portanto, gerarem maiores volumes de esgotos potencialmente lançados nos rios, quando comparadas com as cidades sem SES.

A universalização e a efetividade dos SES, que inclui a coleta e o tratamento de todo o esgoto gerado e a fiscalização de ligações irregulares, poderiam contribuir para a melhoria da qualidade das águas dos rios, uma vez que o lançamento de esgoto foi considerado a principal causa para a degradação dos corpos d'água avaliados.

A partir da adoção dessas medidas seria possível reduzir as concentrações de coliformes termotolerantes de modo a minimizar a exposição da população a doenças relacionadas à água, diminuir as concentrações de DBO, propiciando maior taxa de OD na água para sobrevivência da ictiofauna; por conseguinte, seria possível a manutenção das atividades de pesca (que podem ser fonte de renda e/ou subsistência da população local) e a redução das concentrações de fósforo na água, evitando o aceleramento da eutrofização com reflexos positivos nas atividades recreativas e de navegabilidade.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Amazonas pela concessão de bolsa de mestrado. À Tatiana Cristina Santos de Castro pela contribuição na confecção do mapa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Avaliação de qualidade: introdução*. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

BAHIA. (2010) *Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário*. Bloco I. Bahia: Governo do Estado da Bahia/Secretaria de Desenvolvimento Urbano. v. 8. Disponível em: <<http://www.sedur.ba.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

_____. Governo do Estado. (2001). *Caracterização do Meio Físico*. Programa de Recuperação das Bacias dos Rios Cachoeira

e Almada. Ilhéus: Superintendência de Recursos Hídricos/ Universidade Estadual de Santa Cruz. v. 1, tomo I, 76 p.

_____. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). Disponível em: <<http://monitora.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

_____. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). *Relatórios do Monitora*. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

- BATISTA, M.A.N. (2003) *Estudo de caso: JIQUIRIÇÁ - Gestão Participativa dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Jiquiriçá; os 25 Municípios da bacia do Jiquiriçá-BA. Supervisão de Marlene Fernandes. Coordenação de Carlos Alberto Silva Arruda. Rio de Janeiro: IBAM/CAIXA.*
- BOLLMANN, H.A.; EDWIGES, T. (2008) Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba -PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 443-452. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000400013>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2005) *Resolução nº 357, de 17 de março de janeiro de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabeleceu diretrizes ambientais para o enquadramento. Brasil: CONAMA.
- _____. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Série histórica*. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- BU, H.; TAN, X.; LI, S.; ZHANG, Q. (2010) Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 73, n. 5, p. 907-913. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.11.007>
- BUZELLI, G.M.; CUNHA-SANTINO, M.B. (2013) Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água*, v. 8, n. 1, p. 186-205. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). (2006) *Série Relatórios, Anexo V - Índices de Qualidade das Águas - Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.
- CUNHA, A.C.; CUNHA, H.F.A.; BRASIL JÚNIOR, A.C.P.; DANIEL, L.A.; SCHULZ, H.E. (2004) Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no Baixo Amazonas: o caso de Amapá. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 322-328. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522004000400009>
- CUNHA, A.H.; TARTLER, N.; SANTOS, R.B.; FORTUNA, J.L. (2010) Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas-BA. *Revista Biociências*, v. 16, p. 86-93.
- FERNANDES, E.S.; REGO, N.C.; OLIVEIRA, R.M. (2015) A degradação do rio de Contas na zona urbana da cidade de Jequié - BA. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2., 2015, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: UFCG.
- FIA, R.; TADEU, H.C.; MENEZES, J.P.C.; FIA, F.R.L.; OLIVEIRA, L.F.C. (2015) Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 1, p. 267-275. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>
- FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M.D.A.; CEMIN, G. (2009) *Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas*. Caxias do Sul: Ed. Educ. 272 p.
- HABERLAND, N.T.; SILVA, F.C.B.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; VIDAL, C.M.S.; CAVALLIN, G.S. (2012) Análise da influência antrópica na qualidade da água do trecho urbano do Rio das Antas na cidade de Irati, Paraná. *Revista Tecnológica*, v. 21, p. 53-67. <http://dx.doi.org/10.4025/revtecnol.v21i1.15978>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010) *Censo 2010*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_bahia.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2014.
- KAY, P.; HGHES, S.R.; AULT, J.R.; ASHCROFT, A.E.; BROWN, L.E. (2017) Widespread, routine occurrence of pharmaceuticals in sewage effluent, combined sewer overflows and receiving waters. *Environmental Pollution*, v. 220, p. 1447-1455. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.087>
- LATUF, M.O. (2004) Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora - MG. *Geografia*, v. 13, n. 1, p. 21-55. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2004v13n1p21>
- LUCIO, M.Z.T.P.Q.; SANTOS, S.S.; SILVA, D.M.L. (2012) Hydrochemistry of Cachoeira River (Bahia State, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 24, n. 2, p. 181-192. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000037>
- MAGALHÃES, T. (1995) Perigo de morte (ou risco de vida). *Bio*, v. 7, n. 7, p. 4-9.
- MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. (2002) Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista Saúde Pública*, v. 36, n. 3, p. 370-374. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>
- MORAES, L.R.S.; ÁLVARES, M.L.P.; SANTOS, F.P.; COSTA, N. (2012) Saneamento e Qualidade das Águas dos Rios em Salvador, 2007-2009. *Revista Interdisciplinar de Gestão Social*, v. 1, n. 1, p. 47-60. <http://dx.doi.org/10.9771/23172428rigs.v1i1.12067>
- NACIF, P.G.S.; COSTA, L.M.; SAADI, A.; FERNANDES FILHO, E.I.; KER, J.C.; COSTA, O.V.; MOREAU, M.S. (2003) *Ambientes naturais da bacia hidrográfica do rio Cachoeira*. Cruz das Almas, Brasil.
- OLIVEIRA, B.O.S.; TUCCI, C.A.F.; NEVES JÚNIOR, A.F.; SANTOS, A.A. (2016) Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 3, p. 593-601. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016133274>
- ORTEGA, D.J.P.; CARVALHO, S.L. (2013) Avaliação dos efeitos das atividades antropóficas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Ipê - SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 3, p. 97-108.
- PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. (2000) Recursos Hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 3, p. 465-473. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000300025>
- RIGOTTI, J.A.; POMPÉO, C.A. (2011) Assessment of urban stream condition: case study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 12., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABRH/IWA.

ROCHA, J.L.S.; REGO, N.A.C.; SANTOS, J.W.B.; OLIVEIRA, R.M.; MENEZES, M. (2010) Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão da bacia hidrográfica do Rio Jiquiriçá, BA, Brasil. *Ambiente e Água*, v. 5, n. 1, p. 89-101.

RODRIGUES, I.S.; MACIEL, C.M.R.R.; MACIEL JÚNIOR, A.; DINIZ, A.A.; MACIEL, F.S.S. (2016) Degradações ambientais no Rio Colônia no trecho urbano do município de Iitororó, Bahia. *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, p. 1174-1188.

ROTHWELL, J.J.; DISE, N.B.; TAYLOR, K.G.; ALLOTT, T.E.H.; SCHOLEFIELD, P.; DAVIES, H.; NEAL, C. (2010) A spatial and seasonal assessment of river water chemistry across. *Science of the Total Environment*, v. 408, p. 841-855. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.041>

SCHNEIDER, R.M.; FREIRE, R.F.; COSSICH, E.S.; SOARES, P.F.; FREITAS, F.H.; TAVARES, C.R.G. (2011) Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. *Acta Scientiarum Technology*, v. 33, n. 3, p. 295-303. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i3.8385>

SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.R.; SONODA, S.L.; SANTOS, H.C.R. (2014) a importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *Revista Eletrônica do Prodepa*, v. 8, n. 1, p. 26-45.

SOUZA, M.M.; GASTALDINI, M.C.C. (2014) Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 263-274. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>

STROBL, R.O.; ROBILLARD, P.D. (2008) Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: a review. *Journal of Environmental Management*, v. 87, n. 4, p. 639-648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.001>

TUNDISI, J.G. (2003) *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Ed: Rima. 247 p.

WENGRAT, S.; BICUDO, D.C. (2011) Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 23, n. 2, p. 200-216. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2011000200010>

Anexo 1 – Análise descritiva dos parâmetros avaliados e do Índice de Qualidade da Água.

Parâmetro	Medida descritiva	Ponto													
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
Coliformes termot.	Média	5,01	3,15	4,31	3,53	2,85	2,66	2,36	3,74	4,72	5,63	3,27	3,53	3,32	3,38
	Mediana	4,81	3,11	4,20	3,64	2,68	2,52	2,40	4,07	4,20	6,07	3,4	3,58	3,34	3,38
	D. Padrão	0,95	0,71	0,61	0,61	0,55	0,53	0,84	0,61	1,48	0,97	0,66	0,57	0,87	0,70
Demanda bioq. de oxigênio	Média	9,59	4,07	7,29	1,84	1,96	2,28	2,02	2,62	52,10	32,29	2,11	2,11	2,27	1,77
	Mediana	5,50	2,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,25	8,00	24,30	2,00	2,00	2,00	2,00
	D. Padrão	11,94	5,18	6,77	0,69	0,65	1,97	0,58	1,09	82,82	23,84	0,72	0,91	1,45	0,38
Oxigênio dissolvido	Média	3,44	5,39	3,79	5,82	5,44	6,23	7,19	5,89	3,64	4,75	5,33	7,28	6,56	6,11
	Mediana	3,20	5,70	3,60	5,10	5,10	6,20	6,20	5,85	3,30	3,95	5,22	7,40	6,60	6,15
	D. Padrão	2,53	2,86	2,46	1,54	1,90	1,46	3,26	2,63	3,43	5,11	2,17	1,69	1,88	1,50
Fósforo total	Média	0,56	0,21	0,48	0,04	0,03	0,03	0,08	0,08	1,96	3,41	0,06	0,19	0,05	0,03
	Mediana	0,40	0,16	0,48	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	1,04	3,09	0,04	0,16	0,05	0,03
	D. Padrão	0,58	0,19	0,34	0,03	0,01	0,02	0,09	0,09	2,17	1,88	0,06	0,17	0,02	0,01
IQA	Média	39	56	40	65	68	71	68	57	32	26	62	59	65	63
	Mediana	40	58	37	62	68	72	69	59	32	25	61	59	65	61
	D. Padrão	11,47	10,54	8,95	8,15	5,62	7,34	7,71	11,19	13,63	12,42	8,31	5,92	7,70	7,35

IQA: Índice de Qualidade da Água.

