



IV-043 – VARIAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM RESERVATÓRIO DESTINADO AO ABASTECIMENTO PÚBLICO

Patrícia Pereira Ribeiro Keller⁽¹⁾

Farmacêutica Bioquímica pela Universidade Federal de Goiás. Mestra em Engenharia do Meio Ambiente (UFG). Técnica em Saneamento na SANEAGO.

Nora Kátia Saavedra del Aguila

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora adjunta da Universidade Federal de Goiás (UFG/EECA/PPGEAS).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Fued José Sebba, 1245, Jardim Goiás, Goiânia – GO; Brasil; CEP: 74805-100. Tel.: (62) 3243-3600 – e-mail: patriciakeller@saneago.com.br

RESUMO

Os elementos traço são micropoluentes hídricos com função biológica ou tóxica considerados fatores estressantes à biota e seu meio. Quando o manancial de superfície é utilizado para abastecimento público os micropoluentes antrópicos são vislumbrados como potencialmente perigosos; haja visto que a remoção dos mesmos através de Estações de Tratamento de Água Convencionais está relacionado ao rigoroso controle operacional. Considerando que o conhecimento agrega subsídio para tomada de decisões, o presente estudo foi realizado no Reservatório do Ribeirão João Leite, cujo fim é o abastecimento público de Goiânia e região metropolitana, no Estado de Goiás – Brasil, avaliando a concentração de elementos traço na coluna vertical do mesmo em 4 profundidades (0,20 m; 13 m; 18 m e 22 m). O método utilizado para obtenção dos dados foi espectrometria de emissão óptica com plasma e reportaram quali-quantitativamente elementos traço por sazonalidade (verão seco e inverno chuvoso) anual. Assim, os resultados evidenciaram presença de elementos traço, sendo: arsênio, mercúrio, estrôncio, selênio, cobre, ferro, alumínio, cromo, zinco, sódio, cádmio, cobalto, boro, manganês, lítio, prata, berílio, vanádio, níquel, urânio, bário e chumbo. A princípio, constatou-se a resiliência do corpo hídrico perante as adversidades observadas com relação aos elementos traço, sugestivo de monitoramento investigativo como ação preventiva.

PALAVRAS-CHAVE: Elementos traço, reservatório, metais pesados, estresse hídrico.

INTRODUÇÃO

A ação antrópica sobre mananciais superficiais utilizados para abastecimento público está relacionada ao interesse dos três setores da economia (indicadores que representam o desenvolvimento de uma região). A legislação brasileira aplicável aos resíduos, em prol da qualidade ambiental (Constituição da República Federativa do Brasil, Capítulo VI – Do Meio Ambiente, art. 225; Presidência da República / Subchefia para assuntos jurídicos: Lei n° 6938/1981, Decreto n° 875/1993, Lei n° 9605/1998, Decreto n°6514/2008; Ministério do Meio Ambiente / Conselho Nacional do Meio Ambiente: CONAMA n° 23/1996, CONAMA n° 275/2001, CONAMA n° 316/2002, CONAMA n° 357/2005, CONAMA n° 358/2005, CONAMA n° 401/2008; Ministério dos Transportes: Resolução n° 420/2004; Normas Técnicas: NBR 10.004, NBR 10.005, NBR 10.006, NBR 10.007, NBR 11.174, NBR 11.175, NBR 12.235, NBR 12.808, NBR 12.809, NBR 13.221, NBR 13.463; dentre outros), é minuciosa e abrange várias vertentes; todavia, a gestão ambiental submetida aos requisitos legais apresenta-se em evolução ao proposto.

Segundo a Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás, com perfil agropecuário, o Estado de Goiás visa preservar mananciais utilizando ferramentas como o Programa Proteção de Nascentes segundo princípios do empreendedorismo sustentável, pois áreas antropizadas agrícolas são impactantes sobre a qualidade de águas superficiais. Em relação à causa e consequência, observamos a aração e o gradeamento como fatores de sedimentação nos leitos; a adubação como fonte de nutrientes relacionados à eutrofização de corpos d'água; o estrume e a urina enquanto disseminadores de metais, nutrientes, patógenos e produtos farmacêuticos; irrigação provocando a salinização e favorecendo o escoamento superficial similar a lixiviação; corte da mata ciliar



favorecendo a erosão e alteração do regime hidrológico; e os agrotóxicos que comprometem a qualidade da água e contamina a sua biota, levando à disfunção do sistema ecológico através da perda de predadores, inibição de crescimento, comprometimento reprodutivo e ação bioacumuladora (FAO, 2011; PEREIRA, 2016).

A poluição das águas por carga poluidora traço pode ser pontual ou difusa. Alguns elementos traço são essenciais ao metabolismo dos seres aquáticos, como: Fe (parte do citocromo e ferredoxina na cadeia respiratória), Mn (formação de clorofila), Zn (micronutriente pertencente ao ciclo do nitrogênio, responsável pelo crescimento do fitoplâncton e macrófitas), Cu (parte integrante da composição inorgânica das plantas), Mo (fixação do nitrogênio) e B (participação na formação proteica). Todavia, concentrações exacerbadas podem conferir toxicidade aos seres aquáticos. Existem elementos traço que não possuem função biológica, mas são importantes pela toxicidade que conferem ao meio aquático, como: As, Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni, Sn, dentre outros (ESTEVES, 2011; GALLO, 2013; OLIVEIRA, 2010).

Elementos traço em solução aquosa apresentam-se geralmente associado ao material particulado em suspensão, excetuando-se quando está em concentração exacerbada. Em situação complexada, o metal quelado tende a sedimentar e na ausência de moléculas orgânicas solúveis permanecem livre (ESTEVES, 2011). Characklis & Wiesner (1997) evidenciaram que os elementos ferro e zinco, durante período de chuva, têm a concentração aumentada; fenômeno associado ao escoamento urbano.

Souza *et al.* (2013) estudando a sub-bacia do rio Negro em Mato Grosso do Sul verificaram que a concentração de ferro foi quatorze vezes superior ao permitido pela legislação CONAMA nº 357/2005. Sendo também quantificados chumbo (média de 1,89 mg.L⁻¹), cádmio (média de 0,34 mg.L⁻¹) e mercúrio (média de 0,19 mg.L⁻¹) nas amostras analisadas. Associaram-se os metais encontrados ao processo de lixiviação. Fato semelhante foi observado por Maconachie (2007) quando ao estudar as bacias dos rios Getsi e Jakara em Kano na Nigéria, avaliou o impacto que a agricultura urbana pode ocasionar em mananciais de superfície. Foram monitorados os elementos cobalto, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo, cromo, mercúrio, cádmio, magnésio e cálcio. No rio Jakara revelou-se a presença de cobalto, manganês e ferro; enquanto que no rio Getsi foi encontrado manganês, considerado contaminante doméstico.

Com o intuito de agregar conhecimento do impacto de atividades antrópicas em corpos hídricos, Coelho (2011) considerou o uso inadequado do solo (urbanização, desmatamento, agropecuária) como fator importante no impacto ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, principalmente em período de chuva devido à lixiviação. A identificação e quantificação de elementos traço pode ser utilizado, segundo a primícia utilizada por Coelho, em mananciais de superfície como referencial de poluição hídrica. O Reservatório do Ribeirão João Leite com fim para o abastecimento público possui importância sócio-econômica; significativa ao que tange qualidade ambiental e hídrica.

Desta forma, esta pesquisa visa determinar a variação de elementos traço no Reservatório do Ribeirão João Leite, considerando quatro profundidades na coluna vertical da massa de água. Ressalta-se a importância do monitoramento de fatores estressantes em corpos hídricos receptores de efluentes provenientes de atividades antrópicas, sejam urbanas ou rurais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi o Reservatório do Ribeirão João Leite, localizado no município de Goiânia, segundo as coordenadas 690805/8167538 UTM, inserido em área de proteção ambiental – APA do Ribeirão João Leite; sistema lântico para fins de abastecimento público. Foram realizadas seis coletas bimestrais no ano de 2014, considerando os períodos de seca (abril, junho, agosto) e chuva (fevereiro, outubro e dezembro). As amostras foram coletadas em 4 (quatro) profundidades (PT1A à 0,20m; PT1B à 13m; PT1C à 18m e PT1D à 22m), conforme Quadro 1.

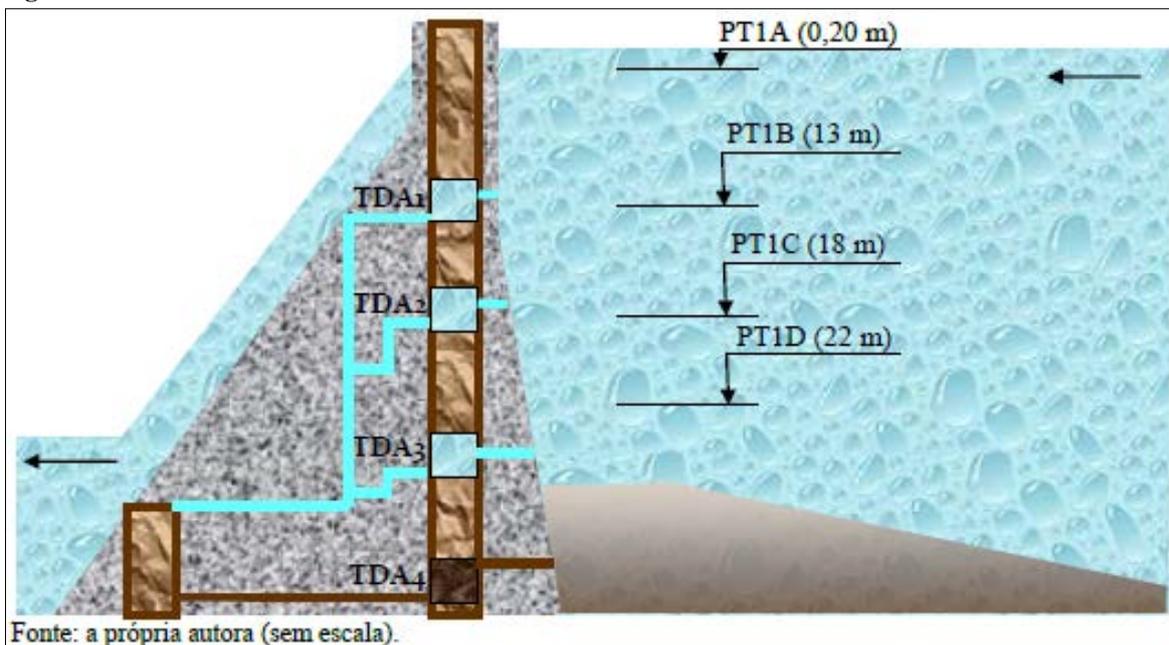
Quadro 1 – Geoposicionamento do ponto de monitoramento e descritivo das cotas de elevação

Pontos	Localização	Cota de elevação (m)	Profundidade de coleta (m)	Coordenadas geográficas (UTM)	
				E	N
PT1A	Reservatório do Ribeirão João Leite Coluna vertical	749,00	0,20	690 805	8 167 538
PT1B		735,80	13,00		
PT1C		730,80	18,00		
PT1D		721,80	22,00		

A estrutura hidráulica descritiva da Figura 1 demonstra que o reservatório do Ribeirão João Leite possui torre de tomada de água em quatro profundidades: 13 m (TDA1 com cota de 735,8 m), 18 m (TDA2 com cota de 730,8 m), 28 m (TDA3 com cota de 721,8 m) e fundo (TDA4 para descarte de sedimento); aproximadamente.

A análise foi realizada em espectrofotômetro de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES / VARIAN), segundo método de espectrometria atômica 3113-B do Standard Methods (APHA, 2012). Foram pesquisados metais dissolvidos (ferro, cobre e alumínio), metais VGA (arsênio, mercúrio, estrôncio e selênio) e metais totais (cromo, zinco, sódio, cádmio, cobalto, bário, manganês, lítio, prata, berílio, fósforo, vanádio, níquel, urânio, bário e chumbo); quantificados em mg.L^{-1} .

Figura 1 – Profundidades monitoradas no Reservatório do Ribeirão João Leite



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em 2014, dentre os resultados obtidos conforme Quadro 2, não foi identificado a presença do elemento prata no ponto PT1A; todavia, os demais parâmetros analisados foram quantificados na superfície da massa de água dentro do preconizado no CONAMA nº 357/2005. A ausência de Ag no ponto PT1D também foi evidenciada; porém, manganês ($0,39567 \text{ mg.L}^{-1}$), urânio ($0,02139 \text{ mg.L}^{-1}$), ferro total ($20,67896 \text{ mg.L}^{-1}$) e ferro dissolvido ($0,38703 \text{ mg.L}^{-1}$) estavam acima do valor máximo permitido pelo CONAMA nº 357/2005. A tendência dos elementos quantificados pelo ICP tendem a se deslocar em profundidade na coluna vertical.

Quadro 2 – Valores obtidos no monitoramento do Reservatório do Ribeirão João Leite, 2014.

Parâmetros	Pontos de amostragem (média anual)				VMP CONAMA nº 357/2005 Classe II	Unidade
	PT1A	PT1B	PT1C	PT1D		
As	0,00073	0,00041	0,00034	0,00064	0,01	mg.L ⁻¹
Hg	0,00010	0,00006	0,00010	0,00005	0,0002	
Sb	0,00027	0,00048	0,00036	0,00043	0,005	
Se	0,00056	0,00016	0,00036	0,00016	0,01	
Cu dis.	0,00064	0,00074	0,00067	0,00070	0,009	
Fe total	0,12987	0,54194	1,11280	20,67896	0,3	
Fe dis.	0,02036	0,21215	0,11455	0,38703	0,3	
Al dis.	0,01502	0,00970	0,00873	0,00730	0,1	
Cr	0,00181	0,00117	0,00213	0,00559	0,05	
Zn	0,01293	0,01774	0,01705	0,02730	0,18	
Na	3,92429	4,38064	4,46111	4,18134	NR	
Cd	0,00016	0,00014	0,00029	0,00021	0,01	
Co	0,00115	0,00005	0,00035	0,00119	0,05	
B	0,00859	0,05281	0,48436	0,02792	0,5	
Mn	0,04841	0,27310	0,09700	0,39567	0,1	
Li	0,09740	ND	0,00026	0,00029	2,5	
Ag	ND	0,00029	0,00026	ND	0,01	
Be	0,00019	0,00019	0,00020	0,00191	0,04	
V	0,00130	0,00094	0,00284	0,01102	0,1	
Ni	0,00130	0,00062	0,00005	0,00472	0,025	
U	0,00653	0,00021	0,00778	0,02139	0,02	
Ba	0,04232	0,04819	0,05905	0,08952	0,7	
Pb	0,00108	0,01387	0,00846	0,00767	0,01	

Legenda: Fe – ferro; Fe dis. – ferro dissolvido; Cu dis. – cobre; Al dis. – alumínio; Ar – arsênio; Hg – mercúrio; Sb – estrôncio; Se – selênio; Cr – cromo; Zn – zinco; Na – sódio; Cd – cádmio; Co – cobalto; Ba – bário; Mn – manganês; Li – lítio; Ag – prata; Be – berílio; P – fósforo; V – vanádio; Ni – níquel; U – urânio; B – bromo; Pb – chumbo; VMP – valor máximo permitido.

No ponto PT1B os elementos manganês (0,2731 mg.L⁻¹), chumbo (0,01387 mg.L⁻¹) e ferro total (0,54194 mg.L⁻¹) também discordam da legislação para Classe II. Em PT1C apenas ferro total (1,11280 mg.L⁻¹) não atendeu a legislação utilizada como referência. Enfim, todos os elementos traço monitorados foram quantificados na coluna vertical da massa de água, sendo lítio não evidenciado em PT1B e prata não evidenciado em PT1A e PT1D.

O chumbo quantificado verticalmente na coluna de água no Reservatório do Ribeirão João Leite teve média anual três vezes superior ao preconizado pelo Conama nº 357/2005 para Classe II, no ponto PT1C, com destaque para o período de chuva que está relacionado ao processo de lixiviação decorrente da área de drenagem da bacia e a presença de extensa área de pastagem (FERNANDES *et al.*, 2015).

O ferro e o manganês presentes nas águas do Reservatório do Ribeirão João Leite são elementos preocupantes com relação ao aspecto organoléptico; haja vista que ambos conferem cor à água. À nível da tomada de água para captação com fins de tratabilidade, o manganês encontra-se em concentração superior ao referenciado pelo CONAMA nº 357/2005 para Classe II em PT1B (~TDA1); PT1C (~TDA2) e PT1D (~TDA3). Por conseguinte a ETA deve estar operacionalmente competente na remoção deste íon que, em excesso, é responsável pela coloração da água e quando oxidado resulta em incrustações da rede; podendo desprender como precipitado preto. O Quadro 3 apresenta a carga de manganês ferro em mananciais de superfície, verificando que ambos íons seguem padrão diretamente proporcional em suas concentrações.

Quadro 3 – Contribuição dos elementos traço manganês e ferro, com alterações organolépticas em recursos hídricos

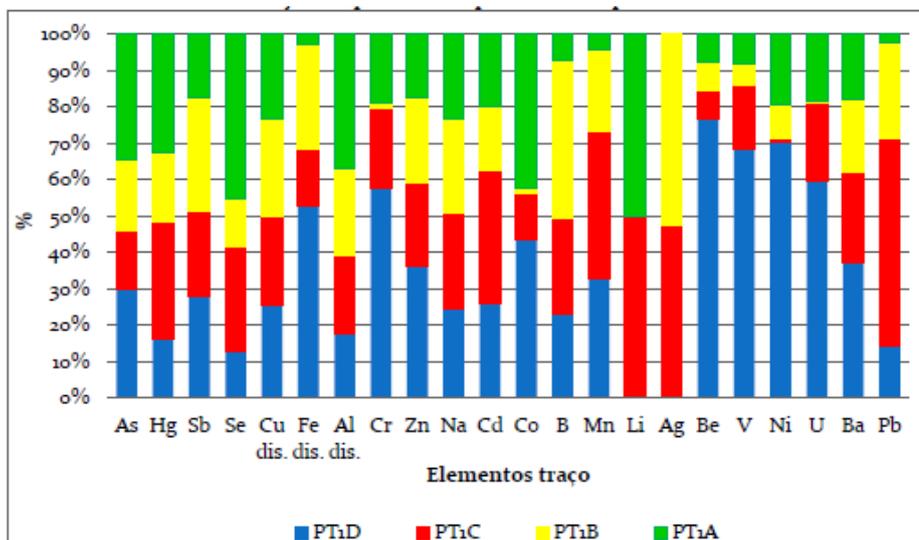
Sistema fluvial	Mn (mg.L ⁻¹)	Fe (mg.L ⁻¹)	Referência
Rio Mississipi (EUA)	0,075 a 1,02	0,100 a 2,5	Carlson, 2014
Rio Pardo (Brasil)	0,0019 a 0,25	NR	ALVES <i>et al.</i> , 2014
Rio Drini i Bardhë (Kosovo)	0,017 a 0,035	0,09 a 0,19	HAXHIBEQIRI <i>et al.</i> , 2014
Lago Ngapouri (Nova Zelândia)	0 a 0,7	0 a 3,4	HARTLAND <i>et al.</i> , 2015

Legenda: NR – não realizado.

No Lago Ngapouri o ferro e o manganês aumentaram, em até duas ordens de grandeza, as concentrações no hipolímio; assim como aconteceu no Reservatório do Ribeirão João Leite à nível da coluna d'água. Nos Estados Unidos, Carlson (2014) analisou nove bacias hidrográficas de graus diferentes de desenvolvimento e verificou que em área mais urbanizadas os íons ferro e manganês diminuem consideravelmente.

No Reservatório do Ribeirão João Leite ferro dissolvido, manganês e chumbo estão em menor concentração percentual, em relação aos demais elementos traço e nas quatro profundidades consideradas. O ferro dissolvido está entre os seis elementos com maior concentração em PT1D evidenciando sua característica precipitante, conforme observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Elementos traço quantificados nos pontos monitorados do Reservatório do Ribeirão João Leite



Dos bimestres amostrados no Reservatório do Ribeirão João Leite, apenas o quarto bimestre apresentou ocorrência de urânio (0,255803 mg.L⁻¹) acima do valor máximo permitido, segundo Conama n° 357/2005 para Classe II, próximo ao sedimento; no entanto, a quantidade evidenciada do urânio não causa risco à biota aquática e nem à saúde humana.

O período de chuva foi significativo na detecção de elementos traço, sendo que nos pontos PT1A, PT1B, PT1C e PT1D foram identificados boro, lítio e berílio no período de chuva, mas não no período de seca. Elementos como o ferro e o manganês estiveram presente no corpo hídrico independente da sazonalidade; todavia, considerando as concentrações do período de seca e de chuva verificou-se que há maior quantidade de ferro e manganês no período de seca. Esses elementos são importantes para a biota aquática quando associado à intensificação da zona fótica; condição favorável à proliferação de algas e cianobactérias quando da presença de nutrientes também.



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A qualidade do manancial de superfície utilizado para abastecimento público reflete diretamente na operação dispensada em estações de tratamento de água. Observando que as legislações pertinentes ao Ministério do Meio Ambiente e ao Ministério da Saúde no Brasil determinam os padrões de qualidade que devem ser cumpridos, os estudos científicos analisam tendências evolutivas da qualidade das águas superficiais em várias vertentes de abordagens que suplantam a dinâmica da qualidade hídrica.

Os elementos traço necessitam ser minuciados quanto aos efeitos limnológicos bióticos e abióticos em corpos hídricos. Saliendo que no monitoramento hídrico deve-se considerar os aspectos geológicos para evidenciar os elementos que são autóctones dos alóctones (contaminação das atividades antrópicas).

Desta forma, tem-se a evidência da necessidade de monitoramentos investigativos em reservatórios destinados ao abastecimento público, pois os resultados obtidos são primícias na determinação do tipo de tratamento de água necessário para fins de potabilidade; além de conseguir mapear o real impacto das atividades antrópicas frente aos mananciais de superfície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, R. I. S. et al. Metal concentrations in surface water and sediments from Pardo River, Brazil: Human health risks. **Environmental Research**. 2014, 149-155p.
2. APHA, AWWA, WPCI. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: SC, 22th ed., 2012.
3. CARLSON, Douglas. Influence of land use on total suspended solid and dissolved ion concentrations: Baton Rouge, Louisiana area symposium sediment dynamics from the summit to the sea. **IAHS**. New Orleans: Louisiana, pbl. 367, december, 2014.
4. CHARACKLIS, Gregory W.; WIESNER, Mark R. Particles, metals and water quality in runoff from large urban watershed. **Journal of Environmental Engineering**. v. 123, n. 8, 1997, 753-759 p.
5. COELHO, Lorena Marques de Castro. Indicadores de Impactos Ambientais na Bacia do Ribeirão João Leite / GO: implicações ambientais e na saúde (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Saúde da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás). **PUC**. Goiânia: GO, 2011.
6. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília: DF, 2005.
7. ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência. Rio de Janeiro: RJ, 3 ed., 2011.
8. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture 2010 – 2011. **Sale and Marketing Group**. Rome: Italy, 2011.
9. FERNANDES, Milton Marques; CEDDIA, Marcos Bacis; FRANCELINO, Márcio Rocha; FERNANDES, Márcia Rodrigues de Moura. Diagnóstico ambiental da faixa ciliar e qualidade de água de duas microbacias utilizadas para abastecimento humano. **Irriga**. Botucatu: SP, v. 20, n. 1, jan-mar, 2015, 128-138 p.
10. GALLO, Luiz Antônio. Metabolismo do nitrogênio: ciclo do nitrogênio. **USP: ESALQ**. São Paulo: SP, 2013. Disponível em <<http://docentes.esalq.usp.br/luagallos/nitrogenio.htm>>
11. HARTLAND, Adam; ANDERSEN, Martin S.; HAMILTON, David P. Phosphorus and arsenic distributions in a seasonally – stratified, iron and manganese rich lake: microbiological and geochemical controls. **Environmental Chemistry**. July, 2015.
12. HAXHIBEQIRI, Burim; MALOKU, Faton; BRAHUSHI, Ferdi. Physical – chemical and bacteriological analysis of the river Drini i Bardhe. **Europen Scientific Journal**. v.3, february, 2014.
13. MACONACHIE, Roy. Surface Water Quality and Periurban Food Production in Kano, Nigeria. **Institute for Development Policy and Management – IDPM**. University of Manchester, 2007.



14. MS. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: DF, 2011.
15. OLIVEIRA, Priscilla Soares. A dinâmica dos nutrientes na água e a sua influência no processo de eutrofização do Canal do Manguê. Anais XVI. **ENG**. Porto Alegre: RS, 2010.
16. PEREIRA, Nayara. Faeg e Senar Goiás juntos em busca da conservação ambiental. **Sistema FAEG**. Goiânia: GO, 2016. Disponível em <<http://sistemafaeg.com.br/noticias/14480-faeg-e-senar-goias-juntos-em-busca-da-conservação-ambiental>>
17. SOUZA, Amaury; FONTENELE, Sávio de Brito; OLIVEIRA, Ana Paula Garcia; LASTORIA, Giancarlo; GABAS, Sandra; DIAS, Celina. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Negro, MS. **Ciência e Natura**. Santa Maria: RS. v. 35, n. 2, 2013, 176-189 p.