



INTER
FACES
CIENTÍFICAS

SAÚDE E AMBIENTE

ISSN IMPRESSO 2316-3313

E - ISSN 2316-3798

DOI - 10.17564/2316-3798.2018v6n3p63-74

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PITANGA, SÃO CRISTÓVÃO-SE

EVALUATION OF THE WATER QUALITY FROM PITANGA RIVER, SÃO CRISTÓVÃO/SE

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITANGA, SÃO CRISTÓVÃO/SE

Arthur Rodrigues de Sena e Silva¹
Silvanito Alves Barbosa³
Maylin do Nascimento Santos⁵

Adriane Machado²
Luam de Oliveira Santos⁴

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar a qualidade da água do rio Pitanga, visando detectar as principais fontes poluidoras a fim de sugerir soluções, projetos e ações que visem a tomada de decisões para mitigar os impactos ambientais nos municípios de Aracaju e São Cristóvão em Sergipe. Foram determinados 4 pontos de coleta para o monitoramento da qualidade da água. Os resultados das análises microbiológica, parâmetros físico-químicos e de metais pesados das amostras de água coletadas, indicaram valores acima dos limites estabelecidos pela legislação para os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, pH, condutividade elétrica, acidez carbônica e para os metais

pesados cádmio e cobre. Os valores obtidos para as amostras, por meio dos ensaios de laboratório, foram interpretados em função dos limites individuais de aceitação para cada substância, de acordo com os padrões de qualidade das águas estabelecidos pela legislação brasileira. Os resultados encontrados para as concentrações de coliformes termotolerantes e de metais pesados como cádmio e cobre foram preocupantes por passarem de maneira considerável dos limites estabelecidos, indicando uma água imprópria para o consumo. A avaliação de variáveis biológicas, físicas e químicas da água do rio Pitanga, permitiu estabelecer as condições ambientais da área de estudo e indicar a influência antrópica nos

impactos ocasionados no rio. Os resultados obtidos neste trabalho podem ser utilizados como fontes de dados primários, para promover o planejamento e gestão ambiental local e regional.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade da Água. Metais Pesados. Coliformes Termotolerantes.

ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the water quality of the Pitanga River, in order to detect the main sources of pollution, aiming to suggest solutions, projects and actions aimed at mitigating environmental impacts in the municipalities of Aracaju and São Cristóvão in Sergipe. Four collection points were determined for the monitoring of water quality. The results of the microbiological, physical-chemical and heavy metal parameters of the collected water samples indicated values above the limits established by the legislation for the following parameters: thermotolerant coliforms, pH, electrical conductivity, carbonic acidity and for heavy metals cadmium and copper. The values obtained for the samples, through the laboratory tests, were interpreted according to the individual limits of acceptance for each substance, according to the water quality standards established by

the Brazilian legislation. The results found for the concentrations of thermotolerant coliforms and heavy metals such as cadmium and copper were worrisome due to the fact that they had passed the established limits, indicating an unfit for drinking water. The evaluation of the biological, physical and chemical variables of the water of the Pitanga River allowed to establish the environmental conditions of the study area and to indicate the anthropic influence in the impacts caused in the river. The results obtained in this work can be used as primary data sources to promote local and regional environmental planning and management.

KEYWORDS

Water quality, Heavy metals, Thermotolerant coliforms.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como principal objetivo analizar la calidad del agua del río Pitanga, buscando detectar las principales fuentes contaminantes a fin de sugerir soluciones, proyectos y acciones que apunten a la toma de decisiones para mitigar los impactos ambientales en los municipios de Aracaju y São Cristóvão, Sergipe. Se determinaron 4 puntos de recolección para el monitoreo de la calidad del

agua. Los resultados de los análisis microbiológicos, parámetros físico-químicos y de metales pesados de las muestras de agua recogidas, indicaron valores por encima de los límites establecidos por la legislación para los siguientes parámetros: coliformes termorresistentes, pH, conductividad eléctrica, acidez carbónica y para los metales pesados cadmio y metales pesados de cobre. Los valores obtenidos

para las muestras, a través de los ensayos de laboratorio, fueron interpretados en función de los límites individuales de aceptación para cada sustancia, de acuerdo con los estándares de calidad de las aguas establecidos por la legislación brasileña. Los resultados encontrados para las concentraciones de coliformes termorresistentes y de metales pesados como el cadmio y el cobre fueron preocupantes por pasar de manera considerable de los límites establecidos, indicando un agua impropia para el consumo. La evaluación de variables biológicas, físicas y químicas del agua del río Pitanga, permitió establecer

las condiciones ambientales del área de estudio, e indicar la influencia antrópica en los impactos ocasionados en el río. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser utilizados como fuentes de datos primarios, para promover la planificación y gestión ambiental local y regional.

PALABRAS CLAVE

Calidad del agua, Metales pesados, Coliformes termotolerantes.

1. INTRODUÇÃO

A água é uma necessidade primordial para a vida, um recurso natural indispensável ao ser humano, aos demais seres vivos e um suporte essencial aos ecossistemas. Este recurso natural é utilizado para o consumo humano e para as atividades socioeconômicas, sendo retirado de rios, lagos, represas e aquíferos e tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento das populações (SOUZA; PERRONE, 2000).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e países membros, “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. Segura, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que a quantidade seja suficiente para atender todas as necessidades domésticas, que esteja disponível continuamente e que tenha custo acessível (OPAS, 2009). No sentido de atender a este padrão, a água de abastecimento deve apresentar limites para diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que são definidos pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

As doenças de veiculação hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral.

Os microrganismos são excretados junto com as fezes de indivíduos infectados e ingeridos por meio da água contaminada com material fecal (NIKAIDO *et al.*, 2004).

A detecção de agentes patogênicos na água é extremamente difícil, devido às baixas concentrações dos mesmos. Na verificação de uma possível contaminação, consideram-se a presença de organismos indicadores, como as bactérias do grupo coliformes. Este grupo reúne vários microrganismos indicadores, que habitam não só o solo e a água, mas também o trato intestinal de humanos e animais de sangue quente.

A presença de metais pesados e outras substâncias inorgânicas tóxicas são atribuídas aos processos naturais, como o intemperismo das rochas e o carreamento de solos e aos processos artificiais, os quais se relacionam aos resíduos das atividades antropogênicas.

Segundo Calmano (1996), devemos considerar, também, que a contaminação por metais pesados pode ocorrer por fontes difusas, como aquelas originadas pela atmosfera, deposições sólidas e lixiviação do solo, particularmente em áreas agrícolas e fontes pontuais, caracterizadas principalmente pelas emissões de efluentes industriais, esgotos domésticos, depósitos de lixo e despejos de mineração. Entre os dois processos, os naturais, dependendo da magnitude e

frequência, são mais assimiláveis pelos ecossistemas, pois ocorrem de forma gradual, enquanto os antropogênicos ocorrem em concentrações e duração, que não permitem a assimilação pelos ecossistemas, sendo iguais aos primeiros, cumulativos no sistema.

Apesar de alguns metais serem essenciais aos seres vivos, como magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, molibdênio e boro, atuando em diversos processos fisiológicos, ainda que em baixas concentrações, em altas concentrações podem ser tóxicos. O mercúrio, chumbo, cádmio, cromo e níquel, como mencionado por Esteves (1988), não têm função biológica conhecida e comumente apresentam toxicidade aos organismos e podem provocar inúmeras doenças e causar até a morte, se introduzidos em concentrações elevadas.

O presente trabalho contempla a coleta de amostras de água do rio Pitanga (SE), para verificar a qualidade da água por meio da realização de análise microbiológica, quantificando os coliformes termotolerantes, análises físico-químicas e quantificação de alguns metais pesados, com objetivo de identificar fontes de poluição e assim sugerir soluções, projetos e ações que visem a tomada de decisões para mitigar os impactos ambientais nos municípios de Aracaju e São Cristóvão em Sergipe.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A nascente principal do rio Pitanga é caracterizada como pontual e está situada em área de mata fechada e com relevo fortemente inclinado a noroeste do Município de São Cristóvão, Sergipe. Apresenta um fluxo de água perene e um estado de conservação considerado perturbado, devido à presença de vegetação em um raio mínimo de 50m em seu entorno, porém, um bom estado de preservação (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007).

Os rios Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Pitanga formam a sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, que pertence à ba-

cia hidrográfica do rio Sergipe (FERREIRA *et al.*, 2011).

O rio Pitanga pode ser descrito como meandrante, apresentando cerca de 22.5 km de extensão, indo da sua nascente, até o seu desembocamento no rio Poxim. O perímetro do seu percurso é de cerca de 67 km e a área da bacia em torno de 105.25 km².

A localização dos pontos de amostragem (FIGURA 1) foi identificada com o auxílio de um GPS da marca Garmin (Etrex Legend HCX 3.3), utilizando-se o DatumSIRGAS 2000. As amostras foram coletadas no mês de abril de 2017 durante o início do período chuvoso da região.

Figura 1 – Pontos de amostragem ao longo do rio Pitanga, São Cristóvão, Sergipe



Fonte: Google Earth.

2.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A coleta de água para análise microbiológica foi efetuada, utilizando-se recipientes de vidro esterilizados fornecidos pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). A análise microbiológica das amostras de água foi realizada no ITPS, utilizando o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 9221B (APHA, 2012), também conhecido como método dos tubos múltiplos, no qual

os tubos do teste presuntivo que deram positivos (formação de gás) e todos os tubos negativos em que houve crescimento após 48 horas, são incubados em meio EC, nas diluições (1:1; 1:10 e 1:100) em banho-maria a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ durante 24 ± 2 horas e após este tempo calcula-se o NMP/100 mL, usando a tabela.

2.3 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS

As amostras de água foram coletadas em recipientes de polietileno e visaram a análise das concentrações de metais pesados (cromo, chumbo, cobre e cádmio). Estas análises foram realizadas no Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de Sergipe, utilizando o método de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP-OES). O equipamento utilizado neste trabalho foi o ICP-OES modelo Optima DV 4300, marca Perkin Elmer, que permite a observação do plasma no modo de configuração axial e radial, proporcionando o modo de observação mais sensível para cada elemento.

2.4 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas no rio Pitanga foram obtidos por meio de ensaios laboratoriais em triplicata em recipientes de polietileno, realizados nas dependências do Laboratório de Pesquisa Multidisciplinar I do Instituto Federal de Sergipe. Os parâmetros analisados foram:

2.4.1 ANÁLISE DE pH

O método potenciométrico direto foi utilizado para a determinação do pH por ser o método mais preciso em sua determinação, que consiste basicamente em um potenciômetro com um eletrodo de referência, um eletrodo indicador e um dispositivo de medida potencial.

2.4.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O método condutométrico direto foi utilizado para determinação da condutividade elétrica, utilizando um con-

duktivímetro expressa em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, que se baseia na intensidade da corrente elétrica que circula entre os eletrodos.

2.4.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Determina o total de sólidos solúveis na amostra e foi avaliado a partir do condutivímetro e expresso em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

2.4.4 ALCALINIDADE TOTAL

A alcalinidade total será avaliada por meio do método de volumetria de neutralização que se baseia na reação entre um ácido e uma base, que formam um sal correspondente e água. Titula-se a amostra com ácido clorídrico padronizado, obtendo-se a concentração total de hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-), expressos em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$, utilizando como indicadores fenolftaleína e alaranjado de metila.

2.4.5 ACIDEZ TOTAL E CARBÔNICA

A acidez total e carbônica foi avaliada por meio do método de volumetria de neutralização, que pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com uma base forte até um valor definido de pH, devido à presença de ácidos fortes, ácidos fracos e inorgânicos como o ácido carbônico. Titula-se a amostra com hidróxido de sódio padronizado a frio, obtendo-se a concentração total de ácidos. Em seguida titula-se a amostra após aquecimento por diferença dos resultados obtém-se a acidez carbônica, em ambos, utilizando a fenolftaleína como indicador e expressas como $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$.

2.4.6 DUREZA TOTAL

A dureza total consiste na soma de concentrações principalmente de cálcio e magnésio e é devida a bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos.

A análise foi realizada por meio do processo de titulação por complexação, utilizando uma solução padronizada de EDTA e negro de eriocromo T como indicador e expressa em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$.

2.4.7 CLORETOS

Foi avaliado segundo o método de Mohr para determinação de cloretos por volumetria de precipitação, o haleto é titulado com uma solução padronizada de nitrato de prata e expresso em $\text{mg.L}^{-1}\text{Cl}^-$, usando o cromato de potássio como indicador. No ponto final, quando a precipitação do cloreto estiver completa, o primeiro excesso de íons de prata irá reagir e formar a precipitação do cromato de prata na cor amarelo avermelhado que indicará o ponto final da titulação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Na comparação dos resultados da análise microbiológica de água, para uso de recreação de contato primário, as análises foram realizadas com base no parâmetro biológico coliforme termotolerantes, segundo a Tabela 1, confeccionada a partir da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 274 de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000). Os coliformes termotolerantes são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais gram-negativas em forma de bacilos, caracterizadas pela atividade da enzima -galactosidase.

Observou-se que os valores obtidos na Tabela 1 para o parâmetro biológico analisado (coliformes termotolerantes/100mL), nos pontos de coleta de água no rio Pitanga, ou estão classificados como insatisfatória ou foram consideradas impróprias, pois, apresentaram resultados acima do permitido segundo a Resolução nº 274/2000 do CONAMA (BRASIL, 2000). Os resultados mais preocupantes são os referentes aos pontos de amostragem P1 e P2. Estes apresentaram os valores mais altos de coliformes termotolerantes.

Tabela 1 – Resultados dos pontos de amostragem para o NMP de coliformes termotolerantes/100 mL

Pontos de Amostragem	Valor de Coliformes Termotolerantes/100 mL
P1	$5,4 \times 10^3$
P2	$6,3 \times 10^3$
P3	$1,1 \times 10^3$
P4	$1,4 \times 10^3$

Nota: Limite de Coliformes Termotolerantes/100 mL CONAMA nº 274/2000 (BRASIL, 2000)

Excelente ≤ 250 ; Muito Boa ≤ 500 ; Satisfatória ≤ 1000 ; Imprópria ≥ 2500

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores acima de $2,5 \times 10^3$ coliformes termotolerantes/100 mL são altos e tornam a água imprópria para a recreação, segundo a Resolução nº 274/2000 do CONAMA.

Os pontos de amostragem P1 e P2 apresentaram respectivamente 2,16 e 2,52 vezes mais, coliformes termotolerantes/100 mL, classificando-a como imprópria para o consumo.

Os pontos de amostragem P3 e P4 apresentaram resultados menos alarmantes, mas ainda assim, não satisfatórios. O ponto P3 apresentou os menores teores entre todos os pontos amostrais, valor de $1,1 \times 10^3$, ou seja, 1,1 vezes mais que o limite de $1,0 \times 10^3$ para a água classificada como satisfatória. O ponto P4 apresentou $1,4 \times 10^3$, sendo 1,4 vezes mais que o limite, classificando-a também como insatisfatória.

3.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Nas análises realizadas nos pontos de amostragem, verificou-se os seguintes resultados médios para os parâmetros físico-químicos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados dos pontos de amostragem para os parâmetros físico-químicos pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos

Pontos de Amostragem	pH	Condutividade $\mu\text{S cm}^{-1}$	STD mg L^{-1}
P1	5,28	218,20	151,30
P2	3,76	366,80	187,40
P3	3,80	258,10	134,40
P4	3,95	261,70	131,90

Fonte: Dados da pesquisa.

3.2.1 pH

Na análise da água do rio Pitanga, observou-se na Tabela 2, que os valores médios de pH variaram entre 3,95 e 5,28. De acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), estes valores estão fora da faixa de 6 a 9 exigida para todas as classes das águas doces, águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento de desinfecção ou convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca.

Os valores de pH baixos verificados nas amostras, pode ser decorrente da presença de ácidos fúlvicos e húmicos, resultantes da degradação da matéria orgânica presente no solo e na água. Segundo Hermes e Silva (2004), o pH apresenta mudanças ao longo do dia, por conta dos processos bioquímicos ocorrentes na água, que podem ser influenciados pela incidência da radiação solar.

Bueno, Galbiatti e Borges (2005) verificaram em áreas de vegetação nativa, valores de pH que variaram entre 4,7 - 6,3 e 3,8 - 5,3. Estes valores foram relacionados pelos

autores, à presença de matéria orgânica, a qual proporcionou condições mais ácidas ao ambiente aquático.

3.2.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons (partículas carregadas eletricamente) dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

Embora não exista um padrão de referência definido pelo CONAMA para o parâmetro condutividade, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006), os valores de condutividade acima de $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados, devido ao lançamento na água de resíduos industriais, mineração, esgoto etc. Desta forma, todos os valores obtidos para os pontos de amostragem do rio Pitanga (TABELA 2) ultrapassaram o valor limite de $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ estabelecida pela CETESB (2006).

3.2.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

As águas com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para uso. O valor máximo permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA é de 500mg.L^{-1} .

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA menciona que, para sólidos dissolvidos totais de até 500mg.L^{-1} , classifica-se a água como Classe 1 (BRASIL, 2005). Os valores médios obtidos para os pontos de amostragem do rio Pitanga variaram entre 131,90 a 187,40 (TABELA 2), sendo estes valores inferiores a 500mg.L^{-1} , e assim, a água dos pontos de coleta pode ser classificada como Classe 1 em relação a este parâmetro.

De acordo com as análises realizadas nos pontos de amostragem P1, P2, P3 e P4, verificou-se os seguintes resultados médios para os parâmetros físico-químicos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos pontos de amostragem para os parâmetros físico-químicos acidez total, acidez carbônica e dureza total

Pontos de Amostragem	Acidez Total mg L ⁻¹ CaCO ₃	Acidez Carbônica mg L ⁻¹ CaCO ₃	Dureza Total mg L ⁻¹ CaCO ₃
P1	39,06	19,34	54,00
P2	51,17	19,97	71,93
P3	46,38	23,50	62,64
P4	43,68	18,72	58,97

Fonte: Dados da pesquisa.

3.2.4 ACIDEZ TOTAL E CARBÔNICA

Os valores médios para acidez carbônica nos pontos analisados variaram de 18,72 mg.L⁻¹ de CaCO₃ no ponto P4, até o valor máximo de 23,50 no ponto P3 (TABELA 3).

Os valores obtidos estão fora da faixa permitida pelo Ministério da Saúde, que estabelece um teor máximo de 10 mg/L de CaCO₃ para as águas (BRASIL, 2011). A acidez elevada corrobora com os valores ácidos do pH, pois são parâmetros dependentes, à medida que o pH diminui, a acidez aumenta e vice-versa.

O dióxido de carbono (CO₂) está presente naturalmente em águas, cujo pH esteja na faixa de 4,4 e 8,3. Abaixo de 4,4 a acidez decorre de alguns ácidos, que geralmente são incomuns em se tratando de águas naturais (VON SPERLING, 2005). Como em três dos pontos amostrados os valores para pH foram inferiores a 4,4, possivelmente existe influência externa, provavelmente resultante de despejos industriais ou domésticos, o que corrobora com os resultados de acidez carbônica, que corresponde a menos da metade dos valores obtidos para acidez total, ou seja, boa parte da acidez é devido a outros agentes ácidos.

3.2.5 DUREZA TOTAL

Os valores médios para dureza total nos pontos analisados, variaram de 54,00 mg.L⁻¹ de CaCO₃ no ponto P1, até

o valor máximo de 71,93 mg.L⁻¹ no ponto P2 (TABELA 3).

Os valores obtidos para as amostras de água dos pontos P1 e P4, classificam a água como mole. Nos pontos P2 e P3, a água é considerada moderadamente dura. A Resolução nº 357/2005 do CONAMA não faz referência a este parâmetro (BRASIL, 2005). A OMS (1999) indica o valor máximo de 500 mg.L⁻¹ para a água utilizada no consumo humano. Portanto, as amostras coletadas não apresentaram restrição de uso relacionado a este parâmetro.

Em relação as análises realizadas nos pontos de amostragem P1, P2, P3 e P4, verificou-se os seguintes resultados médios para os parâmetros físico-químicos, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados dos pontos de amostragem para os parâmetros físico-químicos alcalinidade total e cloretos

Pontos de Amostragem	Alcalinidade Total mg L ⁻¹ CaCO ₃	Cloretos mg L ⁻¹ Cl ⁻¹
P1	9,49	36,05
P2	10,02	49,00
P3	7,70	38,50
P4	9,49	38,50

Fonte: Dados da pesquisa

3.2.6 ALCALINIDADE TOTAL

Os valores médios para alcalinidade total nos pontos analisados variaram de 7,70 mg.L⁻¹ de CaCO₃ no ponto P3, até o valor máximo de 10,02 no ponto P2 (TABELA 4).

A alcalinidade foi medida em termos de alcalinidade total devido a carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade em bicarbonatos foi predominante em todos os pontos do rio, representando 100% da alcalinidade total.

A importância deste parâmetro se concentra no controle de determinados processos unitários utilizados em estações de tratamento de água para abastecimento. A Resolução nº 357/2005 do CONAMA não faz referência a este parâmetro, por não apresentar risco à saúde pública (BRASIL, 2005).

3.2.7 CLORETOS

As concentrações médias de cloretos variaram de 36,05 mg.L⁻¹ no ponto amostral P1 e 49,00 mg.L⁻¹ no P2 de acordo com a Tabela 4.

Valores de concentração de cloretos abaixo de 250 mg.L⁻¹Cl⁻, segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e Portaria do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005, 2011), são valores permitidos para rios e para o consumo humano. Não havendo assim, restrição para uso da água do rio Pitanga em relação a este parâmetro.

3.3 RESULTADOS PARA OS METAIS PESADOS

Os resultados das análises de metais ao longo do curso do rio Pitanga indicaram valores significativos para alguns deles, que são importantes na avaliação da qualidade da água. Os metais determinados neste estudo foram cádmio, cobre, cromo e chumbo. Estes metais foram escolhidos para análise por serem tóxicos e por se encontrarem amplamente disseminados em ambientes aquáticos (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Observa-se na Tabela 5 as concentrações máximas e aceitáveis pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, para os metais analisados e suas concentrações médias encontradas dos quatro pontos de amostragem.

Tabela 5 – Valores médios dos quatro pontos de amostragem obtidos para a concentração dos metais pesados analisados nas amostras de água do rio Pitanga e os valores estipulados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005)

Metais Pesados	Concentração nas amostras (mg.L⁻¹)	Valor máximo Classe I e II (mg.L⁻¹)
Cádmio	0,003	0,001
Cobre	0,023	0,009
Cromo	0,018	0,05
Chumbo	0,007	0,01

Fonte: Dados da pesquisa

Os valores apresentados na Tabela 5 representam a média dos quatro pontos de amostragem para as concentrações de cada metal pesado analisado.

Os teores do metal cromo e chumbo encontram-se abaixo do valor máximo permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Portanto, não apresentam qualquer restrição ao uso da água em relação a estes analitos.

Os metais cádmio e cobre apresentaram concentrações médias acima do limite estabelecido pela Resolução do CONAMA/2005. O cobre apresentou valores máximos de 0,023 mg.L⁻¹. Este valor é aproximadamente 2,6 vezes mais que o valor máximo permitido (0,009 mg.L⁻¹). O metal cádmio, apresentou concentração com valores máximos de 0,003 mg.L⁻¹. Este valor é aproximadamente 3 vezes mais que o valor máximo permitido (0,001 mg.L⁻¹).

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o rio Pitanga está vulnerável à interferência antropogênica, fato este evidenciado pela presença da ocupação urbana ao longo do leito do rio. Os aspectos da qualidade da água relacionados aos parâmetros pH, condutividade, acidez carbônica e principalmente co-

liformes termotolerantes e os metais pesados cádmio e cobre, são muito preocupantes, considerando que todos os valores obtidos para estas análises não estão em consonância com os valores estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Isto indica que, em todos os quatro pontos de amostragem, a água não pode ser destinada à recreação e tampouco ao consumo da população.

A presença dos metais pesados cádmio e cobre nas amostras analisadas, que são altamente tóxicos e nocivos à saúde, pode ser atribuída em função da atividade agrícola como a devastação da mata ciliar, ou proveniente da presença de vários tipos de resíduos sólidos deixados ao longo das margens do rio no trecho em estudo, ou ainda proveniente da lixiviação natural do solo predominantemente ácido da região. Para uma maior avaliação do potencial de contaminação das águas do rio Pitanga por metais pesados, sugere-se que se façam análises do sedimento, pois este é um importante indicador ambiental.

Os resultados de pH abaixo do permitido pela legislação bem como a condutividade, a acidez carbônica e os valores de coliformes termotolerantes acima dos valores permissíveis pela legislação, podem ser considerados também como indícios de poluição do rio, sugerindo a presença de material oriundo de esgoto doméstico ou de dejetos industriais. Os maiores teores de coliformes termotolerantes ocorrem exatamente nos pontos de amostragem onde a população utiliza a água com frequência para a recreação e des-sedentação de animais, aumentando assim, a quantidade de dejetos fecais na água do rio Pitanga em comparação a outros trechos do rio.

Desta forma, é necessário um monitoramento contínuo das águas do rio Pitanga, uma vez que as cidades de Aracaju e São Cristóvão utilizam esta bacia hidrográfica como fonte de captação de água para consumo humano. Porém, muitas vezes não é possível diagnosticá-los somente com parâmetros de qualidade, pois os fatores naturais como temperatura, precipitação e a vazão do rio são uns dos maiores influenciadores da concentração dos parâmetros de qualidade de água. Daí a necessidade da frequência

de monitoramento, onde as amostragens devem ser feitas em períodos secos e chuvosos, para se obter representabilidade nos dados monitorados.

A implantação de medidas de revitalização e conservação da sub-bacia hidrográfica do rio Pitanga deve ser considerada por meio de medidas mitigadoras sobre as causas da degradação ambiental, tais como: a conscientização da população por meio da implantação de programas de educação ambiental; a proteção de nascentes; a fiscalização de despejo de resíduos sólidos e de dejetos industriais e domésticos; a proteção e restauração da mata ciliar; a contenção de processos erosivos em geral, dentre outros previstos ou não em leis específicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte concedido pelo Programa de Bolsa de Produtividade da PROPEX por meio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS) e a Universidade Federal de Sergipe (UFS) pelo apoio no transporte e logística.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A.O. *et al.* Cenário dos corpos d'água na sub-bacia hidrográfica do rio Poxim - Sergipe, na zona urbana, e suas relações ambientais e antrópicas. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 17, São Paulo, 2007. p.119.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Method 9221 B. In: **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd Editions, Washington, DC: American Public Health Association, 2012. p.92-98.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, **DOU**, no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, p.70-71.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005. **Diário Oficial da União**, no 53, de 18 de março de 2005, Brasília-DF, p.58- 63.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Legislação para águas de consumo humano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 12 de dezembro. 2011.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal-SP. **Eng Agríc, Jaboticabal**, v.25, n.3, p.742-748, 2005.

CALMANO, W. Metals in sediments: remobilization and environment hazards. In: MUNAWAR, M.; DAVE, G. (Ed.). **Development and Progress in Sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges, Techiques & Strategies**. Amsterdam: SPB Academic Publishing bv., 1996. p.1-13.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006 / CETESB**. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis> Acesso em: 17 abr. 2017.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988.

FERREIRA, R.A. *et al.* Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da

degradação à restauração. **Rev Árvore**, v.35, n.2, p.265-277, 2011.

HERMES, L.C.; SILVA, A.S. **Avaliação da qualidade das águas**: manual prático. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 55p.

MOREIRA, F.R.; MOREIRA, J.C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Pública**, v. 15, n. 2, p. 119-29, 2004.

NIKAIDO, M. *et al.* Análise da qualidade da água do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP: enfoque para coliformes fecais e metais pesados. **O mundo da Saúde**, v.28, p.414-420, 2004.

OMS – ORGANIZATION MUNDIAL DE LA SALUD. **Guias para la calidad del água potable**. 2.ed., v.1. Genebra: WHO, 1999.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. **Água e saúde**. 2009. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/ambiente/UploadArq/agua.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2017.

SOUZA, R.M.G.L.; PERRONE, M.A. **Padrões de potabilidade da água**. São Paulo: Centro de Vigilância Sanitária, 2000.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

1 Bacharel em Geologia pela Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. E-mail: arthur20050@hotmail.com

2 Doutora em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Docente do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, E-mail: adrianemachado@yahoo.com.br

3 Doutor em Biotecnologia (RENORBIO) pela Universidade Estadual do Ceará – UEC; Coordenador de Petróleo e Gás do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, Aracaju, Sergipe, Brasil. E-mail: silvanito.barbosa@ifs.edu.br

4 Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB; Docente da Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, Lagarto, Sergipe, Brasil. E-mail: luam.santos@ifs.edu.br

5 Acadêmica em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, Aracaju, Sergipe, Brasil. E-mail: maylin.quimica.ms@gmail.com

Recebido em: 9 de Fevereiro de 2018
Avaliado em: 12 de Maio de 2018
Aceito em: 27 de Maio de 2018
