



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
STRICTO SENSU EM ENGENHARIA DO
MEIO AMBIENTE - PPGEMA**



MARIA ALCIONY ROSA DA SILVA BATISTA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE MICROBACIAS
UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA REGIÃO METROPOLITANA
DE GOIÂNIA**

GOIÂNIA – GO

2015

MARIA ALCIONY ROSA DA SILVA BATISTA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE MICROBACIAS
UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA REGIÃO METROPOLITANA
DE GOIÂNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Katia Kopp.

DEDICATÓRIA

À memória dos meus pais que me ensinaram a lutar pelos meus sonhos, ao meu marido que esteve ao meu lado durante todo o tempo me ajudando e me motivando, à minha amada filhinha que eu carreguei durante nove meses de curso, ao apoio dos meus irmãos, sogros e amigos que sempre me deram forças para continuar, mesmo diante das dificuldades da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por nunca ter desistido de mim.

Agradeço à prof. Katia Kopp pela orientação, pela sua compreensão e pelo seu esforço para superar junto a mim os obstáculos que muitas vezes encontramos durante a realização das coletas e análises. Pela paciência em esperar eu poder voltar a trabalhar na dissertação, pois passei um período de licença maternidade e logo depois por um período conturbado. Obrigada, eu não poderia ter uma professora orientadora melhor!

Agradeço ao meu marido pela ajuda incansável, pelo companheirismo, pela compreensão e por não ter me deixado desanimar, sempre me apoiando. Obrigada por ter me ajudado a fazer as coletas e até a lavar vidraria no laboratório, eu não teria conseguido sem a sua ajuda. Eu sempre vou te amar.

Agradeço aos meus sogros, em especial à minha sogra Odília por ter me ajudado cuidando da minha filhinha, enquanto eu ficava na faculdade o dia todo escrevendo. A senhora é a minha segunda mãe. Muito obrigada!

Agradeço aos meus irmãos que me ajudaram de várias formas, às minhas irmãs, em especial, que sempre cuidaram de mim como filha e não como irmã.

Agradeço à Laís, à Karina por terem me ajudado com suas experiências, ao André pela parceria. Vou sentir saudades do tempo de coletas.

Agradeço à Karine, à Karlla, ao Eslan, à Arisa, à Érica e a Denise por terem me ajudado tanto nas coletas quanto no laboratório.

À técnica Nayara Rezende pela ajuda e disposição sempre. Ao técnico Guilherme, que me ajudou bastante, sempre sorrindo.

Ao Prof. Paulo Sérgio Scalize, coordenador do Laboratório de Água, pela disponibilização do laboratório e materiais. Ao prof. Eraldo de Carvalho, coordenador do laboratório de Saneamento-UFG pela disponibilização do laboratório e equipamentos.

Ao prof. Maximiliano Bayer e ao Técnico Lucas (LABOGEF-UFG) por ter possibilitado a realização das análises granulométricas, e prof. Wilson Mozena (LASF-EA-UFG) pela disposição e ajuda nas análises de metais nos sedimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de mestrado concedida a mim durante o desenvolvimento desse estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo nº 477857/2012-4) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) (Processo nº 201210267001192) pelo financiamento do projeto.

À todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desse trabalho, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO.....	12
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 1	16
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.1 ÁREA DE ESTUDO	21
2.2 COLETAS DAS AMOSTRAS	22
2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.....	24
3.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA	36
3.3 PARÂMETROS DO SEDIMENTO	40
4 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 2	58
RESUMO	59
ABSTRACT	60
1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	63
2.1 ÁREA DE ESTUDO	63
2.2 COLETAS DAS AMOSTRAS	64
2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.1 VALORES DAS DETERMINAÇÕES PARA A ÁGUA	65
3.2 VALORES DAS DETERMINAÇÕES PARA O SEDIMENTO	71
4. CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA - American Public Health Association

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CT - Coliformes Termotolerantes

CE – Condutividade Elétrica

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

E. coli - *Escherichia coli*

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

MO – Matéria Orgânica

MED – Mediana

MÍN – Mínimo

MÁX- - Máximo

NMP - Número Mais Provável

OD - Oxigênio Dissolvido

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

VMP - valor máximo provável

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Cidades da região Metropolitana de Goiânia ilustrando os mananciais amostrados durante o estudo. Fonte: André Luiz Teixeira.	21
Figura 2 - Variação nos valores de oxigênio dissolvido entre a estação chuvosa e seca nos rios amostrados. a) Rio 1, b) Rio 2 e c) Rio 4.	30
Figura 3 - Variação nos valores de % de matéria orgânica no sedimento entre a estação chuvosa e seca no Rio 4.....	43
Figura 4 - Representação do percentual granulométrico dos pontos amostrais no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 estudados no período chuvoso.	45
Figura 5 - Representação do percentual granulométrico dos pontos amostrais no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 estudados no período de seca.	46

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Cidades da região Metropolitana de Goiânia ilustrando os mananciais amostrados durante o estudo. Fonte: André Luiz Teixeira.....	63
---	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1-Localização geográfica dos pontos amostrais dos mananciais estudados.....	22
Tabela 2 - Resultados de algumas análises físico-químicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.....	27
Tabela 3 - Resultados de análises físico-químicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.....	32
Tabela 4 - Valores dos resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.....	39
Tabela 5 - Valores dos resultados das análises realizadas nas amostras de sedimento coletadas em quadro rios localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.....	44

CAPÍTULO 2

Tabela 1- Localização geográfica dos pontos amostrais dos mananciais estudados.....	64
Tabela 2 - Concentração dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e ZN encontrados na água do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 dos pontos 1 e 2.....	67
(Continuação) Tabela 2 - Concentração dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e ZN encontrados na água do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 dos pontos 1 e 2.....	68
Tabela 3 - Concentração dos metais totais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn encontrados nos sedimentos do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 do ponto 1 e 2.....	73
(Continuação) Tabela 3 - Concentração dos metais totais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn encontrados nos sedimentos do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 do ponto 1 e 2.....	74

RESUMO

Os recursos hídricos utilizados para abastecimento humano vêm sofrendo alterações devido ao crescimento demográfico que se dá, muitas vezes, de forma desordenada, e a crescente expansão da agricultura e da indústria, levando conseqüentemente à degradação dos mananciais. Assim, tendo em vista os impactos sobre os recursos hídricos, estabeleceu-se que as águas destinadas ao consumo humano, devem atender a padrões de qualidade dispostos na Resolução CONAMA Nº 357/2005. Esta resolução regulamenta o padrão de qualidade que a água destinada ao abastecimento humano deve possuir para que, após tratamento, possa ser utilizada, pela população. Entretanto, ainda que a água para consumo humano deva ser protegida para evitar eventuais contaminações, isso não significa que esta estará de acordo com a legislação. Isso se deve ao fato de que os recursos hídricos de forma geral, acabam sendo o destino final de diversos tipos de poluentes. Dessa forma, faz-se necessária a realização de análise dos sedimentos para complementar à análise da qualidade da água que será destinada ao consumo humano devido ao fato dele atuar como fonte potencial de contaminantes. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade da água e sedimento de quatro mananciais de abastecimento situados na região metropolitana de Goiânia/GO – Recanto Dourado, Ribeirão das Lajes, Córrego Vereda e Córrego Bom Sucesso. O estudo foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo avaliou a qualidade dos mananciais a partir dos resultados obtidos da realização das análises de temperatura, pH, condutividade elétrica, OD, DBO, nitrogênio total, fósforo total, sólidos dissolvidos totais, coliformes totais e *Escherichia coli* na água e, nos sedimentos, foram realizadas análises de pH, % umidade, % matéria orgânica e granulometria. Os quatro mananciais de abastecimento foram avaliados como pertencentes ao grupo de água doce classe II de acordo com a Resolução Conama 357/2005. Os resultados dos parâmetros físico-químicos apresentaram valores de OD e fósforo total em discordância com os estabelecidos pela legislação para água doce classe II. No segundo capítulo, foi avaliado a qualidade da água e do sedimento desses quatro rios, por meio da análise dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Zn e Pb. Somente foram encontradas concentrações de cobre (Cu), na água, em discordância com os valores máximos estabelecidos pela legislação vigente. No sedimento não houve discordâncias de concentrações de metais, pois todos estavam abaixo do estabelecido pela legislação. Conforme os resultados desses parâmetros, ressalvados os de OD e de fósforo total, pode-se concluir que esses mananciais, mesmo exibindo algum tipo de impacto, de maneira geral, apresentam boa qualidade de água, podendo continuar sendo utilizados para abastecimento público. No entanto, em todos os rios foram encontrados problemas que podem comprometer o seu uso futuro para o abastecimento tais como, perda de cobertura florestal e assoreamento e, dessa forma, faz-se necessário o monitoramento contínuo e o estabelecimento de ações de recuperação desses mananciais a fim de se assegurar não só a qualidade da água, mas sim a sua permanência futura como fonte de abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, mananciais de abastecimento, sedimento, análises físico-químicas e microbiológicas.

ABSTRACT

Water resources used for human consumption have been changing due to population growth that occurs often in a disorganized way, and the growing expansion of agriculture and industry, thus leading to degradation of water sources. Thus, given the impacts on water resources, it was established that water intended for human consumption must meet quality standards prepared in Resolution CONAMA No. 357/2005. This resolution regulates the quality standards which water intended for human consumption must have so that after treatment, can be used by the population. However, although the water for human consumption should be protected to prevent any contamination, it does not mean that this will be according to law. This is due to the fact that water resources in general, end up being the final destination of various types of pollutants. Thus, it is necessary to carry out analysis of sediments to complement the analysis of water quality that is intended for human consumption due to the fact that he act as a potential source of contaminants. Given the above, the objective of this study was to evaluate the water quality and sediment of four supply sources located in the metropolitan area of Goiânia/GO – Recanto Dourado, Ribeirão das Lajes, Córrego Vereda e Córrego Bom Sucesso. The study was divided into two chapters. The first chapter evaluated the quality of water sources from the results obtained from carrying out the temperature analysis, pH, electrical conductivity, DO, BOD, total nitrogen, total phosphorus, total dissolved solids, total coliforms and *Escherichia coli* in the water. In the sediment, pH analyzes, % moisture, % organic matter and particle size were performed. The four supply sources were evaluated as belonging to the fresh water Class II according to CONAMA Resolution 357/2005. The results of physicochemical parameters have OD values and total phosphorus at odds with the established by legislation to fresh water Class II. In the second chapter, the quality of water and sediment of these four rivers was evaluated through the analysis of metals Cd, Cr, Cu, Ni, Zn and Pb. Only copper (Cu) concentrations were found, in water, in disagreement with the maximum values established by law. In the sediment there were no disagreements metal concentrations because all were below the established by the legislation. As the results of these parameters, except for the OD and total phosphorus, it can be concluded that these water supply sources, even displaying some kind of impact, in general, have good water quality, and may continue to be used for public supply. However, in all the rivers were found problems that can compromise their future use as water supply source such as loss of forest cover and silting. This, is needed continuous monitoring and the establishment of recovery actions of these water sources in order to ensure not only water quality, but its future permanence as source of water supply.

KEYWORDS: water quality, water supply sources, sediment, physical, chemical and microbiological analyzes.

1. INTRODUÇÃO

A água além de essencial à vida possui múltiplos usos que são indispensáveis para diversas atividades humanas destacando-se o abastecimento público. No entanto, ela vem sofrendo alterações devido ao crescimento demográfico que ocorre de forma desordenada e à crescente expansão da agricultura e da indústria, o que pode ser facilmente percebido na degradação dos mananciais, com a consequente redução da quantidade e qualidade desse indispensável recurso natural (ALVES, 2008).

Por isso, a água passou a ser motivo de preocupação crescente. Os problemas relativos à qualidade da água são, em grande parte, resultantes de ações antropogênicas, as quais provocam impactos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica (BILICH, 2007). O que significa dizer que a deterioração da qualidade da água, de bacias hidrográficas, causada por pressão antrópica ocorre em maior escala do que por fatores naturais que ocorre em escala bem menor (e.g. Alves et al., 2012).

Esta preocupação decorre do fato de os recursos hídricos das regiões metropolitanas, em todo o mundo, estarem sob o impacto das inúmeras atividades antrópicas recorrentes em suas drenagens e, portanto sofrerem com diversas fontes de poluição, tais como a contribuição de efluentes domésticos e industriais, e consequente degradação de seus mananciais (HORBE et al., 2005).

Assim, tendo em vista os impactos sobre os recursos hídricos utilizados para o abastecimento humano, estabeleceu-se que estas águas, destinadas ao consumo humano, devem atender a padrões de qualidade dispostos na Resolução CONAMA Nº 357/2005. Esta resolução avalia a qualidade da água por meio de parâmetros físico - químicos, biológicos e microbiológicos que admitem conferir qualidade à água apresentando os valores máximos permitidos a fim de resguardar a qualidade da água para o abastecimento humano e o meio ambiente como um todo.

As águas destinadas ao abastecimento humano, segundo Vito (2007), mesmo que passem por tratamento, devem ter seus mananciais protegidos, pois seu comprometimento além de encarecer o processo de tratamento, pode até impedir sua utilização.

No entanto, ainda que a água para consumo humano deva ser protegida para evitar eventuais contaminações, isso não significa que esta estará de acordo com a legislação. Isso se deve ao fato de que os recursos hídricos de forma geral, acabam sendo o destino final de diversos tipos de poluentes, ainda que tratados, provenientes de indústrias, residências e de

plantações agrícolas, dentre tantos (MOURA et al., 2013) que ocasiona a sua deterioração ao longo do tempo.

Diante dessa premissa, neste trabalho a qualidade da água foi avaliada considerando-se o compartimento da coluna d'água e também o compartimento do sedimento do manancial, pois o sedimento desempenha papel de suma importância na dinâmica de transporte, acumulação e disponibilização de contaminantes nos ambientes aquáticos (ALMEIDA e ROCHA, 2006).

Sedimentos, de forma geral, são camadas de partículas minerais e orgânicas, geralmente finamente granuladas, que se encontram em contato com a parte inferior dos corpos de água natural, como lagos, rios e oceanos, sendo de grande importância ambiental porque são os locais nos quais se depositam muitos produtos químicos, especialmente metais pesados e compostos orgânicos, como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e pesticidas, e partir deles os produtos tóxicos podem ser transferidos para os organismos que habitam essa região (BAIRD, 2011).

Assim, o estudo das interações entre o ambiente sedimentar e a coluna d'água são complementares para a avaliação da qualidade da água de um manancial, uma vez que o sedimento é o compartimento preferencial de armazenamento e transformação da maioria dos poluentes presentes no corpo hídrico (ALMEIDA e ROCHA, 2006).

Além disso, o sedimento também serve como catalizador, condutor e como agente fixador de agentes poluidores. Produtos químicos como os metais podem ser assimilados sobre e dentro de suas partículas. Assim, as partículas de sedimento atuam como fonte potencial de contaminantes originários de bactérias patogênicas, pesticidas, resíduos tóxicos de forma geral e agentes químicos (CARVALHO et al., 2000).

Dentre os compostos químicos contaminantes, os metais se destacam por não serem degradáveis e, portanto, permanecem por longos períodos no ambiente, principalmente nos sedimentos, o que representa uma ameaça à biodiversidade e ao ecossistema como um todo (COTTA et al., 2006).

Assim, considerando o fato de os mananciais serem susceptíveis às contaminações pontuais ou difusas, as quais podem atingir tanto a coluna d'água como os sedimentos, nesse trabalho, avaliou-se a qualidade da água de quatro mananciais utilizados para abastecimento humano na região metropolitana de Goiânia por meio da determinação de parâmetros físico-químicos desses dois compartimentos e microbiológicos da água.

Nesse sentido, reconhecendo-se que até mesmo os mananciais destinados ao abastecimento público estão sofrendo as consequências da degradação das áreas da microbacia, tornando-os receptores de contaminantes diversos e que tem como agravado o longo período de permanência desses contaminantes na água, como os metais, por exemplo, a hipótese é que a água e o sedimento desses mananciais possam estar sofrendo alterações significativas, que podem afetar a qualidade do manancial devido à atividade antrópica.

Logo, este trabalho fundamenta-se pela importância que os mananciais de Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia e de Senador Canedo representam para a saúde pública, uma vez que são utilizados para abastecimento humano. Além disso, é relevante conhecer a real condição ambiental dos mananciais de abastecimento como forma de prevenir futuros problemas que possam vir a comprometer sua utilização para esse e outros fins.

Do mesmo modo, o estudo dos sedimentos, faz-se necessário sabendo-se que estes funcionam como indicadores da qualidade da água. Este estudo dará subsídio para a tomada de decisão quanto à melhoria da qualidade ambiental tendo em vista os possíveis riscos ao meio ambiente e à população abastecida por esses mananciais.

Portanto, diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade da água e do sedimento de quatro mananciais situados na região metropolitana de Goiânia, utilizados para o abastecimento público, por meio da determinação de parâmetros físico-químicos desses dois compartimentos e microbiológicos da água. Especificamente pretendeu-se: a) Caracterizar a água e o sedimento desses mananciais monitorando variáveis físico-químicas de ambos e também microbiológicas, no caso da água; b) Determinar a concentração dos metais cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), Cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn) na água e no sedimento e verificar a influência da alternância das estações chuvosas e secas sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Para que esses objetivos fossem alcançados, o trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo avaliou a qualidade das águas dos quatro mananciais estudados de acordo com os resultados obtidos nas diversas análises físico-químicas e microbiológicas realizadas na água e sedimento dos mesmos. Os resultados foram comparados com os padrões estabelecidos pelas legislações pertinentes à água e ao sedimento.

O segundo capítulo avaliou a qualidade da água e do sedimento em relação aos resultados à determinação da concentração de seis espécies metálicas. Os resultados obtidos foram comparados com as legislações vigentes e pertinentes a cada compartimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A.; ROCHA, O. **Estudo Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP)**. J. Braz. Soc. Ecotoxicol, v. 1, n. 2, 2006, 141-145. Disponível em: <ecotoxbrasil.org.br/index.php?option=com...file>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- ALVES, E. C., SILVA, C. F., COSSICH, E. S., TAVARES, C. R. G., SOUZA FILHO, E. D., CARNIEL, A. **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**. Acta Sci. Technol. Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/ricardo/Downloads/3199-8599-1-PB.pdf> . Acesso em: 03 abr. 2015.
- ALVES, I. C., EL-ROBRINI, M., SANTOS, M. L. S. MONTEIRO, S. M., BARBOSA, L. P. F., GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazonia, v. 42, n. 1. Manaus, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n1/a14v42n1.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2015.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BILICH, M. R. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão Mestre D'armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias. Brasília, 2007. Disponível em: <repositorio.unb.br/handle/10482/2896?mode=ful>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- CARVALHO, N.O., FILIZOLA JUNIOR N.P., SANTOS P.M.C., LIMA J.E.F.W. 2000. **Guia de práticas sedimentométricas**. ANEEL, Brasília, 154 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. **Resolução Conama nº 357**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.
- COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.O.O.; PIOVANI, M.R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do Rio Betari no parque estadual turístico do Alto Ribeira - Petar, São Paulo, Brasil**. Química Nova, Vol. 29, nº 1, p. 40-45, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27854.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2015.
- HORBE, A. M. C., GOMES, I. L. F. MIRANDA, S. F., SILVA, M. S. R. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM**. Acta Amazonia 119, v. 35, n. 2, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n2/v35n2a02.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2015.
- MOURA, L. S.; BRAGA, R. J. O.; SIQUEIRA, E. R.; KOPP, K. A. **O papel do sedimento na qualidade da água de abastecimento urbano: uma revisão dos trabalhos publicados entre 2001 e 2011**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.7, n.1, 2013.
- VITO, M. **Avaliação do risco de contaminação de mananciais hídricos para o abastecimento: O caso da Bacia da Barragem do Descoberto**, 2007. **Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**. Brasília/ DF, 2007. Disponível em: <http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2480>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE QUATRO MANANCIAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA/GOIÁS

Maria Alciony Rosa da Silva Batista e Katia Kopp

RESUMO

A utilização das águas para consumo humano deve apresentar um padrão de qualidade, expresso na Resolução CONAMA nº 357/2005, antes de passarem por algum tipo de tratamento. Entretanto, existem determinados contaminantes, que além de estarem presentes na coluna d'água, podem também se depositar no sedimento. Devido à sua capacidade de retenção, os sedimentos podem indicar a qualidade da água e registrar o efeito das ações antrópicas, sendo considerados importantes transportadores, acumuladores e fonte em potencial de contaminantes para o ambiente aquático. Assim, o estudo da qualidade do sedimento em complementação ao estudo da qualidade da água torna-se essencial. Dessa forma, neste trabalho, foram analisados a água e o sedimento de quatro mananciais da região metropolitana de Goiânia/GO com os objetivos de realizar uma caracterização físico-química e microbiológica da água e do sedimento desses rios e verificar a influência sazonal sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os parâmetros medidos na água foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, OD, nitrogênio total, fósforo total, sólidos dissolvidos totais, DBO, coliformes totais e *Escherichia coli*. No sedimento foram medidos os parâmetros pH, % umidade, % matéria orgânica e granulometria. Na água os parâmetros OD e fósforo total apresentaram resultados em discordância com o VMP pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para água doce classe II. Os valores de fósforo total extrapolaram o valor máximo permitido em 52,08% das amostras medidas. Os sedimentos analisados neste estudo são ácidos, orgânicos e apresentam principalmente granulometria fina, composta em sua maior parte por silte, com exceção do Rio 2, que apresenta granulometria grossa. Em relação à sazonalidade, apenas o OD do Rio 1, Rio 2 e Rio 4 apresentou valores significativamente diferentes entre a estação chuvosa e seca sendo que, os valores mais altos foram verificados na estação chuvosa em todos os rios. Para o sedimento apenas a porcentagem de matéria orgânica no Rio 4 apresentou valores estatisticamente significantes entre a estação chuvosa e seca, sendo que os valores mais altos foram encontrados na estação seca. Apesar desses problemas relatados, as águas desses rios ainda apresentam boa qualidade podendo continuar sendo utilizadas para abastecimento público, após passarem por tratamento adequado. No entanto, é importante salientar que, diante dos resultados encontrados, principalmente para os valores de fósforo total, se observa um indicativo de enriquecimento desse nutriente através das atividades do entorno tais como, plantio de hortaliças e pastagens nas margens dos rios. Além disso, os rios apresentam pouca mata ciliar ao longo de seus cursos o que facilita o assoreamento. Assim, propõem-se novos estudos e medidas de recuperação das áreas degradadas por meio da atuação dos órgãos competentes a fim de garantir a perpetuidade desses mananciais de abastecimento como fonte de água segura à população das cidades abastecidas por esses rios.

PALAVRAS – CHAVE: qualidade da água, sedimento, manancial, análises físico- químicas e microbiológicas.

ABSTRACT

The use of water for human consumption shall submit a quality standard expressed in Resolution CONAMA 357/2005, before going through some kind of treatment. However, there are certain contaminants that besides being present in the water column, may also be deposited in the sediment. Due to its holding capacity, sediment may indicate water quality and record the effect of human actions, being considered important carriers, accumulators and potential source of contaminants to the aquatic environment. Thus, the study of sediment quality in addition to the study of the water quality becomes essential. Thus, in this study, we analyzed water and sediment of four human water supply sources in the metropolitan area of Goiânia/GO aiming to perform a physical-chemical and microbiological analysis of these rivers and check seasonal influence on the physical, chemical and microbiological parameters. The parameters measured in the water were: temperature, pH, electrical conductivity, DO, total nitrogen, total phosphorus, total dissolved solids, BOD, total coliforms and *Escherichia coli*. In the sediment were measured the parameters pH, % moisture, % organic matter and particle size. In the water the parameters OD and total phosphorus showed results inconsistent with the VMP by CONAMA Resolution No. 357/2005 for fresh water Class II. The total phosphorus values surpass the maximum allowed value in 52.08% of the measured samples. The sediments analyzed in this study are acids, organic and mostly feature fine grain, consisting mostly of silt, except for Rio 2, which features coarse. With respect to seasonality, only river 1, 2 and 4 showed significantly different values between the rainy and dry season and, the highest values were found in the rainy season in all rivers. For the sediment only the percentage of organic matter in river 4 showed statistically significant values between the rainy and dry season, with the highest values were found in the dry season. Despite these reported problems, the waters of these rivers still have good quality and may continue to be used for public supply, after undergoing appropriate treatment. However, it is important to note that, given the findings, particularly for total phosphorus values, we see an indication of that nutrient enrichment through the surrounding activities such as planting vegetables and pastures along the rivers. In addition, the rivers have little riparian vegetation along their courses which facilitates sedimentation. Thus, it proposes new studies and recovery measures for degraded areas through the work of the competent authorities to ensure the perpetuity of these supply sources as a source of safe water to the population of the cities supplied by these rivers.

KEYWORDS: water quality, sediment, physico-chemical and microbiological analyzes.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE QUATRO MANANCIAIS UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA/GOIÁS

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água doce superficial no Brasil, de acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2012), é de 12% do total mundial. No entanto, a disponibilidade de água não se resume apenas à quantidade, mas também à qualidade da água. Os múltiplos usos da água possuem requisitos de qualidade que, quando não atendidos, representam um fator limitante para o seu aproveitamento (ANA, 2012).

Desse modo, a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) estabelece como objetivo assegurar a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997). Esta preocupação está explícita nos estudos de Pratte-Santos et al. (2008) que abordam a importância da qualidade da água, já que ela pode se tornar um veículo de transmissão de doenças se estiver contaminada.

Ainda de acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2012), o conceito de qualidade da água está relacionado ao seu uso e desta forma, ela pode estar adequada para uso industrial, geração hidrelétrica ou navegação, mas pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, a recreação ou a preservação da vida aquática. Assim sendo, a Resolução CONAMA, Nº 357 (2005) estabelece o enquadramento dos recursos hídricos para cada uso específico.

Deste modo, está expresso na Resolução CONAMA nº 357/2005 que os usos das águas para consumo humano devem apresentar um padrão de qualidade antes de passarem por algum tipo de tratamento. Esse padrão é composto por um conjunto de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que permite avaliar a qualidade da água para esse fim.

Portanto, a determinação periódica desses parâmetros é indispensável para avaliar e monitorar a qualidade das águas de mananciais, a fim de se conhecer a amplitude de impactos ambientais, caso existam, e se necessário auxiliar na escolha de medidas de restauração do manancial em questão.

Entretanto, existem determinados contaminantes, que além de estarem presentes na coluna d'água, podem também se depositar no sedimento. Os sedimentos são camadas de

partículas minerais e orgânicas finamente granuladas que se encontram em contato com a parte inferior dos corpos de águas naturais, como lagos, rios e oceanos (BAIRD, 2011).

Devido à sua capacidade de retenção, os sedimentos podem indicar a qualidade de água e registrar o efeito das ações antrópicas, sendo considerados importantes transportadores, acumuladores e fonte em potencial de contaminantes para o ambiente aquático (ALMEIDA e ROCHA, 2006), pois a poluição pontual ou difusa, proveniente de ações antrópicas, que atingem os mananciais irá se depositar principalmente nos sedimentos desses ambientes aquáticos (SILVÉRIO, 2003). Uma vez acumulados nos sedimentos, os contaminantes podem ser liberados gradualmente para a coluna d'água (MARIANI, 2006) como consequência da variação de pH, potencial redox e temperatura (ALVES, 2002). Sendo assim, mesmo após a descontaminação da fonte primária de poluição, o sedimento pode atuar com fonte de contaminantes (CHAPMAN et al. 1999).

Nesse contexto, o estudo da qualidade do sedimento em complementação ao estudo da qualidade da água torna-se fundamental, uma vez que os sedimentos são capazes de retratar condições históricas da influência de atividades antrópicas sobre o ambiente aquático que nem sempre são detectáveis pelo uso de variáveis da água quando se coleta na superfície do curso da água (CETESB, 2009).

Além dos fatores citados acima, um ponto relevante em estudos com sedimentos no Brasil é a pouca representatividade de trabalhos que abordam esse compartimento (veja trabalho de Moura et al., 2013 para uma revisão). Dessa forma, mesmo inferências mais básicas são prejudicadas devido ao desconhecimento das características dessa matriz de primordial importância aos estudos de contaminação ambiental e qualidade da água.

Assim, esse trabalho teve como objetivos realizar uma caracterização físico-química da água e do sedimento e microbiológica da água, de quatro mananciais de abastecimento situados na região metropolitana de Goiânia/Goiás e verificar a influência da alternância das estações chuvosas e secas sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água.

Desta forma, mediante a necessidade de se conhecer a qualidade das águas utilizadas para abastecimento humano na região metropolitana de Goiânia, faz-se necessário estudos que forneçam informações a respeito da qualidade da água desses mananciais e que este estudo funcione como ferramenta adequada para o gerenciamento dos recursos hídricos, de maneira a possibilitar o controle desses ambientes e assegurar à população abastecida por esses mananciais uma água de qualidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em quatro mananciais utilizados para abastecimento público situados nas cidades de Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia e Senador Canedo (Figura 1), por fazerem parte da região metropolitana de Goiânia/Goiás e pela facilidade de acesso aos locais de coleta. Os mananciais que abastecem essas cidades são Ribeirão Dourados, Córrego das Lajes, Córrego Vereda, e Córrego Bom Sucesso respectivamente.

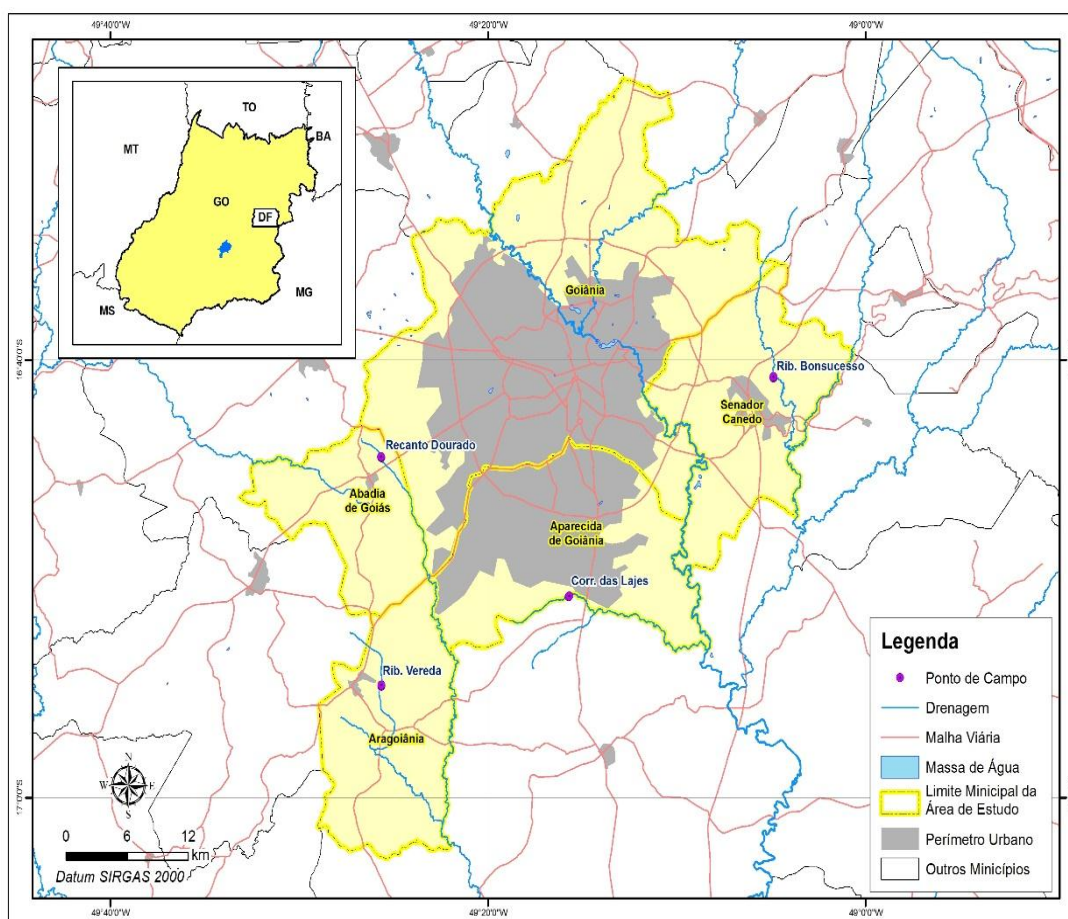


Figura 1 - Cidades da região Metropolitana de Goiânia ilustrando os mananciais amostrados durante o estudo. Fonte: André Luiz Teixeira.

Previamente foram realizadas visitas para a escolha dos pontos de coleta e para conhecer os mananciais. Os pontos amostrais escolhidos, sendo dois para cada manancial (Tabela 1), estão localizados nos trechos dos rios à montante do local onde acontece a captação realizada pela SANEAGO – Saneamento de Goiás, e pela SANESC – Agência de Saneamento de Senador Canedo – GO, empresas responsáveis pela captação, tratamento e fornecimento de água tratada dos mananciais de estudo. Somente o Córrego Bom Sucesso é de responsabilidade da SANESC. O trecho compreendido entre os dois pontos de coleta foi de aproximadamente 100 metros. Para uma compreensão mais rápida, ao longo do texto os quatro mananciais estudados serão identificados como Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4.

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos amostrais dos mananciais estudados.

Cidades	Rios	Coordenadas (UTM) – 22k	
		Ponto 1	Ponto 2
Abadia de Goiás	Rio 1	667610/8148408	667592/8148465
Aparecida de Goiânia	Rio 2	685128/8136545	685216/8136592
Aragoiânia	Rio 3	667466/8129134	667467/8129218
Senador Canedo	Rio 4	704576/8154800	704595/8154899

Legenda: Abadia de Goiás= Rio 1, Aparecida de Goiânia= Rio 2, Aragoiânia= Rio 3 e Senador Canedo= Rio 4.

2.2 COLETAS DAS AMOSTRAS

As coletas foram realizadas de acordo com a sazonalidade (três coletas na estação seca e três na chuvosa) considerando as recomendações da Cetesb (2011) e NBR 9897/1987. Trabalhos como Alves (2002); Fonseca (2004); Jardim (2004); Donadio et al. (2005); Conorath (2010); Ferreira et al. (2010) e Moura (2014) também procederam da mesma maneira.

As três primeiras coletas que compreenderam os meses de chuva foram realizadas nos meses de dezembro de 2013, janeiro e fevereiro de 2014 e as outras três últimas coletas, que compreenderam meses de seca, foram realizadas nos meses de julho, agosto e setembro de 2014.

As amostras de água foram coletadas diretamente na coluna d'água em triplicata (para uma maior representatividade do local amostrado), armazenadas em frascos de polietileno e mantidas refrigeradas até a realização das análises conforme proposto pela CETESB (2011). Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos medidos na água foram os de temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, sólidos

dissolvidos totais, coliformes totais e *Escherichia coli*. Em relação aos parâmetros microbiológicos, foram analisados coliformes totais e *Escherichia coli* por meio do substrato cromogênico definido (Colilert®).

Alguns parâmetros foram mensurados diretamente em campo tais como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais usando-se uma sonda multiparâmetros HI 9828 da marca Hanna Instruments. Os demais parâmetros foram mensurados nos Laboratório de Água e Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG), exceto as análises de fósforo total e nitrogênio total que foram realizadas no laboratório AQUALIT.

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas (amostragem composta) nas duas margens deposicionais dos corpos d'água, dos mesmos pontos de coleta escolhidos, com o auxílio de uma draga de Petersen de acordo com as recomendações da Cetesb (2011). Em seguida, as réplicas foram misturadas em um balde de polietileno com o auxílio de uma colher de aço inoxidável e então guardadas em recipientes inertes. As amostras compostas foram armazenadas sob refrigeração até o momento da realização das análises.

Os parâmetros analisados no sedimento foram pH, umidade, matéria orgânica e granulometria. As análises de umidade e matéria orgânica foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, já análise de granulometria, foi realizada no Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física – LABOGEF do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da UFG, e as análises de pH foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Foliar (LASF) da UFG.

As metodologias utilizadas para as análises de água foram as propostas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA, APHA, WCI, 2005). As demais, no caso do sedimento, foram realizadas de acordo com as metodologias propostas pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Para verificar se os parâmetros de qualidade da água, pH, temperatura da água, OD, condutividade elétrica, nitrogênio total, fósforo total, DBO, sólidos dissolvidos totais, coliforme total e *E. coli*, e se os parâmetros do sedimento, pH, % de umidade e % de matéria orgânica apresentavam valores significativamente diferentes entre as estações chuvosa e seca, foi utilizado o teste de Mann-Whitney, com um nível de significância de 95%, ou seja, foram considerados significativos os valores que apresentaram $p \leq 0,05$.

O teste de Wicoxon-Mann-Whitney ou simplesmente teste de Mann-Whitney é o teste não paramétrico utilizado para comparar as funções de distribuição de uma variável pelo menos ordinal medida em duas amostras independentes. É utilizado quando as amostras são de pequena dimensão ou muito diferentes e as distribuições são muito enviesadas (MARÔCO, 2011).

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007).

Os resultados obtidos para a água dos rios foram analisados à luz da Resolução CONAMA nº 357/2004 com os seus valores máximos permitidos (VMP) para diversos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Os resultados obtidos serão apresentados considerando os dois períodos de coletas (período de chuva e de seca) e os dois pontos de coletas (Pt1 e Pt2) para os quatro mananciais (Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4) nessa ordem. Dessa forma, em relação aos valores medidos de pH, para o Rio 1 houve uma variação entre 6,28 e 7,17. Essa variação de pH no Rio 2 ocorreu entre os valores de 5,30 e 7,59. No Rio 3, a variação de pH esteve entre os valores de 6,18 e 7,57 e no Rio 4 os valores de pH variaram entre 6,53 e 7,90 (Tabela 2).

Com exceção do valor medido na quarta coleta do ponto 2 (5,30), todos os outros valores medidos nos quatro rios ficaram dentro da faixa de valores permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe II compreendido entre 6 e 9. Apesar de o valor medido de pH 5,3 não ser considerado ideal pela legislação vigente, isso não implica dizer que este rio esteja sofrendo impactos negativos de relevância (considerando este parâmetro), uma vez que foi medido um único valor abaixo do esperado e nas demais leituras subsequentes já estava normalizado. De acordo com Von Sperling (2005) na faixa de pH entre 4,4 e 8,3 predomina os íons bicarbonatos (HCO_3^-) ocorrendo uma acidez carbônica, mas ainda considerado dentro dos limites permitidos pela legislação vigente citada acima (CARVALHO e SIQUEIRA, 2011).

De forma geral, os resultados encontrados indicam que as águas desses rios estão próximos à neutralidade. Coradi, Fia e Pereira-Ramirez (2009), em seus estudos dos cursos de água do município de Pelotas no Rio Grande do Sul encontraram valores de pH entre 5,4 e 8,2

e, segundo os autores essa variação não afeta a vida aquática. Estes autores afirmam que o pH indica a qualidade da água e a extensão da poluição de recursos hídricos e, que sistemas aquáticos não poluídos na maioria das vezes apresentam uma variação nos valores de pH próximo da neutralidade. Advertem ainda que o pH afeta a toxicidade de substâncias como os metais e nitrogênio, além de alterar a solubilidade e, portanto a disponibilidade de algumas substâncias.

Observa-se que os menores valores de pH medidos ocorreram no período chuvoso e que os maiores ocorreram no período de seca com exceção dos valores de pH do rio 4 em que ambos ocorreram no período de seca. Sazonalmente, foi observada uma tendência de acidificação da água durante o período de chuva. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento do volume hídrico que se dá em função do escoamento superficial advindo das águas de chuva, que ocasiona lixiviamento dos solos levando para dentro dos rios restos vegetais como folhas e galhos e todo tipo de substâncias presentes nos solos e, dessa maneira eleva-se a quantidade de matéria orgânica presente nessas águas e conseqüentemente ocorre um aumento na concentração de ácido no meio aquático devido à decomposição da matéria orgânica por microrganismos.

O Rio 4 apresenta em um dos pontos árvores dos dois lados e neste ponto a velocidade de escoamento é extremamente baixa, dessa forma os restos vegetais permanecem por muito mais tempo nessa área, se decompondo. Essa pode ter sido a causa do pH continuar baixo.

Bárbara et al. (2010) no estudo do rio Araguari no Amapá e Alvarenga et al. (2012) no estudo do afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, também observaram essa convergência de valores de pH.

Valores semelhantes de pH, ao do presente estudo, foram encontrados por Menezes et al., (2009) no estudo da bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ. Moura (2014) em seu estudo, realizado em quatro rios situados na região metropolitana de Goiânia, também encontrou valores de pH semelhantes ao do presente estudo.

Essa faixa de pH recomendada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 é considerada ideal, uma vez que os ecossistemas aquáticos dependem do pH. Essa influência dá-se devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies aquáticas, pois valores elevados de pH podem afetar o equilíbrio e interferir na taxa das reações químicas (ARAÚJO e OLIVEIRA, 2013).

Em relação à temperatura, no Rio 1 a variação desse parâmetro esteve entre 21,18^oC e 27,41^oC; no Rio 2 essa variação ficou entre 19,69^oC e 25,49^oC, no Rio 3 houve uma variação entre 19,17^oC a 24,53^oC e para o Rio 4, a variação esteve entre 18,30^oC e 22,89^oC (Tabela 2).

A temperatura da água é considerada um dos parâmetros mais importantes (OLIVEIRA e CUNHA, 2014), já que os processos biogeoquímicos são influenciados por ela (WARD et al., 2013). Assim como algumas propriedades da água como densidade, viscosidade e concentração de gases dissolvidos que sofrem essa influência e, além disso, a temperatura tem efeito sobre a cinética das reações químicas e funções enzimáticas dos organismos (VON SPERLING, 2005).

Nota-se que de forma geral, na estação chuvosa os valores de temperatura são ligeiramente mais elevados, para os quatro rios. Esta variação pode estar relacionada à hora da coleta e a sazonalidade (MIRANDA et al., 2009). Temperaturas mais altas na estação chuvosa também foram encontradas no córrego São Simão – São Paulo (GONÇAVES et al., 2012), no reservatório de Barra Bonita localizado na região central do estado de São Paulo (BUZELLI e CUNHA-SANTINO, 2013) e em quatro rios na região metropolitana de Goiânia-Goiás (MOURA, 2014).

Este parâmetro, não apresentou diferença estatisticamente significativa. Mas, essa pequena diferença existente entre os valores medidos de temperatura pode ser justificada pela ausência de mata ciliar no trecho visitado, pois de acordo com Sampaio (2012), a ausência da mata ciliar pode alterar a manutenção das condições de temperatura e umidade dos cursos d'água.

Não consta na Resolução CONAMA nº 357/2005 valores máximos e mínimos estipulados para esta variável, entretanto, os resultados obtidos para esse parâmetro são considerados adequados para este ambiente, já que o recomendável é que a temperatura em ambiente aquático seja inferior a 40^oC (ARAÚJO e OLIVEIRA, 2013).

Tabela 2 - Resultados de algumas análises físico-químicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.

Rio	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	CE (µS/cm)	Rio	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	CE (µS/cm)
CHUVA					CHUVA				
1	6,56	25,19	5,88	24,00	3	6,18	23,89	5,20	12,00
	6,54	25,35	6,01	24,00		6,21	23,72	6,13	12,00
	6,28	24,23	4,76	26,00		7,01	24,14	6,39	15,00
	6,30	23,67	5,71	24,00		6,60	23,62	6,12	14,00
	6,84	24,71	6,07	24,00		6,75	24,24	6,46	13,00
	6,42	24,20	5,94	24,00		6,79	24,53	5,81	12,00
SECA					SECA				
	6,83	21,18	4,24	26,00		6,36	19,17	5,42	13,00
	6,80	21,31	4,59	24,00		7,57	19,27	4,78	13,00
	6,55	24,86	3,04	28,15		7,41	19,89	5,57	12,00
	7,17	24,53	3,01	26,00		7,01	19,39	4,92	12,00
	6,69	27,33	0,90	27,00		7,55	23,68	2,42	13,00
	7,07	27,41	1,10	30,00		6,84	23,07	2,18	13,00
MEDIANA	6,625	24,62	4,675	25,00	MEDIANA	6,815	23,65	5,495	13,00
MÍNIMO	6,28	21,18	0,90	24,00	MÍNIMO	6,18	19,17	2,18	12,00
MÁXIMO	7,17	27,41	6,07	30,00	MÁXIMO	7,57	24,53	6,46	15,00
CHUVA					CHUVA				
2	6,80	24,50	6,06	26,00	4	7,47	22,89	7,59	58,00
	5,30	24,00	6,93	13,00		7,45	22,84	6,68	58,00
	7,12	24,33	7,36	20,00		7,57	21,92	7,12	52,00
	7,01	25,49	7,01	22,00		7,68	21,52	6,73	48,00
	6,56	22,17	6,63	18,00		7,31	22,22	6,37	47,00
	6,49	22,44	6,72	11,00		7,12	22,16	6,10	48,00
SECA					SECA				
	7,27	20,65	5,82	14,00		7,81	19,53	5,78	36,00
	7,18	19,83	5,51	13,00		7,90	19,35	5,52	36,00
	6,83	19,83	5,96	17,00		7,07	18,39	5,61	48,00
	6,05	19,69	6,04	16,00		6,53	18,30	5,67	48,00
	7,59	24,73	2,64	20,00		7,20	22,17	1,49	54,00
	7,15	24,39	2,76	18,00		6,83	21,99	1,23	59,00
MEDIANA	6,92	23,22	6,05	17,5	MEDIANA	7,38	21,955	5,94	48,00
MÍNIMO	5,30	19,69	2,64	11,00	MÍNIMO	6,53	18,30	1,23	36,00
MÁXIMO	7,59	25,49	7,36	26,00	MÁXIMO	7,90	22,89	7,59	59,00

O parâmetro oxigênio dissolvido variou de 0,90 mg/L a 6,07 mg/L no Rio 1; de 2,64 mg/L a 7,36 mg/L no Rio 2; de 2,18 mg/L a 6,46 mg/L no Rio 3 e de 1,23 mg/L a 7,59 mg/L no Rio 4 (Tabela 2). Verificando todas as medições realizadas para esse parâmetro nos quatro rios estudados, percebe-se que do total de 48 medidas 15 (quinze), ou seja, 31,25% apresentaram valores inferiores a 5,0 mg/L, que é o valor mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo 7 (sete) delas no Rio 1. Entretanto, verificando as medianas, nota-se que apenas uma delas está abaixo de 5,0 mg/L e que as demais estão acima.

Percebe-se também que os baixos valores de OD ocorreram no período da seca com exceção apenas de um único valor que ocorreu na segunda coleta (chuva). Campagna (2005) também obteve resultados semelhantes em seu trabalho. Na época seca, nos rios Gregório e USP (3,7 e 4,38 mg/L respectivamente) e intermediária (out/03) nos rios UFSCar e USP (2,7 e 4,38 mg/L respectivamente) a vazão exerceu influência nas baixas concentrações de oxigênio dissolvido, uma vez que o índice pluviométrico é menor.

A turbulência aumenta a concentração de OD. No entanto, teores de oxigênio variam de um ambiente para outro, bem como dentro do mesmo curso d'água, em decorrência das características geomorfológicas e variações climáticas. Ainda deve ser mencionada a relação entre a quantidade de oxigênio dissolvido e matéria orgânica no sistema, podendo esta ser de origem natural ou antropogênica (CAMPAGNA, 2005).

Do contrário, no período chuvoso, com exceção de um único valor medido abaixo do limite, todas as demais medidas de OD estão dentro do permitido pela legislação. Contudo, resultados assim, podem estar relacionados à precipitação ou a outros fatores, como os resultados apresentados no estudo de Vasco et al. (2011), por exemplo, em que as concentrações de OD compreendido entre 2,1 mg/L e 5,6 mg/L que ocorreram tanto no período de seca quanto no de chuva estão relacionados, neste caso, à presença de esgotos sem tratamento lançados no rio estudado e à própria característica física (relevo) dos trechos dos rios, que propicia baixa velocidade no fluxo da água influenciando numa menor reaeração.

Dessa forma, esses resultados de OD indicam certo grau de degradação da qualidade da água, embora nota-se que os valores extremamente baixos de OD foram medidos na sexta coleta e que os demais estão mais próximos do aceitável, o que leva a um indicativo de alteração do meio neste período. Assim, verificando os valores de DBO medidos nos mesmos dias de coleta do OD, a fim de compará-los, constatou-se maiores valores de DBO no Rio 1 e no Rio 3, apesar de os valores não excederem o VMP pela Resolução CONAMA nº

357/2005 que é de até 5 mg/L, mas estavam acima do comumente medidos, comparando-se com as outras coletas e, no Rio 2 e no Rio 4 estava acima do limite estabelecido.

Devido ao fato de a DBO ser uma das principais causadoras da redução de OD no meio aquático e, do contrário tem-se valores elevados de OD quando há menores quantidades de matéria orgânica biodegradável, refletidas pelas concentrações de DBO (CORADI, FIA e PEREIRA-RAMIREZ, 2009), supõe-se que as baixas concentrações de OD encontradas nestes dias podem estar relacionadas aos altos valores de DBO.

Uma característica observada nos trechos dos rios estudados foi a baixa correnteza da água, com exceção do Rio 2 em que havia boa velocidade no fluxo de água, os demais apresentavam pelo menos um trecho com baixa velocidade, isso também pode ter influenciado nos resultados de OD.

A atividade biológica em que há consumo de oxigênio e a alta temperatura também podem ter contribuído para a redução de OD, visto que o OD depende da temperatura, salinidade e pressão do meio. O OD é determinante para a manutenção dos organismos aeróbios, e a sua quantidade necessária varia de uma espécie para outra, por exemplo, os peixes necessitam de 4 mg/L em média, para sua sobrevivência (SANTOS et al., 2007), por isso valores baixos de OD em sistemas aquáticos pode provocar o desaparecimento dos peixes, uma vez que estes organismos são extremamente sensíveis à diminuição de OD em seu ambiente (BLUME et al., 2010).

Na análise estatística dos dados dos quatro rios com relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, apenas o Rio 3 não apresentou valores diferentes estatisticamente significantes entre a estação chuvosa e seca. Já o Rio 1 apresentou valores significativamente diferentes entre a estação chuvosa e seca ($Z(U) = 2,88$; $p = 0,003$) sendo que, os valores mais altos de OD foram verificados na estação chuvosa (Figura 2a). No Rio 2 o OD apresentou valores diferentes entre as estações ($Z(U) = 2,8823$; $p = 0,003$), sendo maior na estação chuvosa (Figura 2b). No Rio 4 o OD também apresentou valores estatisticamente diferentes entre a estação chuvosa e seca ($Z(U) = 2,88$; $p = 0,003$), sendo maior na estação chuvosa (Figura 2c).

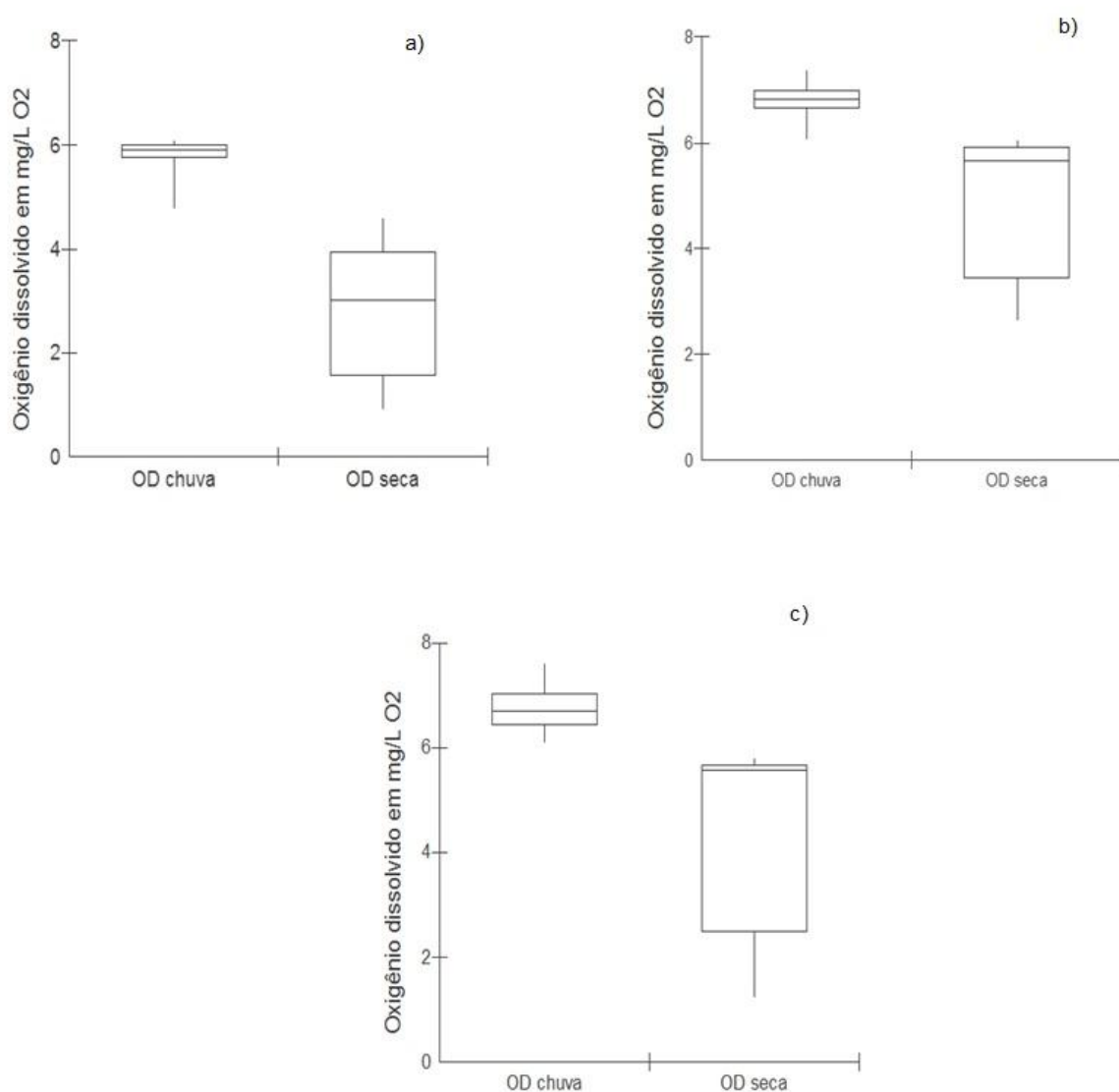


Figura 2 - Variação nos valores de oxigênio dissolvido entre a estação chuvosa e seca nos rios amostrados. a) Rio 1, b) Rio 2 e c) Rio 4.

Os valores de condutividade elétrica medidos para o Rio 1 ficaram entre 24,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ e 30,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$. Essa variação para o Rio 2 foi de 11,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ a 26,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ e no Rio 3, essa variação ocorreu entre os valores de 12,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ e 15,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$. Já para o Rio 4, a variação foi de 36,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ a 59,00 $\mu\text{S/cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$.

De acordo com Cetesb (2010), valores de condutividade elétrica superiores a 100 $\mu\text{S/cm}$ indicam ambientes impactados. Faixas de condutividade na ordem de 10 a 100 $\mu\text{S/cm}$

podem ser encontradas em águas naturais e em alguns casos, ela pode indicar poluição das águas (SANTOS et al., 2007). A condutividade elétrica não possui um VMP na Resolução CONAMA nº 357/2005 em nenhuma das classificações de água doce.

Tabela 3 - Resultados de análises físico-químicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.

Rio	Nitrogênio Total (mg/L N)	Fósforo Total (mg/L P)	DBO (mg/L O ₂)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Rio	Nitrogênio Total (mg/L N)	Fósforo Total (mg/L P)	DBO (mg/L O ₂)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
CHUVA					CHUVA				
1	1,12	0,018	1,05	12,00	3	1,68	0,203	0,53	6,00
	0,28	<0,01	0,97	12,00		1,12	0,092	0,81	6,00
	1,12	0,063	3,83	13,00		0,56	<0,01	1,23	8,00
	1,12	0,063	3,53	12,00		0,56	0,017	1,02	4,00
	1,12	0,785	0,52	12,00		1,12	0,60	0,49	6,00
	1,12	0,662	0,66	12,00		0,56	0,315	0,10	6,00
SECA					SECA				
	1,26	0,21	0,90	13,00		1,36	0,04	0,20	7,00
	1,36	0,02	0,90	12,00		0,96	0,02	0,20	6,00
	0,56	0,02	0,50	12,00		0,28	<0,01	0,50	6,00
	0,56	0,02	0,50	13,00		0,28	<0,01	0,60	6,00
	0,38	0,08	4,50	14,00		0,66	0,23	3,30	7,00
	0,28	0,07	3,90	15,00		0,56	0,09	4,40	7,00
MEDIANA	1,12	-	0,935	12,00	MEDIANA	0,61	-	0,565	6,00
MÍNIMO	0,28	-	0,50	12,00	MÍNIMO	0,28	-	0,10	4,00
MÁXIMO	1,36	-	4,50	15,00	MÁXIMO	1,68	-	4,40	8,00
CHUVA					CHUVA				
2	0,28	<0,01	2,68	10,00	4	0,56	0,042	1,35	29,00
	0,56	<0,01	2,30	10,00		1,12	0,083	2,44	29,00
	1,68	0,867	0,49	10,00		0,56	0,010	0,10	26,00
	1,68	0,899	0,25	11,00		0,56	0,020	1,36	28,00
	0,56	0,300	1,35	9,00		1,12	0,079	0,17	23,00
	1,12	0,512	0,95	5,00		1,40	0,106	0,23	23,00
SECA					SECA				
	1,06	0,06	0,77	7,00		1,06	0,01	1,30	18,00
	0,96	0,01	0,59	6,00		1,06	0,03	1,39	18,00
	0,56	0,02	0,50	8,00		0,56	0,02	0,70	27,00
	0,56	0,02	0,40	8,00		0,56	0,01	0,30	30,00
	0,28	0,06	6,30	10,00		0,76	0,31	7,80	24,00
	0,66	0,20	6,50	8,00		0,56	0,14	7,00	24,00
MEDIANA	1,22	-	0,86	8,5	MEDIANA	0,66	0,036	1,325	25,00
MÍNIMO	0,28	-	0,25	5,00	MÍNIMO	0,56	0,01	0,10	18,00
MÁXIMO	1,68	-	6,50	11,00	MÁXIMO	1,40	0,31	7,80	30,00

Quanto às determinações de nitrogênio total e fósforo total algumas amostras do fósforo total não puderam ser quantificadas em sua totalidade devido à baixa concentração desse composto nos mananciais. Mesmo assim, valores mínimos e máximos foram determinados, sendo, para o nitrogênio total: de 0,28 mg/L N e 1,36 mg/L N no Rio 1; 0,28 mg/L N e 1,68 mg/L N para o Rio 2; 0,28 mg/L N e 1,68 mg/L N no Rio 3 e 0,56 mg/L N e 1,40 mg/L N para o Rio 4 (Tabela 3).

Para o parâmetro fósforo total esses valores foram iguais a 0,018 mg/L P e 0,785 mg/L P no Rio 1; 0,01 mg/L P e 0,899 mg/L P para o Rio 2; 0,02 mg/L P e 0,315 mg/L P no Rio 3 e 0,01 e 0,31 mg/L P no Rio 4 (Tabela 3).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece como VMP 0,050 mg/L para o fósforo total em ambientes intermediários e tributários em águas doces classe II. Nota-se que das 48 amostras medidas para esse parâmetro 25 (vinte e cinco), ou seja, 52,08 % extrapolaram esse valor. Observa-se a ocorrência dos maiores valores no período chuvoso.

Fia et al. (2009), afirma que uma das causas do aumento da concentração de fósforo total nas águas superficiais pode ser devido à lixiviação. Em áreas agrícolas a situação se agrava ainda mais (CUNHA et al., 2013).

No presente trabalho, de maneira semelhante a estes trabalhos citados, pode-se dizer que os altos valores de fósforo fora do VMP é um indicativo de enriquecimento desse nutriente através das atividades do entorno, como o plantio familiar (há moradias próximas aos rios) e, uma vez que o solo recebe esses nutrientes provenientes de adubos e outros insumos, podem ser carregados para os rios através da lixiviação. Além disso, esses rios são caracterizados por áreas de pastagens às suas margens, presença de gado, ausência de mata ciliar em alguns trechos, erosão e assoreamento tornando-os bastante vulneráveis.

De acordo com a Cetesb (2009) o excesso de fósforo em cursos d'água podem ser provocadas por águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas. Além do esgoto sanitário e outros tipos de efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios.

Malheiros et al. (2012), em estudo sobre a qualidade da água de uma represa em Campo Verde-MT, caracterizada pela presença de cultivo de soja, milho, algodão e pasto em seu entorno, encontraram maiores concentrações de fósforo total na interface sedimento-água, uma vez que esta apresenta outras características que podem influenciar na dinâmica do fósforo como assoreamento e erosão, além de possuir grande quantidade de macrófitas e restos vegetais, que se decompõe liberando nutrientes como o fósforo e nitrogênio.

Algumas características marcantes em todos os rios estudados, nesse trabalho, que podem ter influenciado negativamente os resultados de fósforo e até do nitrogênio presentes nessas águas diz respeito às erosões, aos assoreamentos (a mata ciliar escassa e o pisoteio de animais que aceleram o processo de assoreamento), ao uso do solo para pastagens, em sua maioria, e a pequenas áreas agricultáveis que consequentemente ocasiona o desmatamento de áreas de preservação permanente. Em todos eles foram observados impactos dessa natureza demonstrando as interferências antrópicas sobre os sistemas hídricos.

O nitrogênio e o fósforo são nutrientes de suma importância à cadeia alimentar, entretanto em excesso em águas superficiais provocam a eutrofização (BARRETO et al., 2014). Alterações no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água, redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas são consequências da eutrofização (SMITH e SCHINDLER, 2009).

De acordo com Hansen e Marquez-Pacheco (2012), a eutrofização que ocorre devido ao enriquecimento por nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo aos corpos d'água, se dá ora por fontes naturais, ora por fontes antropogênicas. Fontes naturais ocorrem quando os nutrientes contidos na forma mineral ou matéria orgânica em sedimentos são libertados e ficam disponíveis para o crescimento de algas e bactérias, já a fonte superficial desses nutrientes, inclui contaminação por efluentes e as originadas por atividades agrícolas, pecuária e outros usos da terra.

Outros fatores que contribuíram para o enriquecimento de fósforo nos quatro rios podem ter sido originados da matéria orgânica presente nos sedimentos desses rios e, além disso, o uso dos rios para dessedentação de animais e o cultivo de hortaliças pelos moradores adjacentes aos rios.

No rio Arari, na ilha de Marajó, por exemplo, Alves et al., (2012) encontraram grandes quantidades de nutrientes nessas águas, principalmente o fósforo total, estando o rio Arari em processo de eutrofização, porém os autores alegam que esse processo é natural, pois os lançamentos de efluentes e as contaminações antrópicas são incipientes.

Considerando-se os quatro rios do presente trabalho, apesar de terem sido encontrados valores de fósforo total fora do VMP pela legislação pertinente, em todos eles, não há indício de eutrofização e não foi identificado descarte de esgoto em nenhum rio, no entanto estes rios estão passando por um processo de degradação ambiental, evidenciado pelas erosões, assoreamentos, solo descoberto utilizado para pastagens, presença de gado, escassa mata ciliar, escassa mata de galeria, uso do solo para agricultura familiar como olericultura

(hortaliças) com potencial uso de agrotóxico e descarte inadequado das embalagens desses produtos. Todos esses fatores contribuem para o enriquecimento de nutrientes tais como o fósforo e o nitrogênio nesses rios, que se não contidos, ao longo do tempo podem acarretar em problemas maiores como a eutrofização e consequentemente dificultando e onerando o tratamento dessas águas para abastecimento.

Para o parâmetro nitrogênio total não existe um VMP estabelecido na legislação. Ela estabelece concentrações limite apenas para o nitrogênio nas formas de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal total.

Em relação aos valores de DBO os resultados obtidos para o Rio 1 ficaram entre 0,50 mg/L O₂ e 4,50 mg/L O₂. Para o Rio 2 os valores ficaram entre 0,25 mg/L O₂ e 6,50 mg/L O₂; de 0,10 mg/L O₂ a 4,50 mg/L O₂ no Rio 3 e entre 0,10 mg/L O₂ e 7,80 mg/L 5 O₂ no Rio 4 (Tabela 3).

Verificando todos os valores de DBO dos quatro rios estudados, apenas na sexta coleta do Rio 2 e Rio 4 é que apresentaram valores acima do VMP pela Resolução CONAMA nº 357/2005 como citado acima.

Possíveis causas que contribuíram para o aumento da DBO nesses rios deve-se em grande parte ao uso e ocupação do solo para pastagem, criação de gado, agricultura (hortaliças) e consequentemente ao carreamento da camada superficial do solo para os rios. Estes fatores implicam em aumento de matéria orgânica devido aos nutrientes presentes nas fezes desses animais, a restos de folhas e galhos e outros nutrientes orgânicos provenientes do solo. Situações constatadas nesses rios e que propiciam a retirada de nutrientes do solo são agravados quando a área do entorno do rio apresenta declive, ausência de mata ciliar e solo descoberto (características dos rios) facilitando o transporte e o acúmulo de matéria orgânica e, portanto o aumento da DBO.

No caso dos rios estudados não foi notado nenhum tipo de descarga de esgotos, ou outra fonte pontual de poluição, porém a presença de bovinos é marcante em todos eles, o que também, pode ter contribuído para alterar as condições desses rios nesse período, devido à disponibilidade de nutrientes das fezes desses animais. Além disso, o desenvolvimento de atividades agrícolas (plantações de hortas, principalmente) às margens dos cursos d'água, pelos moradores próximos aos rios constitui-se numa importante fonte difusa de poluição que também pode ter colaborado para este resultado.

Em relação aos sólidos dissolvidos totais, os valores obtidos para o Rio 1 ficaram entre 12 mg/L e 15 mg/L; 5 mg/L e 11 mg/L para o Rio 2; entre 4 mg/L e 8 mg/L no Rio 3 e

entre 18 mg/L e 30 mg/L no Rio 4 (Tabela 3). Os resultados apresentados ficaram muito abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 que é igual a 500 mg/L para água doce classe 2.

Barreto et al. (2014) em estudo do rio Catolé-BA também encontraram valores bem abaixo do VMP pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005.

Na análise estatística dos resultados, os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, DBO e sólidos dissolvidos totais, dos quatro mananciais, comparando as medições realizadas no período chuvoso com as realizadas no período de seca, não apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de significância de 95 % ($p \leq 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

3.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA

O parâmetro coliformes totais apresentou valores mínimo e máximo iguais a 1.203,3 NMP/100 mL e 19.863 NMP/100 mL no Rio 1; 2.014 NMP/100mL e 17.329 NMP/100 mL no Rio 2; 2.282 NMP/100 mL e 51.720 NMP/100 mL no Rio 3 e 1.011,20 NMP/100 mL e 72.700 NMP/100 mL no Rio 4 (Tabela 4).

Com relação aos valores de mediana, o Rio 4 apresentou o maior valor, considerando esse parâmetro, e esses valores indicam que a água desses mananciais representa riscos para a população que faz uso desta água ainda bruta, já que foi observado *in loco* que eles servem como área de lazer, assim se consumida, ela pode causar enfermidades de natureza gástrica como diarreias.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde WHO (2008) a contaminação das águas por material fecal de origem humana e animal e sua ingestão podem causar doenças infecciosas por bactérias, vírus, protozoários e helmintos, podendo desencadear surtos de doenças transmitidas pela água (WHO, 2008).

Os resultados para o parâmetro *Escherichia coli* variaram entre 35 NMP/100 mL e 2.481 NMP/100 mL no Rio 1, entre 131,4 NMP/100 mL a 1.986,3 NMP/100 mL no Rio 2; entre 84,5 NMP/100 mL e 17.329 NMP/100 mL para o Rio 3 e entre 128,1 NMP/100 mL e 547,5 NMP/100 mL no Rio 4 (Tabela 4). O maior valor de mediana foi encontrado no Rio 1.

Verificando todos os valores medidos para esse parâmetro, pode-se afirmar que eles indicam poluição de origem fecal, pois a bactéria (*E. coli*) devido ao fato de ser a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais de sangue quente pode indicar especificamente a presença de contaminação dos

corpos d'água por fezes (CETESB, 2007). A presença de coliformes nas amostras de água, geralmente, sugere poluição fecal deste recurso de água doce aumentando a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos na água, o que representa uma ameaça para a saúde pública (SIBANDA et al., 2013).

Desta maneira, a presença de bactérias do grupo coliforme na água pode inferir contaminação deste recurso hídrico com o risco potencial da presença de organismos patogênicos, já que estas bactérias podem ser provenientes de fezes de humanos ou de animais de sangue quente contaminados, sendo que tal contaminação pode sugerir a influência de ações antrópicas.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece os VMP para coliforme total e nem para *Escherichia coli* e, contempla somente o parâmetro coliformes termotolerantes para análises microbiológicas da água. Por outro lado, ela permite que o parâmetro *Escherichia coli* seja determinado em substituição ao de coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente, que no caso de Goiás é a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH).

Assim, de acordo com o Decreto Nº 1745 (GOIÁS, 1979) ainda em vigência, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente, em seu Capítulo II, Art. 11 regulamenta que para análises microbiológicas, o NMP de coliformes é de até 5.000 (cinco mil), sendo 1.000 (um mil) o limite para os de origem fecal, em 100 mL (cem mililitros) para 80% (oitenta por cento), de pelo menos 5 (cinco) amostras colhidas num período de até 5 (cinco) semanas consecutivas.

Tabela 4 - Valores dos resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de água coletadas no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.

Rio	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Rio	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Rio	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	Rio	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)
CHUVA											
1	2.419,60	1.732,90	2	9.208	866,4	3	48.840	16.580	4	26.130,00	547,50
	1.413,6	2.481,00		7.270	524,7		51.720	17.329		29.000,00	435,20
	11.119,00	186,00		6.131	488,4		3.448	178,9		17.329,00	231
	10.462	206,40		2.330	387,3		6.131	178,2		6.131,00	188,20
	14.136	1.565		15.531	1.413,60		5.475	166,4		17.329,00	344,80
	8.550	1.986,30		17.329	1.986,30		8.664	137,6		22.820	435,20
SECA											
	12.203,30	501,20		2.014	131,40		27.550	6.488		3.282	142,10
	15.531,00	161,00		2.046	161,60		46.110	6.830		3.282	128,10
	17.230,00	52,10		3.873	298,70		4.569	209,80		3.654	151,50
	15.531,00	35,00		3.130	231,00		2.282	84,50		4.352	166,40
	9.606	1.413,60		14.136	1.299,70		4.352	151,50		12.997	307,60
	5.172	1.553,10		14.136	1.553,10		6.131	152,90		15.650	325,50
MED.	10.034	957,40	MED.	6.700,50	506,55	MED.	6.131	194,35	MED.	14.323,50	335,15
MÍN.	1.203,30	35	MÍN.	2.014	131,40	MÍN.	2.282	84,50	MÍN.	1.011,20	128,10
MÁX.	19.863	2.481,00	MÁX.	17.329	1.986,30	MÁX.	51.720	17.329	MÁX.	72.700	547,50

Considerando o decreto para verificação dos coliformes totais deste trabalho, tem-se que para o Rio 1 a medição do ponto 1 da primeira, quarta e quinta coleta estão dentro do limite estabelecido. Já para o Rio 2, a medição do ponto 2 da segunda coleta, e os dois pontos da quarta e quinta coleta também atendem ao disposto no decreto. O Rio 3 apresenta resultados dentro do limite para o primeiro ponto da segunda e sexta coleta e para os dois pontos da quinta coleta. Para o Rio 4 tem-se que o ponto 2 da segunda coleta e os dois pontos da quarta e quinta coleta apresentam resultados dentro do limite.

Em relação às análises de *E. coli*, o decreto estadual estabelece o valor igual a 1.000 para o VMP de coliformes de origem fecal em análises de amostras colhidas num período de cinco semanas consecutivas, mas neste trabalho, essas coletas não foram realizadas de forma consecutiva. De qualquer forma, avaliando os valores obtidos em relação a esse VMP pelo decreto estadual, seis valores obtidos no Rio 1, quatro valores obtidos no Rio 2 e quatro valores obtidos no Rio 3 estão fora desse limite estabelecido.

Esses resultados demonstram que é necessário um acompanhamento microbiológico dessas águas, periodicamente, a fim de se manter um controle da qualidade da água desses mananciais, uma vez que a água é a via principal de transmissão de doenças gastrointestinais causadas por patógenos (SIQUEIRA et al., 2010).

Na análise estatística dos resultados, os parâmetros coliformes totais e *E. coli*, dos quatro mananciais, comparando as medições realizadas no período chuvoso com as realizadas no período de seca, não apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de significância de 95 % ($p \leq 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

3.3 PARÂMETROS DO SEDIMENTO

Em relação aos parâmetros analisados no sedimento, o Rio 1 apresentou valores de pH que variaram de 4,3 a 5,2. O Rio 2 apresentou valores que variaram entre 5,4 e 6,1 e o Rio 3, valores que variaram de 4,8 a 5,8. Já o Rio 4, valores entre 4,7 e 6,1 (Tabela 5).

Nos solos brasileiros podem ser encontrados uma variação de pH que fica entre 4 e 7,5 sendo que valores de pH inferiores a 7 caracterizam o solo como ácido (COTTA, 2003). Assim, os valores medidos nos quatro mananciais estudados (ácidos) confirmam estes resultados para pH normalmente medidos no Brasil. Outros estudos também encontraram valores de pH ácido em seus mananciais como Cavenaghi, et al., (2005) no rio Mogi-Guaçu no Estado de Minas Gerais e Rios (2013) no manancial de abastecimento Ribeirão João Leite no Estado de Goiás.

Para o parâmetro umidade, os valores obtidos foram: de 9,81% a 32,391% no Rio 1; de 8,45% a 21,07% no Rio 2; de 6,46% a 24,68% no Rio 3 e de 12,93% a 28,53% no Rio 4 (Tabela 5).

De acordo com Santiago e Cunha-Santino (2014), a umidade do solo representa sua parte líquida, a qual é composta principalmente por água, além de minerais dissolvidos e por materiais orgânicos solúveis, como por exemplo, o ácido húmico. Essa fração líquida do sedimento preenche os vazios existentes entre as partículas sólidas em maior ou menor porcentagem do sedimento analisado. Esta água é repostada principalmente por chuvas. Os valores encontrados para umidade, por estes autores, foram semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Cotta (2003) também encontrou valores de umidade nas suas amostras de sedimento que corrobora com os resultados encontrados nos quatro mananciais avaliados nesse artigo.

Com relação aos valores medidos para a porcentagem de matéria orgânica, no Rio 1, esses valores ficaram entre 8,53% e 24,35%; entre 5,85% e 31,21% foi a variação observada para o Rio 2; entre 5,29% e 21,27% ficou a variação determinada para o Rio 3 e entre 12,65% e 36,50% foi a variação no Rio 4 (Tabela 5).

De acordo com Santiago e Cunha-Santino (2014), o teor de MO no sedimento pode classificá-lo como orgânico ou inorgânico. Um sedimento é considerado orgânico quando apresenta valores de MO acima de 10% e abaixo é considerado inorgânico. Os rios amostrados por esses autores apresentaram características distintas, sendo que um rio teve seu sedimento caracterizado como inorgânico e o outro como orgânico.

A MO em corpos d'água provém de restos de vegetais e animais decompostos que são carregados pelo escoamento superficial alcançando a coluna d'água e, por fim, os sedimentos. Dessa forma, a MO do sedimento depende das condições do entorno do corpo hídrico (SANTIAGO e CUNHA-SANTINO, 2014).

O acúmulo de MO se dá em partículas finas (silte e argila), uma vez que a área superficial do sedimento é maior e, conseqüentemente, maior será a tendência de adsorção de compostos orgânicos hidrofóbicos e de metais. Do contrário, sedimentos predominantemente arenosos apresentam MO em menor quantidade (FROEHNER e MARTINS, 2008).

A MO presente nas amostras de sedimentos dos quatro mananciais estudados pode ser derivado de folhas e galhos presentes no entorno desses mananciais. No período da

cheia, o material adjacente à margem é carregado para dentro desses mananciais, tornando seus sedimentos orgânicos.

Outro fato importante que foi observado é que nos quatro rios estudados prevalece o uso do solo para pastagem sendo que os rios servem para a dessedentação animal, ou seja, a fonte principal de MO pode ser dos insumos provenientes dos usos do solo no entorno, como por exemplo, húmus. A remoção da vegetação ao entorno de rios pode implicar no aumento do escoamento superficial de matéria orgânica em locais próximos a áreas de pastagem (SAMPAIO, 2012).

Avaliando as medianas obtidas para os quatro rios estudados, verifica-se que os valores de MO estão acima de 10%, em todas elas, sendo assim os sedimentos desses rios podem ser classificados como orgânicos. Observa-se também que os maiores valores de MO foram encontrados, em quase sua totalidade, no período da cheia. Esses resultados indicam que o ambiente, desses quatro mananciais, apresenta uma maior capacidade em acumular contaminantes em seus sedimentos, principalmente o Rio 1, Rio 3 e Rio 4 porque apresentam granulometria fina composta em sua maior parte por silte.

Importante mencionar que Moura (2014) em seu trabalho, também realizado em mananciais da região metropolitana de Goiânia, ao avaliar a qualidade da água de quatro rios encontrou sedimentos inorgânicos em três deles e apenas um apresentava sedimento orgânico, tornando-o mais vulnerável à contaminação por metais pesados do que os outros três rios também estudados.

Sedimentos orgânicos também foram encontrados por Rodgher et al. (2005), no rio Tietê – SP e por Campanha et al., (2014) em estudo sobre a determinação da origem dos metais em sedimentos nos rios da bacia hidrográfica do Turvo, Estado de São Paulo.

Na análise estatística dos resultados, os parâmetros % umidade e pH, dos quatro mananciais, comparando as medições realizadas no período chuvoso com as realizadas no período de seca, não apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de significância de 95 % ($p \leq 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

Apenas a % de matéria orgânica no sedimento, do Rio 4, apresentou valores estatisticamente significantes entre a estação chuvosa e seca ($Z(U) = 2,8022$; $p = 0,005$) (Figura 3), sendo que os valores mais altos foram encontrados na estação seca.

O fato do Rio 4 apresentar maiores valores de MO na estação seca, pode ser devido a presença de grande quantidade de bovinos que utilizam o rio para dessedentação e uma característica física desse rio é que em um trecho onde foi realizada a coleta de amostra

d'água e de sedimentos, tanto de lado do rio como do outro nota-se a presença de mata preservada às margens do rio o que pode ter contribuído para o aumento de MO na seca, uma vez que as folhas e galhos das árvores caem dentro do rio. Outro fator importante também, é que neste trecho a velocidade de fluxo de suas águas era extremamente baixa, podendo reter por mais tempo restos vegetais e outros.

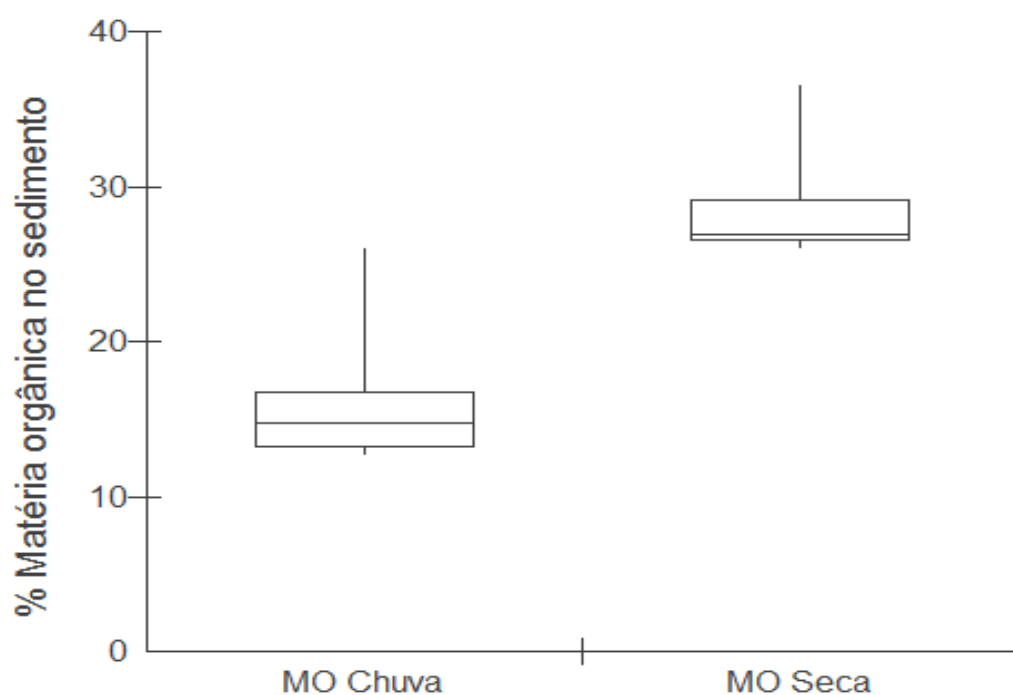


Figura 3 - Variação nos valores de % de matéria orgânica no sedimento entre a estação chuvosa e seca no Rio 4.

Tabela 5 - Valores dos resultados das análises realizadas nas amostras de sedimento coletadas em quadros localizados na região metropolitana de Goiânia, Goiás.

Rio	pH	Umidade (%)	Matéria Orgânica (%)	Rio	pH	Umidade (%)	Matéria Orgânica (%)
CHUVA				CHUVA			
1	4,3	32,39	15,56	3	5,0	18,6	20,95
	5,0	18,63	15,64		4,8	24,68	18,03
	4,8	14,01	12,91		5,1	13,11	21,27
	5,1	20,54	24,35		5,5	9,57	13,43
	5,1	16,66	15,46		5,8	7,04	9,84
	5,0	17,09	18,72		5,4	11,48	13,71
SECA				SECA			
	5,1	15,99	8,53		5,7	7,79	5,55
	4,6	14,89	11,25		5,5	11,46	14,33
	5,0	9,81	9,32		5,7	6,46	5,29
	4,5	20,38	13,55		5,5	11,37	13,0
	4,6	17,23	22,29		5,5	9,33	12,03
	5,2	14,83	23,00		5,3	11,97	14,69
MEDIANA	5,0	16,875	15,51	MEDIANA	5,5	11,415	13,57
MÍNIMO	4,3	9,81	8,53	MÍNIMO	4,8	6,46	5,29
MÁXIMO	5,2	32,39	24,35	MÁXIMO	5,8	24,68	21,27
CHUVA				CHUVA			
2	5,4	11,09	14,86	4	5,1	21,94	26,02
	5,5	17,07	15,76		5,1	12,93	12,65
	5,8	21,07	25,63		5,6	20,66	14,43
	6,1	19,12	31,21		5,3	15,05	12,83
	6,0	13,54	20,15		5,3	19,54	17,30
	6,0	18,36	23,42		5,2	15,51	15,04
SECA				SECA			
	5,8	12,73	12,37		4,7	25,24	26,93
	6,1	8,45	5,85		5,2	28,53	26,44
	5,9	13,19	11,28		4,7	21,28	26,85
	6,1	12,04	6,35		5,3	26,77	26,02
	5,9	16,25	28,14		6,1	25,23	29,81
	6,1	12,25	16,38		5,8	25,55	36,50
MEDIANA	5,95	13,365	16,07	MEDIANA	5,25	21,61	26,02
MÍNIMO	5,4	8,45	5,85	MÍNIMO	4,7	12,93	12,65
MÁXIMO	6,1	21,07	31,21	MÁXIMO	6,1	28,53	36,50

Em relação à granulometria, fez-se uma coleta de sedimento no período de seca e uma coleta no período chuvoso. Esta análise foi realizada para avaliar o tipo de sedimento de cada ponto de coleta.

Como pode ser observado nas figuras 4 e 5, as coletas no ponto 1 do Rio 1 apontam que o silte compõe a maior parte do sedimento dos dois períodos. No período de chuva a sua participação ficou com 23,81% e com 25,97% no período de seca. Em relação ao ponto 2 desse mesmo rio, houve também a predominância de silte para os dois períodos, sendo 33,99% no período de chuva e 24,25% no período de seca.

No ponto 1 do Rio 2 verificou-se que a composição desse sedimento foi, em sua totalidade, composta por areia grossa (42,78%) na coleta realizada no período de chuva e

(31,56%) na coleta realizada no período de seca. No ponto 2 desse rio, também houve a predominância de areia grossa (44,82%) no período de chuva e (30,75%) no período de seca.

As coletas realizadas no ponto 1 do Rio 3 também apontaram que o silte compõe a maior parte do sedimento nos dois períodos. No período de chuva a sua participação ficou com 29,45% e no período de seca, com 28,86%. Já em relação ao ponto 2 desse rio, a areia grossa foi encontrada em maior quantidade na coleta da chuva (27,15%) e na coleta da seca também, com (26,16%).

E em relação ao Rio 4, houve a predominância de silte nos dois períodos (30,07%) na época de chuva e (49,05%) no período de seca para o ponto 1, enquanto para o ponto 2 houve predominância de areia grossa (25,73%) no período de chuva e predominância de silte (26,85%) no período de seca.

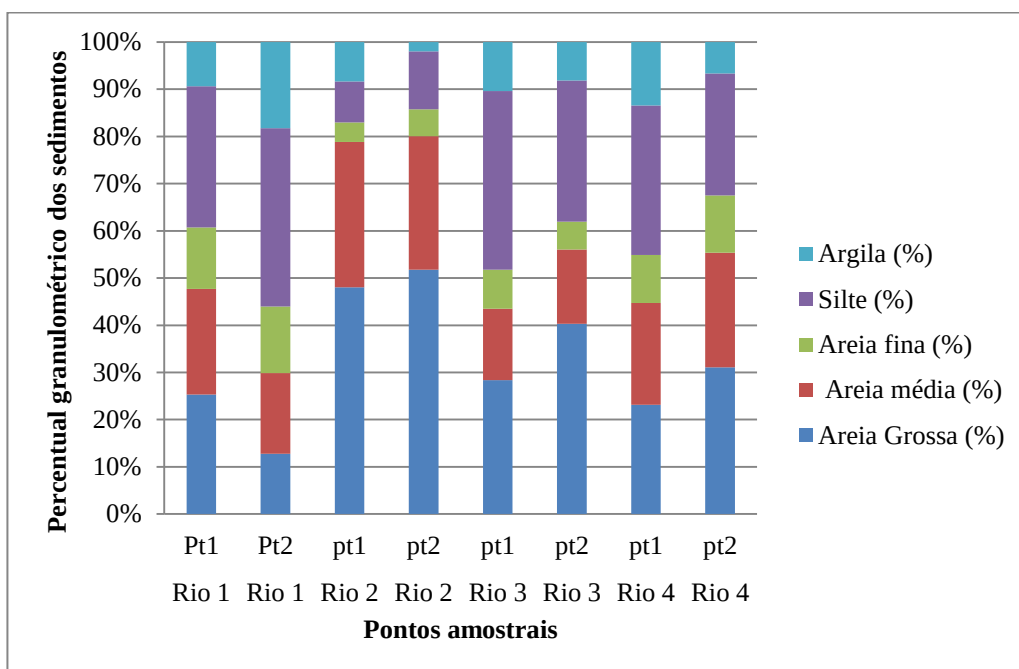


Figura 4 - Representação do percentual granulométrico dos pontos amostrais no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 estudados no período chuvoso.

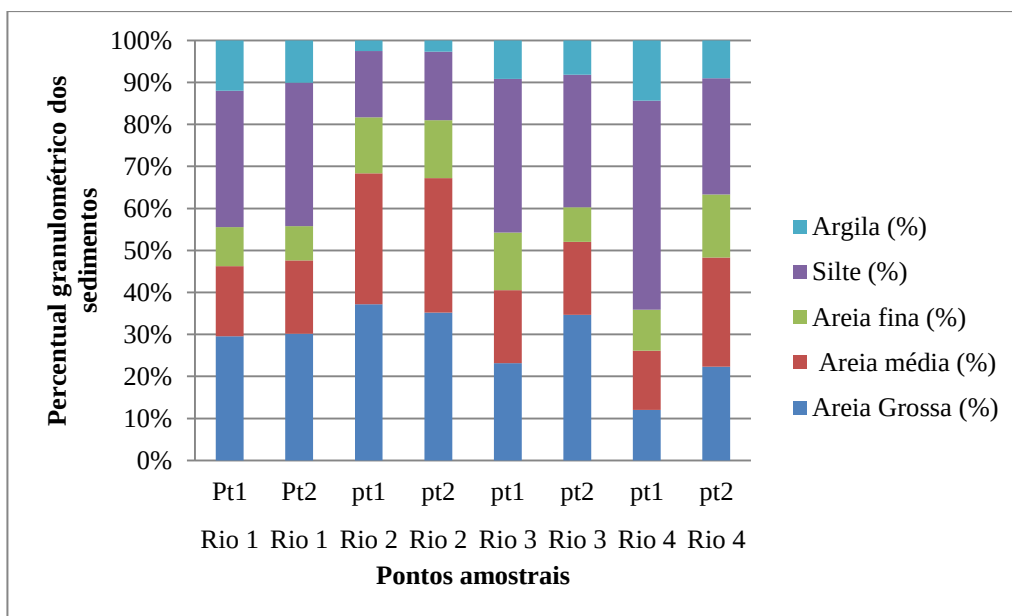


Figura 5 - Representação do percentual granulométrico dos pontos amostrais no Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 estudados no período de seca.

Esses resultados apontam que, de uma maneira geral, o sedimento do Rio 1, Rio 3 e Rio 4 estudados apresenta uma granulometria fina, composta principalmente por silte, com exceção do Rio 2 em que o sedimento é composto em sua totalidade por areia grossa. O ponto 2 do Rio 3 e o ponto 2 do Rio 4 apresentaram, no período chuvoso, uma granulometria mais grossa, isso é devido a maior velocidade de corrente da água ocasionada pelo aumento do volume hídrico em que as partículas mais finas vão sendo arrastadas ao longo do rio.

Sedimentos finos como silte e argila têm mais sítios de ligação ativos do que os grãos maiores e, portanto constituem os principais depósitos de metais (USEPA, 2007). Isto quer dizer que, há uma relação entre a concentração de metais com o tamanho das partículas do sedimento, ou seja, quanto menor for o diâmetro das partículas do sedimento maior será a tendência à absorção de metais.

Neste trabalho, os sedimentos de três rios estudados apresentam, em sua maioria, granulometria fina (caracterizada pela composição numa maior parte por silte), com exceção de um único rio que apresenta areia grossa em sua composição. Dessa forma, pode-se dizer que os sedimentos de granulometria fina, do Rio 1, Rio 3 e do Rio 4, têm maior disponibilidade em servir de reservatório para espécies metálicas do que os sedimentos de granulometria mais grossa do Rio 2.

4. CONCLUSÕES

Considerando todos os resultados obtidos do compartimento água, dos quatro rios (Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4) nota-se que houve algumas variáveis que apresentaram resultados em discordância com os valores de referência propostos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Entretanto, conforme discutido anteriormente, essas variáveis (OD, pH, fósforo total e DBO) ora sofreram influência das chuvas, ora sofreram algum tipo de contaminação antrópica, já que esses rios apresentam características como a presença de erosões, ausência de mata ciliar em alguns trechos dos rios, assoreamentos que muitas vezes podem ser causados pelo pisoteio de animais, uso e ocupação do solo inadequados, predominando o uso do solo para pastagens e criação de gado e plantio de hortaliças com potencial risco de uso de agrotóxicos agravados pelo descarte inadequado dessas embalagens e queima do lixo produzido pelos moradores próximos aos rios. Por outro lado, não foi observado lançamento de esgoto ao longo dos rios, de forma pontual, mesmo possuindo casas em suas proximidades.

Ainda é importante destacar que o Rio 3 sofre ao longo de seu curso de água os efeitos da antropização como a presença marcante de uma indústria de cimento próxima ao rio, mas distante do trecho amostrado, e que ocupa um grande espaço da área do manancial, influenciando em seu entorno e provocando impactos que pode alterar as características físicas e químicas da água desse rio como um todo. E, além disso, existe entre os dois pontos amostrados uma ponte que atravessa o rio dando seguimento a uma estrada de chão onde há considerável movimentação de veículos e pessoas. Essas alterações provocadas no entorno e no próprio rio podem comprometer a qualidade e a quantidade da água e prejudicar a biodiversidade, além de interferir no processo de tratamento da água e por fim atingir a população abastecida por esse manancial.

Assim, analisando especificamente os resultados apresentados para os parâmetros, oxigênio dissolvido e fósforo total, essas águas não poderiam ser classificadas como água doce classe II de acordo Resolução CONAMA nº 357/2005. Esses foram os parâmetros que mais apresentaram resultados divergentes em relação à legislação pertinente. O ideal nesse caso seria fazer mais análises, periodicamente sem interrupção, para verificar se os resultados apresentados iriam persistir e daí tomar as devidas providências.

Considerando os outros parâmetros analisados, essas águas, de maneira geral, apresentam resultados que estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução

CONAMA nº 357/2005 que as classificam como água doce classe II. Nessa classificação, as águas doces podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento 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; à aquicultura e à atividade de pesca.

Os parâmetros temperatura, condutividade elétrica e nitrogênio total não possuem um VMP estabelecido por essa legislação, mas a sua determinação é fundamental na avaliação da qualidade da água como um todo e, além disso, possibilita fazer uma correlação com outros parâmetros que possuem um VMP determinado auxiliando na interpretação do resultado final.

Em relação ao sedimento, não há uma legislação que determine o VMP para os parâmetros que foram medidos. Dessa forma, as análises do mesmo foram realizadas em complementação ao estudo da qualidade da água, uma vez que os sedimentos são capazes de acumular e transportar contaminantes para a coluna d'água.

Dessa forma, a realização do conjunto dessas análises permitiu conhecer as características físico-químicas dessas águas que são destinadas ao abastecimento público. De uma forma geral, as temperaturas encontradas nas amostras coletadas em todos os rios estão apropriadas à manutenção da vida aquática. As águas tendem à neutralidade (pH próximo a 7). Sistemas aquáticos não poluídos geralmente apresentam valores próximos à neutralidade. Os valores de condutividade elétrica medidos estavam dentro do comumente encontrados em águas naturais e os sólidos dissolvidos totais estavam bem abaixo do VMP pela legislação vigente. Medidas de DBO, na grande maioria dos resultados, estavam dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe II. Medidas de OD e fósforo total apresentaram resultados abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Quanto à análise microbiológica, os parâmetros coliformes totais e *E. coli* das águas dos quatro rios apresentaram-se com altos valores em relação ao Número Mais Provável, na maior parte das análises realizadas. Isso, como dito anteriormente, pode ser devido ao uso do solo para pastagens, concentrando grande quantidade de gado às margens dos rios, levando à sua contaminação e por fim pode encarecer o tratamento da água.

A frequência com que foram realizadas as análises desses parâmetros não permite classificar a água desses rios de acordo com a legislação nacional e estadual, mas podem ser usados como um indicador de qualidade da água.

Em relação aos resultados das análises do sedimento, nota-se que os valores de pH medidos nos quatro rios caracterizam os seus sedimentos como ácidos. Esses valores são os mais frequentemente medidos nos sedimentos do Brasil. Outra característica dos sedimentos desses rios é que eles são considerados orgânicos, o que os torna mais suscetíveis à contaminação, devido sua afinidade em absorver mais contaminantes do que os sedimentos inorgânicos. Interessante ressaltar que em outro estudo, também realizado na região metropolitana de Goiânia, os sedimentos de três rios foram classificados como inorgânicos e apenas um como orgânico.

Com relação aos resultados obtidos de umidade, esses sedimentos apresentam valores semelhantes a outros, comparando-se com outros estudos realizados no Brasil. A análise granulométrica mostrou que, os sedimentos do Rio 1, Rio 3 e Rio 4 são compostos, em sua maior parte, por partículas de pequeno tamanho, como silte, e o sedimento do Rio 2 é composto em sua totalidade por areia grossa.

Na análise estatística dos resultados, apenas o parâmetro oxigênio dissolvido do Rio 1, Rio 2 e Rio 4 apresentaram valores significativamente diferentes entre a estação chuvosa e seca, sendo que, os valores mais altos de OD foram verificados na estação chuvosa. Todos os demais parâmetros, pH, condutividade elétrica, nitrogênio total, fósforo total, DBO, SDT, coliformes totais e *E. coli* e os parâmetros do sedimento pH e % umidade comparando as medições realizadas no período chuvoso com as realizadas no período de seca, não apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de significância de 95 % ($p \leq 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

Apenas a % de matéria orgânica no sedimento, do Rio 4, apresentou valores estatisticamente significantes entre a estação chuvosa e seca, sendo que os valores mais altos foram encontrados na estação seca.

Essas diferenças estatísticas, evidenciadas entre as concentrações de OD medidas no período chuvoso e as medidas no período de seca assinalam que a chuva teve forte influência nas características da água.

Dessa forma, pode-se dizer que as águas desses quatro mananciais de abastecimento, ressalvados os resultados obtidos para os parâmetros OD e fósforo total, apresentam, de maneira geral, uma boa qualidade quando considerados os parâmetros

analisados e discutidos nesse trabalho. Portanto, podem continuar sendo utilizadas para esse fim após receber tratamento adequado.

Contudo, diante dos resultados apresentados, é fundamental que esses mananciais passem por um monitoramento da qualidade da água, tendo em vista a importância dos recursos hídricos para a população e para o meio ambiente e, além disso, o conhecimento das características físico-químicas das águas permite não somente avaliar sua qualidade como também indicar quais atividades humanas pode causar sua degradação.

Vale ressaltar que a quantidade de água é tão importante quanto manter sua qualidade, pois em períodos de estiagem prolongada o problema de escassez de água pode agravar-se ainda mais chegando à falta total de água. Nem é preciso citar casos de outros Estados que enfrentam tal problema, como o caso de São Paulo, por exemplo. O próprio manancial de Senador Canedo (ribeirão Bom Sucesso) estudado no presente trabalho, está enfrentando uma crise hídrica. Este ribeirão é o principal manancial de abastecimento da cidade e foi secando até atingir o colapso, obrigando a Agência de Saneamento de Senador Canedo–SANESC a realizar um racionamento de água, para o descontentamento da população abastecida por este manancial.

Para solucionar o problema está sendo providenciada a construção de dois poços para ajudar no abastecimento. Esta é uma ação que visa sanar o problema de falta de água de imediato, no entanto, é de fundamental importância pensar nos fatores que levaram a esse episódio para proposição de medidas mitigadoras junto a órgãos competentes e, que considere a manutenção das Áreas de Preservação Permanente - APP's, tendo em vista a sua importância para a manutenção dos mananciais, a longo prazo, e também pelo fato dessas áreas estarem sendo desmatadas para outros usos, conforme constatado nos mananciais estudados em que se observou sinais de degradação em suas APP's, visto que suas áreas são em grande parte composta por pastagem.

Nesse contexto, é importante manter os serviços dos ecossistemas que são garantidos pela infraestrutura verde (manutenção de áreas naturais preservadas). A perda de áreas naturais como as APP's dos rios estudados, não significa somente a sua extinção, mas a dos ecossistemas também, uma vez que as áreas verdes funcionam como reservatórios de carbono, mantêm a fertilização natural do solo e impedem a erosão. Os ecossistemas fornecem à sociedade inúmeros serviços (a natureza como um todo) indispensáveis à vida e importantes do ponto de vista econômico como, por exemplo, a autopurificação da água e a consequente melhora da qualidade da água. Assim, investir na infraestrutura verde é bem mais

vantajoso do que reparar o que foi degradado por ações antrópicas, podendo inclusive reduzir os custos de operação do sistema de tratamento de água, tendo em vista que água dos rios teriam uma melhor qualidade e quantitativamente mais abundante.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A.; ROCHA, O. **Estudo Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP)**. J. Braz. Soc. Ecotoxicol, v. 1, n. 2, 2006, 141-145. Disponível em: <ecotoxbrasil.org.br/index.php?option=com...file>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. **Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental**. Ambi-Água, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.987>>. Acesso em 14 jul. 2015.
- ALVES, C. M. R. F. **Especiação de metais pesados em sedimentos: Aplicação à Bacia Hidrográfica do Rio Ave**. 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, FEUP, Porto.
- ALVES, I. C. C.; EL-RABRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIRO, S. de M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari**. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v42n1/a14v42n1.pdf>>. Acesso em: 18 de jul. 2015.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do BRASIL 2012**. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF - Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. Greenberg (Ed.), 20th ed. Washington, D.C.: [s.n.], 2005.
- ARAÚJO, M. C.; OLIVEIRA, M. B. M. **Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil**. Ambi-Água, v.8, n.3, Taubaté, set./dez., 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n3/v8n3a21.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- AYRES, M. et al. **BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Ong Mamiraua. Belém, PA. 2007.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; SIQUEIRA, E. Q. **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP**. Revista de Biociências, UNITAU, v. 16, n. 1, p. 57-72, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/1111/779>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. **Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio**. Revista Ambiente e Água, v. 9 n.1, p. 118-129, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n1/12.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

BLUME, K. K.; MACEDO, J. C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L. B.; QUEVEDO, D. M.; RODRIGUES, M. A. S. **Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil**. Brazilian Journal of Biology, v.70, p.1185-1193, 2010.

BRASIL – Lei Federal. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP)**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>>. Acesso em: 20 jul. 2015

CAMPAGNA, A. F. **Toxicidade dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho (São Carlos –SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro**. Pirassununga, 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) USP.

CAMPANHA, M. B.; ROMERA, J. P.; COELHO, J.; PEREIRA-FILHO, E. R.; MOREIRA, A. B. BISINOTI, M. C. **Use of Chemometric Tools to Determine the Source of Metals in Sediments of the Rivers of the Turvo/Grande Hydrographical Basin, São Paulo State, Brazil**. J. Braz. Chem. Soc., v. 25, n. 4, p. 665-674, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20140014>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

CARVALHO, G. L.; SIQUEIRA, E. Q. **Qualidade da água do rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiás, v. 1, n. 2, p. 19-33, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/reec/article/view/12293/9336>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

CAVENAGHI, A.L.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F.T.; GALO, M.L.B.T.; TRINDADE, M.L.B.; CORRÊA, M.R.; e SANTOS, S.C.A. **Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu**. Planta daninha, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000200008>>. Acesso em: 14 Jul. 2015.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brandão, C.J.; botelho, M.J.C.; Sato, M.I.Z.; Lamparelli, M.C. (Orgs). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/variaveis.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório Técnico. Coliformes totais - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio.** São Paulo, 2007. 30 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/relatorios/2008-ecoli.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CHAPMAN, P.; WANG, F.; ADAMS, W. J.; GREEN, A. **Appropriate Applications of Sediment Quality Values for Metals and Metalloids.** Environmental Science e Technology, v. 33, n. 22, 1999. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es990083n>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CONORATH, D. G.; MAZZER, A. M.; LORENZI, L.; BECKER, F.; NASS, D. H. **Variação sazonal dos sedimentos de fundo na Baía da Babitonga em um transecto próximo à ilha da Rita – São Francisco do Sul, Santa Catarina.** In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010, Porto Alegre. Anais Porto Alegre, 2010. 12p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama nº 357. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil.** Revista ambiental de água, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

COTTA, J. A. O. **Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do parque estadual turístico do Alto Ribeira (PETAR).** Dissertação de Mestrado, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 130p. 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-17082004-110811/pt-br.php>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CUNHA, R. W.; GARCIA JUNIOR, M. D. N.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 7, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000700012>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24877.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. rev. Atual. 212p.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; CUNHA, C. L. N. **Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil.** Revista da Gestão Costeira Integrada, 10 (2), p.229-241, 2010.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil.** Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v.4, p.132-141, 2009. Disponível em: <www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../584>. Acesso em: 14 jul. 2015.

FONSECA, E. M. **Estudo da interação entre atividade bacteriana, metais pesados e matéria orgânica nos sedimentos da Baía de Guanabara-RJ.** 2004. 115p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Instituto de Geociências, UFF, Niterói.

FROEHNER, S. MARTINS, R. F. **Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba.** Quim. Nova, São Paulo, v. 31, n. 8, 2020-2026, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000800020>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

GOIÁS. **Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979.** Aprova o regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/nat_sucroalcooleiro/Documentos/legislacao/especifica/03.pdf>. Acesso em: 28 jul 2015.

GONÇALVES, J. C. S. L.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; DIBIAZI, A. L. B.; GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. **Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia do córrego São Simão, SP.** Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.894>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

HANSEN, A. M.; MARQUEZ-PACHECO, H. **Procedimiento para evaluar cargas internas de nutrientes en cuerpos de agua.** Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 29, n. 1, p. 265-275, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742012000100018&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 09 jul. 2015.

JARDIM, G. M. **Estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento do Rio Corumbataí, SP.** 2004. 126p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; LIMA, Z. M.; AMORIM, R. S. S. **Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil).** Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.904>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento.** 2006. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, USP, São Paulo. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-16052006-121526/>>. Acesso em: 22. Jul. 2015.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com SPSS Statistics**. 5ª ed. Pero Pinheiro, 2011, 307p.

MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; SILVA JUNIOR G. C.; MANSUR, K. L.; OLIVEIRA, E. S. **Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ**. Engenharia Agrícola Jaboticabal, v.29, n.4, p.687-698, 2009. Disponível em:<www.scielo.br/pdf/eagri/v29n4/v29n4a19.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2015.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. **Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físicos-químicos**. Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.88>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

MOURA, L. S.; BRAGA, R. J. O.; SIQUEIRA, E. R.; KOPP, K. A. **O papel do sedimento na qualidade da água de abastecimento urbano: uma revisão dos trabalhos publicados entre 2001 e 2011**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.7, n.1, 2013.

MOURA, L. S. A. **Avaliação da qualidade de quatro mananciais de abastecimento situados na região metropolitana de Goiânia/Goiás por meio da análise de água e sedimento, 2014a. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – PPGEMA- UFG, Goiânia-Go.

MOURA, L. S. A. **Avaliação da qualidade de quatro mananciais de abastecimento com relação a seis espécies metálicas presentes na água e no sedimento de fundo, 2014b. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – PPGEMA- UFG, Goiânia-Go.

OLIVEIRA, B. S. S., CUNHA, A. C. **Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá**. Revista Ambiental Água, vol. 9 n. 2 Taubaté, 2014. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n2/v9n2a08.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

PRATTE-SANTOS, R., TERRA, V. R., BARBIÉRI, R. S. **Perspectivas da avaliação da qualidade da água em rios por intermédio de parâmetros físicos, químicos e biológicos**. ESFA, Natureza on line, v. 6, nº 2, p. 63-65, 2008. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/03_pratte-santosretal_6365.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. **Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação, 2005**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.15-22, 2005. Disponível em:< <http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

RIOS, K. C. R. C., BARBOSA, D. I., OLIVEIRA, W. N., FERREIRA, N. C., KOPP, K. **Caracterização exploratória-espacial da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite/Goiás**. HOLOS Environment, v. 13, n. 2, 2013.

RODGHER, S.; ESPÍNDOLA, E. L.; ROCHA, O.; FRACÁCIO, R.; PEREIRA, R. H. G.; RODRIGUES, M. H. S. **Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê river (São Paulo, Brazil)**. Braz. J. Biol., São Carlos, v. 65, n. 4, p. 697-710, Nov. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000400017>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

SAMPAIO, C. F. **Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da água**. 2012. 101p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências) – Departamento de Enfermagem Saúde Pública, USP, Ribeirão Preto.

SANTIAGO, C. D.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Avaliação preliminar da qualidade dos sedimentos de duas nascentes, córrego espraiado e rio monjolinho, São Carlos – SP**. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.8, n.1, p. 77-92, 2014. Disponível em: <www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/download/.../1136>. Acesso em: 20 jul. 2015.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO M. N. C. **Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa- MG**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.931-940, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n5/a17v31n5.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SIBANDA, T., CHIGOR, V. N., OKOH, A. I. **Seasonal and spatio-temporal distribution of faecal-indicator bacteria in Tyume River in the Eastern Cape Province, South Africa**. Environ Monit Assess, v. 185, p. 6579-6590, 2013. Disponível em: <<http://link.periodicos.capes.gov.br/ez49.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em 120 jul. 2015.

SILVÉRIO, P.F. **Bases técnico – científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais: experimentos de campo e laboratório**. Tese de Doutorado, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04042005-234116/pt-br.php>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

SIQUEIRA, L. P.; SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, R. M. T.; PAIVA, J. E.; LIMA FILHO, J. L.; CARVALHO, I. T. **Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação**. Ciênc. saúde coletiva v.15, n.1 Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csc/v15n1/a11v15n1.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S016953470900041X/1-s2.0-S016953470900041X-main.pdf?_tid=f8d9ae5a-5178-11e5-b4a5-00000aacb35e&acdnat=1441201751_ed33808578cf16da1d06647322f78530>. Acesso em: 20 jul. 2015.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Framework for metals risk assessment**. EPA 120/R -07/2001, 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/raf/metalsframework/pdfs/metals-risk-assessment-final.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. **Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil.** Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.178>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WARD, N. D.; KEIL, R. G.; MEDEIROS, P. M.; BRITO, D. C.; CUNHA, A. C.; DITTMAR, T. **Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River.** Nature Geoscience, v. 6, n. 6, p. 1–4, 2013. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1817>>. Acesso em: 22 jul 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking water quality.** 3rd ed. Genebra, 2008. v. 1: recommendations. Disponível em:<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html>. Acesso em: 27 jul. 2015.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE QUATRO MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO POR MEIO DA ANÁLISE DE SEIS ESPÉCIES METÁLICAS

Maria Alciony R. da Silva Batista e Katia Kopp

RESUMO

A determinação da concentração de metais em água destinada ao abastecimento público é fundamental, pois esses contaminantes são responsáveis por uma série de problemas que atingem tanto os humanos quanto a biota dos ambientes aquáticos. Os metais distribuem-se largamente nos ambientes aquáticos e úmidos, daí a importância de se avaliar a qualidade de sedimentos também, já que os níveis de metais dissolvidos na água variam muito e, sendo assim, a avaliação deste parâmetro isolado fornece pouca informação sobre a contaminação do ambiente. O sedimento, representa importante parâmetro na análise da dinâmica de distribuição de metais, visto que grande parte dos elementos transportados na água está associada às partículas do sedimento. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade da água de quatro mananciais de abastecimento da região metropolitana de Goiânia/GO por meio da determinação das concentrações de seis espécies metálicas Cd, Cr, Ni, Pb, Zn e Cu na água e sedimento. Nas amostras de água, as concentrações do metal Ni não puderam ser quantificadas. As concentrações de Cu foram detectadas em concentrações bem acima do VMP em quase todas as coletas, com exceção de alguns pontos. Todas as demais leituras dos outros metais analisados apresentaram valores abaixo do VMP para a água. Para o sedimento foram determinadas as concentrações totais desses metais. Todas as leituras desses mesmos metais apresentaram valores abaixo do limite estabelecido pela legislação pertinente a este compartimento. Devido aos resultados obtidos da análise do cobre na água terem excedido ao VMP, é necessário o monitoramento contínuo da qualidade da água desses rios devido aos malefícios que esta contaminação poderá trazer a população que utiliza as águas dessas fontes e à biota do meio aquático.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, metais, sedimento.

ABSTRACT

The determination of the concentration of metals in water for public supply is critical, as these contaminants are responsible for a series of problems that affect both humans and biota of aquatic environments. The metals are distributed widely in water and moist environments, hence the importance of evaluating the quality of sediments as well, since the levels of metals dissolved in water vary widely and, therefore, the evaluation of this single parameter provides little information about the environmental contamination. The sediment is important parameter in the analysis of dynamic distribution of metals, since most of the elements transported in water is associated with sediment particles. Thus, the aim of this study was to evaluate the water quality of four water supply sources in the metropolitan area of Goiânia/GO by determining the concentrations of six metal species Cd, Cr, Ni, Pb, Zn and Cu in water and sediment. In the water samples, the concentrations of Ni metal could not be quantified. The Co concentrations were detected at concentrations well above the VMP in almost all collections, except for some points. All other readings of other metals analyzed had values below the VMP for water. To the sediment was determined the total concentrations of these metals. All readings of these same metals showed values below the limit set by the relevant legislation in this compartment. Due to the results obtained from the analysis of copper in the water have exceeded the VMP, continuous monitoring of water quality of these rivers is needed because of the harm that this contamination could bring the population using water from these sources and aquatic biota.

KEYWORDS: water quality, metals, sediment.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO DE QUATRO MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO POR MEIO DA ANÁLISE DE SEIS ESPÉCIES METÁLICAS

1. INTRODUÇÃO

Diante do uso descontrolado dos corpos hídricos, tem-se como consequência a aceleração de processos de degradação destes sistemas aquáticos e da qualidade da água (GORGOSINHO et al., 2004). Este cenário mostra que importantes bacias hidrográficas do território brasileiro têm sofrido diversos impactos decorrentes de ações humanas (CALLISTO et al., 2002).

Essas ações antrópicas podem afetar tanto a qualidade do ambiente aquático como também podem atingir a saúde humana, por meio da ingestão de águas contaminadas (BARRETO et al., 2014). Os maiores responsáveis pela poluição do meio aquático têm origem no crescimento populacional e nas suas diversas atividades provenientes da pecuária, agricultura, indústria e de efluentes domésticos que acabam utilizando os rios como depositários de rejeitos e resíduos gerados por essas atividades (NETO e FERREIRA, 2007).

Portanto, os mananciais devem ter a sua água protegida quanto à contaminação. Nesse sentido, é que a Resolução CONAMA nº 357/2005 atua para que essas águas sejam resguardadas, por meio do estabelecimento de um conjunto de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que regulamenta o padrão de qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público, após algum tipo de tratamento.

Neste trabalho, a análise dos sedimentos foi realizada para complementar a análise da água para uma melhor avaliação da qualidade da água dos mananciais em estudo, tendo em vista que o sedimento exerce um papel importante no transporte, acumulação e disponibilização de contaminantes nos ambientes aquáticos, ele é o compartimento preferencial de armazenamento e transformação da maioria dos poluentes presentes no corpo hídrico (ALMEIDA e ROCHA, 2006).

A importância de se avaliar a qualidade de sedimentos deve-se também ao fato de que os níveis de metais dissolvidos na água variam muito e, sendo assim a avaliação deste parâmetro isolado fornece pouca informação sobre a contaminação do ambiente. Já o sedimento, representa importante parâmetro na análise da dinâmica de distribuição de metais, visto que grande parte dos elementos transportados na água está associada às partículas do sedimento (COTRIM, 2006).

A capacidade do sedimento em acumular poluentes faz deste compartimento um dos mais importantes na avaliação da qualidade da água. Esses compostos encontrados em sedimentos podem ser orgânicos, como inseticidas e herbicidas, ou inorgânicos como os metais (COTTA, 2003). Isto faz com que os sedimentos sejam considerados fontes potenciais de contaminação e um importante objeto de estudo em avaliações da qualidade de ecossistemas aquáticos (USEPA, 2002).

Os metais pesados, que também podem ser chamados de metais, metais-traço, elementos-traço, micronutrientes ou até mesmo microelementos são elementos químicos, incluindo metais e alguns semimetais, que possuem uma densidade superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$ e são considerados importantes poluentes ambientais devido a sua toxicidade (COTTA et al. 2006).

Os metais distribuem-se largamente nos ambientes aquáticos e úmidos. Eles podem estar em solução, compor os minerais, ou ainda estar adsorvidos a partículas orgânicas e inorgânicas, como por exemplo, em argilas e óxidos ou hidróxidos de ferro e manganês acumulando-se diretamente nos sedimentos de fundo ou entrar na teia alimentar através de organismos detritívoros (EVANS et al. 2003).

A deposição de metais em sedimentos é um processo natural e importante, pois em longo prazo possibilita o controle de suas concentrações no meio aquático o que reduz o potencial de toxicidade para os organismos presentes neste meio, reduzindo, também, a disponibilidade do metal na coluna d'água (CHAPMAN et al., 1999).

Por isso, embora a maioria das espécies metálicas esteja presente na coluna d'água dos corpos hídricos, encontra-se em concentrações muito baixas, se comparadas aos valores observados no compartimento sedimento. Isto por que, as fases dissolvidas podem ser adsorvidas ou absorvidas em argilas ou hidróxidos. São as características físico-químicas dos ecossistemas aquáticos que regulam essa partição no sistema água-sedimento, por exemplo, a salinidade, o potencial redox e o pH que tem forte influência no destino dos metais (CAMACHO, 2012).

Uma preocupação bastante pertinente é que os metais não são naturalmente degradados, e também não ficam permanentemente fixados nos sedimentos, eles podem ser disponibilizados novamente à coluna d'água devido a alterações do meio. Por isso, a determinação de metais traço em sedimentos permite detectar o acréscimo de contaminação que a água está sujeita (LIMA et al., 2001).

Os metais são elementos extremamente importantes em sistemas aquáticos porque, ainda que essencial em pequenas concentrações, muitos são tóxicos em níveis

elevados, e pode por biomagnificação em cadeias alimentares, em última análise, apresentar riscos para predadores no topo da cadeia alimentar, incluindo os seres humanos (RODGHER et al., 2005).

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo determinar a concentração de seis espécies metálicas nos compartimentos água e sedimento de fundo de quatro mananciais de abastecimento situados na região metropolitana de Goiânia/Goiás.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em mananciais das cidades de Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia e Senador Canedo (Figura 1).

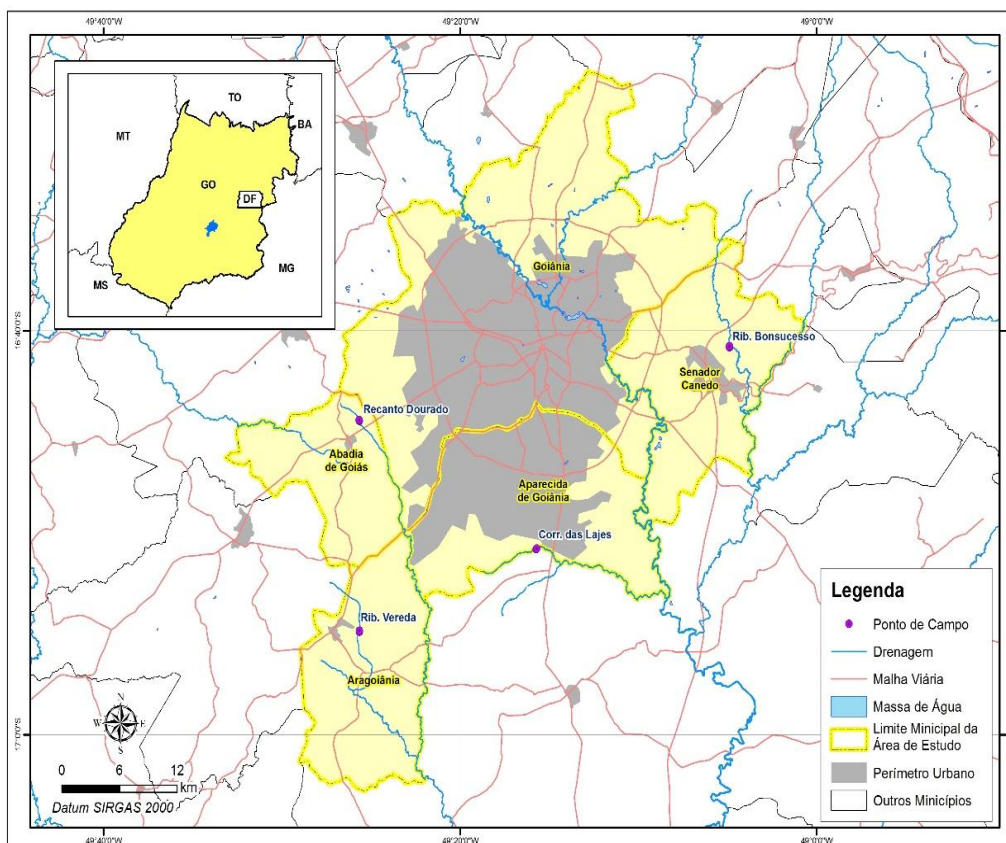


Figura 1. Cidades da região Metropolitana de Goiânia ilustrando os mananciais amostrados durante o estudo. Fonte: André Luiz Teixeira.

Para uma compreensão mais rápida, os mananciais serão chamados, ao longo do texto, como Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 (Tabela 1). Em cada um dos quatro mananciais escolhidos para o estudo, selecionaram-se dois pontos de coleta (Tabela 1), todos eles antes da captação de água para tratamento e abastecimento público realizado pela Empresa Saneamento de Goiás, a SANEAGO e pela Agência de Saneamento, a SANESC, no caso da cidade de Senador Canedo.

Os metais analisados foram o cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn) e cobre (Cu) e as suas concentrações foram determinadas nas amostras de água e nas amostras de sedimento.

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos amostrais dos mananciais estudados.

Cidades	Coordenadas (UTM) – 22k		Rio
	Ponto 1	Ponto 2	
Abadia de Goiás	667610/8148408	667592/8148465	Rio 1
Aparecida de Goiânia	685128/8136545	685216/8136592	Rio 2
Aragoiânia	667466/8129134	667467/8129218	Rio 3
Senador Canedo	704576/8154800	704595/8154899	Rio 4

Legenda: Abadia de Goiás= Rio 1, Aparecida de Goiânia= Rio 2, Aragoiânia= Rio 3 e Senador Canedo= Rio 4.

2.2 COLETAS DAS AMOSTRAS

As coletas foram realizadas de acordo com a sazonalidade (três coletas na estação chuvosa e três na seca) considerando as recomendações da Cetesb (2011) e NBR 9897/1987. Trabalhos como Alves (2002); Fonseca (2004); Jardim (2004); Conorath (2010), Ferreira et al. (2010) e Donadio et al. (2005) também procederam da mesma maneira.

As três primeiras coletas que compreenderam os meses de chuva foram realizadas nos meses de dezembro de 2013, janeiro e fevereiro de 2014 e as outras três últimas coletas, que compreenderam meses de seca, foram realizadas nos meses de julho, agosto e setembro de 2014.

As amostras simples de água foram coletadas diretamente na coluna d'água e armazenadas em frascos de polietileno e mantidas refrigeradas até a realização das análises. Elas foram preservadas com a adição de uma solução de ácido nítrico até pH ≤ 2 imediatamente após a coleta, conforme proposto por CETESB (2011).

As amostras de água passaram por uma pré-concentração e digestão, realizada no Laboratório de Água da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG). A metodologia utilizada foi a proposta por APHA (2005). As leituras das amostras digeridas

aconteceram no Espectrofotômetro de Absorção Atômica do Laboratório de Análise Instrumental no Laboratório de Análise de Solos e Foliar (LASF) da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG.

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas (amostragem composta) nas duas margens deposicionais dos corpos d'água, dos mesmos pontos de coleta escolhidos, com o auxílio de uma draga de Petersen a uma profundidade de 20 cm, de acordo com as recomendações da Cetesb (2011). Em seguida, as réplicas foram misturadas em um balde de polietileno com o auxílio de uma colher de aço inoxidável e então guardadas em recipientes inertes. As amostras compostas foram armazenadas e mantidas sob refrigeração até o momento da realização das análises.

O sedimento foi encaminhado ao laboratório de Análises de Solos e Foliar da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG para a análise de determinação das espécies metálicas totais, já descongelado e seco em temperatura ambiente ao abrigo do sol.

2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nas amostras de águas os dados obtidos foram interpretados de acordo com os valores máximos permitidos (VMP) apresentados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e nas amostras de sedimento os valores foram interpretados de acordo com os limites 1 e 2 apresentados na Resolução CONAMA nº 344/2004.

A Resolução CONAMA nº 344/2004 é baseada nos padrões do Canadá e dos Estados Unidos e, para efeito de classificação, os critérios de qualidade são definidos a partir de dois níveis, sendo nível 1 e nível 2. O nível 1 se refere ao limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e o nível 2 é o limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VALORES DAS DETERMINAÇÕES PARA A ÁGUA

Dentre os seis metais que foram estudados, apenas as concentrações do Ni e algumas do Pb não puderam ser detectadas pelo equipamento nas amostras analisadas de água (Tabela 2). Já o VMP para a concentração de Cu (0,009 mg/L) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 foi extrapolado em quase todas as leituras realizadas.

No Rio 1, os valores para esse metal excederam em 455% (ponto 1) e 367% (ponto 2) na primeira coleta; 89% (ponto 1) e 178% (ponto 2) na segunda coleta; 544% (ponto 1) e 455% (ponto 2) na terceira coleta; 89% (ponto 2) sendo que o ponto 1 estava abaixo do limite na quarta coleta; 89% (ponto 1), o ponto 2 estava abaixo do limite na quinta coleta e em ambos os pontos na sexta coleta estavam abaixo do limite.

No Rio 2, os excedentes ficaram em 178% (ponto 1) e 89% (ponto 2) na primeira coleta; 89% (ponto 1), o ponto 2 estava abaixo do limite na segunda coleta; 544% (ponto 1) e 822% (ponto 2) na terceira coleta; 89% em ambos os pontos na quarta e quinta coleta e na sexta coleta ambos os pontos apresentaram valores abaixo do limite.

No Rio 3 em 367% em ambos os pontos na primeira coleta; 178% (ponto 1) e 367% (ponto 2) na segunda coleta; 367% (ponto 1) e 178% (ponto 2) na terceira coleta; 89% (ponto 2) sendo que o ponto 1 apresentou valor abaixo do limite na quarta coleta; 89% (ponto 1), o ponto 2 estava abaixo do limite na quinta coleta e 89% (ponto 2), o ponto 1 estava abaixo do limite na sexta coleta.

No Rio 4, os valores excederam em 733% (ponto 1) e 544% (ponto 2) na primeira coleta; 178% (ponto 1) e 89% (ponto 2) na segunda coleta; 178% (ponto 1) e 89% (ponto 2) na terceira coleta; 89% (ponto 1), o ponto 2 estava abaixo do limite na quarta coleta e na quinta e sexta coleta ambos os pontos apresentaram valores abaixo do limite.

Todos os demais metais analisados apresentaram resultados abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 2 - Concentração dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e ZN encontrados na água do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 dos pontos 1 e 2.

Concentrações de Metais na Água (mg/L)								
	Rio	Pontos amostrais	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
1ª Coleta	1	Pt1	0,00083	0,0025	0,05	-	0,0025	0,093
	1	Pt2	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0025	0,081
	2	Pt1	0,00083	0,0025	0,025	-	0,0025	0,092
	2	Pt2	0,00083	0,0025	0,017	-	0,0025	0,083
	3	Pt1	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0017	0,082
	3	Pt2	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0025	0,107
	4	Pt1	0,00083	0,0025	0,075	-	-	0,087
	4	Pt2	0,00083	0,0017	0,058	-	-	0,104
		Mediana	0,00083	0,0025	0,042	-	-	0,0895
		Mínimo	0,00083	0,0017	0,017	-	0,0017	0,081
		Máximo	0,00083	0,0025	0,075	-	0,0025	0,107
	1	Pt1	0,00083	0,0025	0,017	-	0,0025	0,083
	1	Pt2	0,00083	0,0025	0,025	-	0,0025	0,084
2ª Coleta	2	Pt1	0,00083	0,0025	0,017	-	0,0025	0,08
	2	Pt2	0,00083	0,0025	0,0083	-	0,0025	0,078
	3	Pt1	0,00083	0,0025	0,025	-	0,0017	0,087
	3	Pt2	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0025	0,095
	4	Pt1	0,00083	0,0025	0,025	-	-	0,084
	4	Pt2	0,00083	0,0017	0,017	-	-	0,081
		Mediana	0,00083	0,0025	0,021	-	-	0,0835
		Mínimo	0,00083	0,0017	0,0083	-	0,0017	0,078
		Máximo	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0025	0,095
	1	Pt1	0,00083	0,0025	0,058	-	0,0025	0,099
	1	Pt2	0,00083	0,0017	0,050	-	0,0025	0,099
	2	Pt1	0,00083	0,0025	0,058	-	0,0025	0,103
	2	Pt2	0,00083	0,00083	0,083	-	0,0025	0,098
3ª Coleta	3	Pt1	0,00083	0,0025	0,042	-	0,0025	0,096
	3	Pt2	0,00083	0,0025	0,025	-	0,0025	0,091
	4	Pt1	0,00083	0,0025	0,025	-	-	0,87
	4	Pt2	0,00083	0,0025	0,017	-	-	0,084
		Mediana	0,00083	0,0025	0,046	-	-	0,0985
		Mínimo	0,00083	0,00083	0,017	-	0,0025	0,084
		Máximo	0,00083	0,0025	0,083	-	0,0025	0,87
		**VMP	0,001	0,05	0,009	0,025	0,01	0,18

*Os valores assinalados na cor vermelha indicam que tais concentrações estão acima do VMP estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

**VMP = valor máximo permitido para tal parâmetro de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

*** A 1ª, 2ª e 3ª coletas compreenderam o período chuvoso.

(Continuação) Tabela 2 - Concentração dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e ZN encontrados na água do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 dos pontos 1 e 2.

Concentrações de Metais na Água (mg/L)								
	Rio	Pontos amostrais	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
4ª Coleta	1	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,0083
	1	Pt2	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,0083
	2	Pt1	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,0083
	2	Pt2	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,017
	3	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,00083	0,017
	3	Pt2	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,017
	4	Pt1	0,00083	0,00083	0,017	-	0,0025	0,0083
	4	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0017	0,025
		Mediana	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,01265
		Mínimo	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,00083	0,0083
		Máximo	0,00083	0,00083	0,017	-	0,0025	0,025
	5ª Coleta	Pt1	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,0083
	1	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	-
5ª Coleta	2	Pt1	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,017
	2	Pt2	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,0083
	3	Pt1	0,00083	0,00083	0,017	-	0,00083	0,0083
	3	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
	4	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0017	0,0083
	4	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0025	0,0083
		Mediana	0,00083	0,00083	0,01265	-	-	-
		Mínimo	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,00083	0,0083
		Máximo	0,00083	0,00083	0,017	-	0,0025	0,017
	6ª Coleta	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,0083
	1	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
	2	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
	2	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
6ª Coleta	3	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
	3	Pt2	0,00083	0,00083	0,017	-	-	0,0083
	4	Pt1	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0017	0,0083
	4	Pt2	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0025	-
		Mediana	0,00083	0,00083	0,0083	-	-	0,017
		Mínimo	0,00083	0,00083	0,0083	-	0,0017	0,0083
		Máximo	0,00083	0,00083	0,017	-	0,0025	0,017
		**VMP	0,001	0,05	0,009	0,025	0,01	0,18

*Os valores assinalados na cor vermelha indicam que tais concentrações estão acima do VMP estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

**VMP = valor máximo permitido para tal parâmetro de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

*** A 4ª, 5ª e 6ª coletas compreenderam o período de seca.

Os metais podem ser introduzidos nos sistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio de chuvas e transporte a partir da rocha matriz ou do solo onde se encontram naturalmente (PAULA, 2006). De modo artificial, por ações antropogênicas de diversas atividades como o descarte de esgoto por comunidades urbanas, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e ainda rejeitos de áreas de mineração e garimpos (GOMES e SATO, 2011; MORAES e JORDÃO, 2002).

A agricultura, por exemplo, é a mais importante fonte de poluição por metais em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são os fertilizantes (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), os preservativos de madeira (Cu, Cr) e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (Cu, As, e Zn) (SANTOS et al., 2002). Além disso, os metais lançados no solo, a partir desta atividade são lixiviados para os rios, persistindo no meio aquático e, podendo ser acumulado nos tecidos principalmente dos peixes (QUEIROZ, 2006; VINODHINI e NARAYANAN, 2008).

Nos estudos de Lima (2013) as maiores concentrações Cu e Pb encontrados na bacia do rio Cassiporé, são atribuídos por ele, à existência de fontes naturais e antrópicas no local como a presença de gado, efluentes domésticos das moradias e atividades de agricultura ao longo do rio que contribuem para contaminação da água. Além disso, fatores como o baixo pH (entre 5,8 e 6,89) na área e presença de grande quantidade de MO possivelmente, contribuíram para esses resultados. Altos níveis de Cu na água relacionado ao baixo pH e aos elevados valores de MO, também foram verificados nos estudos de Obasohan (2008) no Rio Ogba, já os estudos de Kpee, Ozioma e Ihunwo (2009), demonstraram essa relação para o Pb na água do córrego Ipo, sendo ambos trabalhos na Nigéria.

Dentre as principais contribuições de contaminação do metal Cu, além das fontes naturais, a que mais justifica as elevadas concentrações desse metal encontrado nas águas dos quatro rios estudados, pode estar relacionado ao uso do solo de forma inadequada. As margens desses rios são utilizadas para pastagem, em sua maioria, e ainda existem pequenas plantações de cana-de açúcar, milho, feijão e hortaliças. Os produtos agrícolas usados nessas plantações podem conter esse elemento em sua composição e alcançar os rios por lixiviação. Também foram verificadas moradias bem próximas aos rios, no entanto, não foi observado lançamento de esgoto doméstico ao longo dos rios e não há presença de indústrias nas regiões dos rios estudados que poderiam estar eliminando esse metal em seus resíduos.

O cobre é um dos metais mais importantes industrialmente devido ao fato de ser muito dúctil e maleável. É um micronutriente para plantas e animais e mesmo em baixas

concentrações, pode chegar a ser tóxico para algumas formas de vida aquática. Concentrações entre 1 e 8000µg/L têm mostrado inibição de várias espécies de plantas de água doce (USEPA, 2007).

O cobre é um é um micronutriente essencial, benéfico e necessário ao metabolismo humano, útil para o crescimento dos organismos aquáticos, mas em concentrações elevadas são prejudiciais ao ambiente e ao homem (SIQUEIRA, 2008). Em sistemas aquáticos pode ser encontrado nas formas solúvel, particulada e coloidal, porém as duas últimas são as mais frequentes. É amplamente utilizado em diversos tipos de indústrias de mineração, química, produção de aço e carvão, entre outras, e tem como principais fontes naturais, vegetação, partículas vulcânicas e queimadas de florestas (GUSMÃO, 2004).

Sua deficiência afeta a proteína transportadora ceruloplasmina, mas o seu excesso provoca a Síndrome de Wilson (pseudoesclerose caracterizada por tremores e rigidez) e imunodeficiência (MARIANI, 2006).

O ser humano necessita somente de uma pequena dose de alguns metais chamados de micronutrientes, como os metais do Cu, Fe, Mg e Zn (MORAES e JORDÃO, 2002). A ingestão de metais pesados diretamente por meio do consumo de água ou indiretamente acumulados nos músculos de peixes, acima do limite, é uma das principais fontes de risco para a saúde dos seres humanos, e que provoca distúrbios no metabolismo (MUDGAL et al., 2010).

Com relação aos valores obtidos para todos os metais estudados, nota-se que, de uma forma geral, esses valores determinados nas amostras de água dos quatro rios, apresentaram maiores valores na estação chuvosa. Trabalhos como os de Lima (2013), também relata que no período chuvoso foram encontradas as maiores concentrações de metais pesados. Da mesma forma, Obasohan (2007) nas águas de rios na Nigéria e Pizarro et al. (2010) nas águas de rios do norte no Chile, os quais recebiam rejeitos de áreas garimpeiras, também apresentaram os maiores valores de contaminantes no período de chuva.

Fostier et al. (2000), em Serra do Navio, área de exploração mineral do Estado do Amapá, verificaram altos níveis de Al, Fe, Cu e Hg nos córregos estudados, no período das chuvas. Do mesmo modo, Bambic et al. (2006) e Silva et al. (2009) também relataram tal ocorrência em seus trabalhos.

3.2 VALORES DAS DETERMINAÇÕES PARA O SEDIMENTO

Quanto às concentrações dos metais pesados nas amostras de sedimento, os teores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn apresentaram níveis abaixo do limite (Tabela 3), segundo a Resolução CONAMA N°344/2004.

Percebe-se que, diferentemente das amostras de água, que apresentaram valores acima do VMP pela legislação pertinente em relação ao metal Cu em quase todas as medições realizadas, no sedimento não houve valor excedente em nenhuma das concentrações determinadas para esse metal. Todos os valores medidos apresentam-se em concentrações baixas, comparando-se com a legislação pertinente. Ferreira, Horta e Cunha (2010) em seu estudo na Baía de Sepetiba– RJ, também encontraram valores acima do permitido para todos os metais pesquisados em relação à água, mas para o sedimento, somente o Cd excedeu o limite permitido, segundo a Resolução CONAMA N°344/2004.

Tal diferença de comportamento entre os metais presentes na água e no sedimento, enfatizando, pois já foi dito neste trabalho, se dá em razão das condições químicas e físicas no meio aquático como: pH, potencial redox, salinidade e substâncias orgânicas, dentre outros, que influenciam o destino final dos metais, assim um metal pode ter mais afinidade com a água ou com o sedimento.

Moura (2014) ao avaliar a qualidade da água e do sedimento por meio da análise dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Zn e Pb, de quatro rios, também realizado em mananciais da região metropolitana de Goiânia, encontrou concentrações excedentes dos metais Cd, Cr e Ni nos sedimentos dos quatro rios, sendo que o Cr foi encontrado em três deles. Fatores como o uso do solo para pastagens e agricultura às margens dos rios, e o lixiviamento de produtos químicos utilizados, são atribuídos pela autora como as possíveis causas desses resultados.

As características dos mananciais estudados por Moura (2014) também são atributos dos rios estudados no presente trabalho, contudo eles não sofreram tantos impactos quanto os do trabalho citado. A razão disso pode ser atribuída a outras particularidades que tais rios apresentavam, como por exemplo, pouco volume hídrico, já que esses rios eram bem estreitos, segundo a autora, e um deles sofreu desvio durante o período de coletas ou por que as áreas do entorno dos rios do presente trabalho podem estar mais preservadas e menos antropizadas.

Outro fato observado, em relação aos metais presentes no sedimento, dos quatro rios estudados é que eles apresentaram valores mais altos na estação das chuvas.

Essas diferenças encontradas entre as concentrações medidas no período de seca e as medidas no período chuvoso apontam que a chuva exerceu um papel fundamental no carreamento desses contaminantes até os cursos d'água sendo adsorvidos pelo sedimento, mesmo que em pequenas concentrações.

Tabela 3 - Concentração dos metais totais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn encontrados nos sedimentos do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 do ponto 1 e 2.

Concentrações de Metais Totais (mg/kg)								
	Rio	Pontos amostrais	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,2	2,8	0,4	0,2	1,7
	1	Pt2	0,1	0,3	2,2	0,4	0,2	1,3
	2	Pt1	0,1	0,3	1	0,4	0,2	0,9
	2	Pt2	0,1	0,2	1	0,4	0,2	1
	3	Pt1	0,1	0,2	1,9	0,3	0,2	1,4
	3	Pt2	0,1	0,3	1,7	0,3	0,2	1,2
	4	Pt1	0,1	0,3	1,5	0,5	0,2	1,2
	4	Pt2	0,1	0,3	1,4	0,4	0,2	1,2
		Mediana	0,1	0,3	1,6	0,4	0,2	1,2
		Mínimo	0,1	0,2	1	0,3	0,2	0,9
		Máximo	0,1	0,3	2,8	0,5	0,2	1,7
2ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,2	1,9	0,4	0,2	1,2
	1	Pt2	0,1	0,2	3,1	0,6	0,3	1,9
	2	Pt1	0,1	0,3	1	0,8	0,2	0,3
	2	Pt2	0,1	0,3	0,9	0,7	0,2	0,4
	3	Pt1	0,1	0,2	1,8	0,4	0,2	0,8
	3	Pt2	0,1	0,2	1,3	0,5	0,2	0,4
	4	Pt1	0,1	0,3	1,6	0,6	0,2	0,3
	4	Pt2	0,1	0,3	1,3	0,7	0,2	0,4
		Mediana	0,1	0,25	1,45	0,6	0,2	0,4
		Mínimo	0,1	0,2	0,9	0,4	0,2	0,3
		Máximo	0,1	0,3	3,1	0,8	0,3	1,9
3ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,2	2	0,7	0,2	0,9
	1	Pt2	0,1	0,3	2,6	0,8	0,2	0,8
	2	Pt1	0,1	0,3	0,9	0,7	0,2	0,3
	2	Pt2	0,1	0,2	1	0,6	0,2	0,5
	3	Pt1	0,1	0,2	1,3	0,7	0,2	0,3
	3	Pt2	0,1	0,2	1,4	0,7	0,2	0,6
	4	Pt1	0,1	0,3	1,2	0,7	0,2	0,4
	4	Pt2	0,1	0,3	1,4	0,7	0,2	0,6
		Mediana	0,1	0,25	1,35	0,7	0,2	0,55
		Mínimo	0,1	0,2	0,9	0,6	0,2	0,3
		Máximo	0,1	0,3	2,6	0,8	0,2	0,9
	Nível 1****		0,6	37,3	18	35	123	35,7
	Nível 2*****		3,5	90	35,9	91,3	315	197

****Nível 1 = limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota, de acordo com a Resolução CONAMA nº 344/2004.

*****Nível 2 = limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota, de acordo com a Resolução CONAMA nº 344/2004.

***** A 1ª, 2ª e 3ª coletas compreenderam o período chuvoso.

(Continuação) Tabela 3- Concentração dos metais totais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn encontrados nos sedimentos do Rio 1, Rio 2, Rio 3 e Rio 4 do ponto 1 e 2.

Concentrações de Metais Totais (mg/kg)								
	Rio	Pontos amostrais	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
4ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,2	1,6	0,6	0,3	0,9
	1	Pt2	0,1	0,2	1,7	0,7	0,2	0,6
	2	Pt1	0,1	0,2	1	0,7	0,2	0,5
	2	Pt2	0,1	0,2	1	0,6	0,2	1
	3	Pt1	0,1	0,2	1,5	0,8	0,2	0,5
	3	Pt2	0,1	0,3	1,8	0,6	0,2	1
	4	Pt1	0,1	0,2	2,4	0,6	0,2	1,6
	4	Pt2	0,1	0,2	1,7	0,6	0,2	0,8
		Mediana	0,1	0,2	1,65	0,6	0,2	0,85
		Mínimo	0,1	0,2	1	0,6	0,2	0,5
		Máximo	0,1	0,2	2,4	0,8	0,3	1,6
5ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,3	1,6	0,6	0,2	0,7
	1	Pt2	0,1	0,2	1,6	0,6	0,2	0,6
	2	Pt1	0,1	0,2	0,9	0,7	0,2	0,4
	2	Pt2	0,1	0,3	1,1	0,6	0,2	0,7
	3	Pt1	0,1	0,3	1,3	0,8	0,3	0,3
	3	Pt2	0,1	0,3	1,6	0,6	0,2	0,6
	4	Pt1	0,1	0,2	2,3	0,7	0,2	1,4
	4	Pt2	0,1	0,3	1,4	0,7	0,2	0,4
		Mediana	0,1	0,3	1,5	0,65	0,2	0,6
		Mínimo	0,1	0,2	0,9	0,6	0,2	0,3
		Máximo	0,1	0,3	2,3	0,8	0,2	1,4
6ª Coleta	1	Pt1	0,1	0,3	1,8	0,7	0,2	0,9
	1	Pt2	0,1	0,2	1,6	0,7	0,2	0,8
	2	Pt1	0,1	0,2	0,9	0,8	0,2	0,5
	2	Pt2	0,1	0,2	1,1	0,7	0,2	1,9
	3	Pt1	0,1	0,3	1,4	0,6	0,2	0,6
	3	Pt2	0,1	0,3	1,3	0,7	0,2	0,5
	4	Pt1	0,1	0,3	1,8	0,6	0,2	0,7
	4	Pt2	0,1	0,3	1,5	0,6	0,2	0,4
		Mediana	0,1	0,3	1,45	0,7	0,2	0,65
		Mínimo	0,1	0,2	0,9	0,6	0,2	0,4
		Máximo	0,1	0,3	1,8	0,8	0,2	1,9
	Nível 1****		0,6	37,3	18	35	123	35,7
	Nível 2*****		3,5	90	35,9	91,3	315	197

****Nível 1 = limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota, de acordo com a Resolução CONAMA nº 344/2004.

*****Nível 2 = limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota, de acordo com a Resolução CONAMA nº 344/2004.

***** A 1ª, 2ª e 3ª coletas compreenderam o período de seca.

Os sedimentos avaliados neste estudo, considerando os parâmetros analisados e de acordo com a Resolução CONAMA nº 344/2004 não apresentam contaminação por metais pesados de Cd, Cu, Cr, Pb, Ni e Zn, uma vez que em todas as amostras de sedimento analisadas, as concentrações desses metais encontravam-se abaixo do limite.

Entretanto, apesar dos resultados apresentados para o sedimento, neste trabalho, não serem significativos em termos de concentrações de metais, isso não significa que estes mananciais não precisem de monitoramento e atenção, primeiro porque são utilizados para abastecimento público e segundo porque os metais são persistentes, isto é, não se degradam e podem ser acumulados via teia alimentar podendo alcançar o homem.

Estudos, como os de Demirak et al. (2006), Dsikowitzky et al. (2013), Lima (2013), Pereira et al. (2010) e Silva et al. (2009), mostram que os metais pesados podem ser biomagnificados e bioacumulados em peixes e, finalmente, alcançar organismos do topo da cadeia alimentar, ocasionando grandes riscos de saúde à população devido ao consumo das espécies de peixes contaminadas. O processo de biomagnificação ocorre quando os organismos do topo da cadeia têm concentrações mais elevadas do que aqueles do início da cadeia, ou seja, o contaminante é transferido do nível inferior para o nível superior na cadeia trófica (KASPER et al., 2007).

Além disso, é importante monitorar a poluição de níveis de metais pesados no sistema aquático para verificar o potencial risco que poderá ser alcançado dando uma estimativa do tipo de efeito que poderia ser esperado após uma exposição de metais pesados, por exemplo, consumindo peixes contaminados (KPEE, OZIOMA e IHUNWO, 2009).

O estudo do sedimento realizado neste trabalho demonstrou que existe certo grau de preservação desse meio, já que dentre os metais analisados, todos apresentaram resultados abaixo do permitido pela legislação pertinente, no entanto, ao vislumbrar a área marginal ao longo desses rios, percebem-se claramente sinais de degradação ambiental como ausência de áreas de preservação, visto que é composta em sua maioria por pastagens, seguido de pequenas áreas agrícolas, além da presença de erosões, assoreamentos e mata ciliar escassa.

Todos esses problemas, evidenciados neste estudo, podem favorecer, ao longo do tempo, a poluição desses rios e a consequente contaminação do sedimento por metais pesados que no presente momento apresentam-se com boa qualidade. A antropização pode ser determinante nesse processo e ocasionar o comprometimento da qualidade e inclusive a quantidade da água disponível para abastecimento, além de afetar a biodiversidade local.

4. CONCLUSÕES

Nas amostras de água analisadas, dentre os seis metais estudados, não foi possível detectar as concentrações dos metais Ni e algumas do Pb. Por outro lado, o VMP para a concentração de Cu (0,009 mg/L) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doce classe II, foi extrapolado em quase todas as leituras realizadas. No entanto, nas amostras de sedimento o Cu não foi detectado.

Todos os demais metais analisados nas amostras de água apresentaram resultados abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Esses resultados sugerem que a água desses mananciais de abastecimento pode estar contaminada pelo metal cobre e a população que consome a água desses rios pode estar ingerindo concentrações desse metal acima do permitido, caso ele não seja removido após passar pelo tratamento convencional de água realizado pela empresa responsável pelo tratamento e abastecimento de água. O cobre é essencial em pequenas quantidades para os humanos. Sua carência pode desencadear disfunções enzimáticas, mas o seu excesso provoca a Síndrome de Wilson e para os peixes, altas concentrações de cobre no meio aquático podem ser letais.

Quanto às concentrações dos metais pesados nas amostras de sedimento, os teores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn apresentaram níveis abaixo do limite 1 e 2, segundo a Resolução CONAMA N°344/2004. E ao contrário das amostras de água, as concentrações de Ni e Pb puderam ser detectadas no sedimento.

Dessa forma, pode-se afirmar que os sedimentos avaliados neste estudo, considerando os parâmetros analisados e de acordo com a Resolução CONAMA n° 344/2004 não apresentam contaminação por metais pesados de Cd, Cu, Cr, Pb, Ni e Zn, uma vez que em todas as amostras de sedimento analisadas, as concentrações desses metais encontravam-se abaixo do limite permitido.

Embora, o estudo do sedimento realizado neste trabalho tenha demonstrado que existe certo grau de preservação desse meio, já que dentre os metais analisados, todos estão dentro do limite aceito pela legislação pertinente. Por outro lado, esse estudo também mostrou que os rios apresentaram concentrações de cobre acima do permitido pela legislação, podendo impactar significativamente o meio aquático, já que não se conhece as verdadeiras fontes de contaminação desse metal na água.

Além disso, como os metais, de maneira geral, são persistentes e não há um acompanhamento e nem medidas de recuperação desses ambientes pelo órgão responsável em

captar e tratar a água bruta desses rios, o que ocorre é que esses mananciais poderão vir a ser inutilizados para tal fim ou comprometer de forma silenciosa a saúde pública da população abastecida.

Devido à necessidade de utilização dos usos múltiplos desses rios (abastecimento, lazer e dessedentação de animais) pela população urbana e pelos moradores próximos aos rios, algumas ações devem ser tomadas para que tais usos não sejam restritos e atendam a demanda.

Nesse sentido, merece destaque a recuperação de matas ciliares em alguns pontos dos rios, e a fiscalização, por parte do órgão competente, em relação à preservação de áreas de vegetação nas propriedades particulares por onde passam os rios e conter os loteamentos próximos aos rios que potencializa os impactos nos mananciais bem como realizar um monitoramento contínuo da qualidade da água desses mananciais, por meio de mais análises desse tipo, tendo em vista os riscos que esta contaminação poderá expor a população que se abastece dessas águas e ao próprio meio aquático.

Ainda neste contexto, é importante destacar que a conscientização do uso do solo de maneira adequada, perceber o quanto esses rios são vulneráveis aos impactos de diferentes atividades humanas e respeitar o uso racional desses recursos, por parte dos proprietários das terras que margeiam esses rios e pela população em geral, será fundamental na recuperação das águas desses mananciais utilizados para o abastecimento humano.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A.; ROCHA, O. **Estudo Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP)**. J. Braz. Soc. Ecotoxicol, v. 1, n. 2, 2006, 141-145. Disponível em: <ecotoxbrasil.org.br/index.php?option=com...file>. Acesso em: 20 fev. 2015.
- ALVES, C. M. R. F. **Especiação de metais pesados em sedimentos: Aplicação à Bacia Hidrográfica do Rio Ave**. 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, FEUP, Porto.
- APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF - Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. Greenberg (Ed.), 20th ed. Washington, D.C.: [s.n.], 2005.
- BAMBIC, D. G.; ALPERS, C. N.; GREEN, P. G.; FANELLI, E.; SILK, W. K. **Seasonal and spatial patterns of metals at a restored copper mine site. I. Stream copper and zinc**. Environmental Pollution, v. 144, p. 774-782, 2006. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18137040>. Acesso em: 18 jul. 2015.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. **Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio**. Revista Ambiente e Água, v. 9 n.1, p. 118-129, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n1/12.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C. E PETRUCIO, M. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ)**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 14, n. 1, p. 91 – 98, 2002. Disponível em: <[http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo%2010_14\(1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo%2010_14(1).pdf)>. Acesso em: 14 FEV. 2015.

CAMACHO, L. R. N. **Avaliação da qualidade de um córrego urbano com relação às espécies metálicas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)**. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5051>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brandão, C.J.; botelho, M.J.C.; Sato, M.I.Z.; Lamparelli, M.C. (Orgs). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CHAPMAN, P.; WANG, F.; ADAMS, W. J.; GREEN, A. **Appropriate Applications of Sediment Quality Values for Metals and Metalloids**. Environmental Science e Technology, v. 33, n. 22, 1999. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es990083n>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

CONORATH, D. G.; MAZZER, A. M.; LORENZI, L.; BECKER, F.; NASS, D. H. **Variação sazonal dos sedimentos de fundo na Baía da Babitonga em um transecto próximo à ilha da Rita – São Francisco do Sul, Santa Catarina**. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010, Porto Alegre. Anais Porto Alegre, 2010. 12p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2004. Resolução Conama nº 344. Disponível em: <<http://www.novaambi.com.br/pdfs/344.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama nº 357. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

COTRIN, M. E. B. **Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público**. Tese de Doutorado em Ciências de Tecnologia, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-10062008-155437/pt-br.php>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

COTTA, J. A. O. **Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do parque estadual turístico do Alto Ribeira (PETAR)**.

Dissertação de Mestrado, São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-17082004-110811/pt-br.php>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.O.O.; PIOVANI, M.R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do Rio Betari no parque estadual turístico do Alto Ribeira - Petar, São Paulo, Brasil**. Química Nova, Vol. 29, nº 1, p. 40-45, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27854.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

DEMIRAK, A.; YILMAZ, F.; TUNA, A. L.; OZDEMIR, N. **Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey**. Chemosphere, v. 63, 2006, p. 1451–1458. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565350501115X>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24877.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

DSIKOWITZKY, L.; MENGESHA, M.; DADEBO, E.; CARVALHO, C. E. V.; SINDERN, S. **Assessment of heavy metals in water samples and tissues of edible fish species from Awassa and Koka Rift Valley Lakes, Ethiopia**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 185, p. 3117-3131, 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-012-2777-8?no-access=true>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

EVANS, G.; HOWARTH, R. J.; NOMBELA, M. A. **Metals in the sediments of Ensenada de San Simón (inner Ría de Vigo), Galicia, NW Spain**. Applied. Geochemistry, v. 18, p. 973-996, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292702002032>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; CUNHA, C. L. N. **Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada, 10 (2), p.229-241, 2010.

FONSECA, E. M. **Estudo da interação entre atividade bacteriana, metais pesados e matéria orgânica nos sedimentos da Baía de Guanabara-RJ**. 2004. 115p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Instituto de Geociências, UFF, Niterói.

FOSTIER, A. H.; FORTI, M. C.; GUIMARÃES, J. R. D.; MELFI, A. J.; BOULET, R.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; KRUG, F. J. **Mercury fluxes in a natural forested Amazonian catchment, Serra do Navio, Amapá State, Brazil**. The Science of the Total Environment, v. 260, p. 201-211, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969700005647>> Acesso em: 18 jul. 2015.

GOMES, M. V. T.; SATO, Y. **Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil**. Revista

Saúde e Ambiente, v. 6, n. 1, p. 24-30, 2011. Disponível em:<
<http://publicacoes.unigranrio.br/index.php/sare/article/viewFile/1229/752>>. Acesso em 22 jul. 2015.

GORGOSINHO, P. H. C.; CALIXTO, L. S. F.; FERNANDES, P. L.; GAGLIARDI, L. M.; BALSAMÃO, V. L. P. **Diversidade de habitats e padrões de diversidade e abundância do bentos ao longo de um afluente do reservatório de Três Marias, MG.** Arq. Inst. Biol., São Paulo, v. 71, n. 2, p. 227-232, 2004.

GUSMÃO, F. L. M. **Efeitos do cobre e cromo na comunidade zooplanctônica: um estudo experimental em mesocosmos.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental, USP, 2004.

JARDIM, G. M. **Estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento do Rio Corumbataí, SP.** 2004. 126p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

KASPER, D.; BOTARO, D.; PALERMO, E. F. A.; MALM, O. **Mercúrio em peixes – fontes e contaminação.** Oecologia Brasiliensis, v. 11, n. 2, p.228-239, 2007. Disponível em:<[file:///C:/Users/Wilson/Downloads/Dialnet-MercurioEmPeixesFontesEContaminacao-2685303%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Wilson/Downloads/Dialnet-MercurioEmPeixesFontesEContaminacao-2685303%20(1).pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

KPEE, F.; OZIOMA, E.; IHUNWO, L. **Seasonal variation of Cd, Ni, Cu and Pb in catfish, sediment and water samples from Ipo Stream in Ikwerre District of Rivers State, Nigeria.** Journal of Applied Sciences & Environmental Management, v. 13, n. 2, p. 63-67, 2009. Disponível em:< <http://www.bioline.org.br/pdf?ja09026>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

LIMA, D. P. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do rio Cassiporé, estado do Amapá, Amazônia, Brasil.** 2013. 147p. Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós- Graduação em Biodiversidade Tropical. Disponível em: <
http://www2.unifap.br/ppgbio/files/2010/05/Daniel_Lima_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Final.pdf> Acesso em: 18 jul. 2015.

LIMA, M. C.; GIACOMELLI M. B. O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F. D. **Especiação de cobre e chumbo em sedimento do rio Tubarão (SC) pelo método Tessier.** Quím. Nova v.24 n.6 São Paulo, 2001. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n6/6777.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento.** 2006. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, USP, São Paulo. Disponível em: <
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-16052006-121526/>>. Acesso em: 22. Jul. 2015.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana.** Revista Saúde Pública, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

MOURA, L. S. A. **Avaliação da qualidade de quatro mananciais de abastecimento situados na região metropolitana de Goiânia/Goiás por meio da análise de água e sedimento, 2014a. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – PPGEMA- UFG, Goiânia-Go.

MOURA, L. S. A. **Avaliação da qualidade de quatro mananciais de abastecimento com relação a seis espécies metálicas presentes na água e no sedimento de fundo, 2014b. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – PPGEMA- UFG, Goiânia-Go.

MUDGAL, V.; MADAAN, N.; MUDGAL, A.; SINGH, R.B.; MISHRA, S. **Effect of toxic metals on human health**. The Open Nutraceuticals Journal, v. 3, p. 94-99. 2010. Disponível em:< <http://www.deboni.he.com.br/revista6.pdf> acesso>. Acesso em: 22 jul. 2015.

NETO, M. L. F.; FERREIRA, A. P. - **Perspectivas da Sustentabilidade Ambiental Diante da Contaminação Química da Água: Desafios Normativos** - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.2, n.4, 2007. Disponível em:< <http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/145/159>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

OBASOHAN E. E. **Heavy metals concentrations in the offal, gill, muscle and liver of a freshwater mudfish (*Parachanna obscura*) from Ogba River, Benin City, Nigeria**. African Journal of Biotechnology, v. 6, n. 22, p. 2620-2627, 2007. Disponível em:< http://hwww.academicjournals.org/article/article1379775095_Obasohan.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2015.

OBASOHAN, E. E. **Bioaccumulation of chromium, copper, maganese, nickel and lead in a freshwater cichlid, *hemichromis fasciatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria**. African Journal of General Agriculture, v. 4, n. 3, p. 141-152, 2008. Disponível em:< http://www.researchgate.net/publication/267827143_Bioaccumulation_of_chromium_copper_maganese_nickel_and_lead_in_a_freshwater_cichlid_hemichromis_fasciatus_from_Ogba_River_in_Benin_City_Nigeria>. Acesso em: 14 jul. 2015.

PAULA, M. **Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana**. Tchê-Química, v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006. Disponível em:< <http://www.deboni.he.com.br/revista6.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

PEREIRA, P.; PABLO, H.; PACHECO, M.; VALE, C. **The relevance of temporal and organ specific factors on metals accumulation and biochemical effects in feral fish (*Liza aurata*) under a moderate contamination scenario**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 73, p. 805–816, 2010. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651310000527>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

PIZARRO, J.; VERGARA, P. M.; RODRÍGUEZ, J. A.; VALENZUELA, A. M. **Heavy metals in northern Chilean rivers: spatial variation and temporal trends**. Journal of Hazardous Materials, v, 181, p. 747-754, 2010. Disponível em:< <http://documentos.dga.cl/CON5266.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

QUEIROZ, M. T. A. **Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, aplicando a análise por ativação Neutrônica Instrumental**. 2006. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Industrial) – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2006. Disponível em:<
http://www.unilestemg.br/portal/mestrado/dissertacoes/dissertacao_marluce.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2015.

RODGHER, S.; ESPÍNDOLA, E. L.; ROCHA, O.; FRACÁCIO, R.; PEREIRA, R. H. G.; RODRIGUES, M. H. S. **Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê river (São Paulo, Brazil)**. Braz. J. Biol., São Carlos, v. 65, n. 4, p. 697-710, Nov. 2005. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000400017>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

SANTOS, A.; ALONSO, E.; CALLEJÓN, M.; JIMÉNEZ, J. C. **Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the guadiamar river basin**. Water, Air, and Soil Pollution, v. 134, p. 275-286, 2002. Disponível em:<
<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1014149107094#page-1>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

SILVA, D. S.; LUCOTTE, M.; PAQUET, S.; DAVISON, R. **Influence of ecological factors and of land use on mercury levels in fish in the Tapajós River basin, Amazon**. Environmental Research, v. 109, p. 432-446, 2009.

SIQUEIRA, K. L. F. **Avaliação do sistema de cultivo de ostra do gênero Crassostrea(SACCO, 1897) no estuário do rio Vaza-Barris (Sergipe). Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental), 2008.**

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Framework for metals risk assessment**. EPA 120/R -07/2001, 2007. Disponível em:<
<http://www.epa.gov/raf/metalsframework/pdfs/metals-risk-assessment-final.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. **Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp)**. Intitute Journal Environment Science Technology, v. 5, n. 2, p. 179-182, 2008. Disponível em:<
http://www.academia.edu/1453668/Bioaccumulation_of_heavy_metals_in_organs_of_fresh_water_fish_Cyprinus_carpio_Common_carp_>. Acesso em: 22 jul. 2015.