

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS DA BACIA DO CÓRREGO PIRAPITINGA EM ITUIUTABA – MG: estação seca e chuvosa

RILDO APARECIDO COSTA

Universidade Federal de Uberlândia | Brasil
rildocosta@ufu.br

LEDA CORREIA PEDRO MIYAZAKI

Universidade Federal de Uberlândia | Brasil
lecpgeo@ufu.br

VANIA SILVIA ROSOLEN

Universidade Estadual Paulista | Brasil
vrosolen@rc.unesp.br

**PALAVRAS-
CHAVE:**
Sedimentos;
Contaminação;
Urbanização.

RESUMO:

Os sedimentos são constituídos por partículas minerais (areia, silte e argila) e matéria orgânica que são transportadas ou depositadas no fundo dos corpos d' água. A quantidade e qualidade dos sedimentos são de fundamental importância para manter a saúde e o adequado funcionamento dos corpos hídricos. Desequilíbrios na carga de sedimentos depositados ou transportados pelos rios causam sérios problemas como assoreamento, diminuição da vida útil de reservatórios, intensificação de erosão das margens etc. Em relação aos aspectos qualitativos dos sedimentos, estes podem ou não ser imediatamente percebidos. Assim como os solos, os sedimentos podem ser considerados como armadilhas geoquímicas, isto é, de acordo com a suas propriedades físico-químicas podem fixar mais ou menos poluentes que são constantemente liberados pelas atividades humanas no meio rural ou urbano ou ainda, através de fontes difusas. Os sedimentos dos rios podem estocar grande quantidade de substâncias tóxicas que agem como fontes secundárias de poluição quando liberadas para as águas. Várias atividades antrópicas como industrialização, urbanização e agricultura são responsáveis pelo lançamento de elementos tóxicos na água que podem afetar negativamente tanto a qualidade ambiental quanto à saúde da população. O presente artigo tem como principal objetivo avaliar a concentração de metais pesados (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn) presente nos sedimentos coletados na bacia do Córrego Pirapitinga na cidade de Ituiutaba (MG) usou-se, para isso, os parâmetros de qualidade estabelecidos pelo CONAMA. Observou-se que nos pontos P3, P4, P5, P6 e P7, todos influenciados pela urbanização e lançamento de efluentes de indústrias. Os valores do Cr foram os mais significativos, evidenciando uma área potencial à contaminação por metais pesados.

QUALITY EVALUATION OF SEDIMENT OF PIRAPITINGA STREAM BASIN IN ITUIUTABA - MG: DROUGHT AND RAINY SEASON

The pellets consist of mineral particles (sand, silt and clay) and organic matter which are carried or deposited on the bottom of water bodies. The quantity and quality of the sediments are of fundamental importance to maintain health and proper functioning of water bodies. Imbalances in charge of sediment deposited or transported by rivers cause serious problems such as sedimentation, decreased life of reservoirs, intensifying erosion of margins, etc. With regard to the qualitative aspects of the sediments, these may or may not be immediately perceived. As soils, sediments can be considered as geochemical traps, that is, according to its physicochemical properties can retain more or less pollutants which are continuously released by human activities in rural or urban environment or even through sources diffuse. The sediments of rivers can store large amounts of toxic substances that act as secondary sources of pollution when released into

ABSTRACT:

KEYWORDS:

Sediments;
Contamination;
Urbanization.

the water. Several human activities such as industrialization, urbanization and agriculture are responsible for the release of toxic elements in the water that may adversely affect both environmental quality and the health of the population. This article aims to evaluate the concentration of heavy metals (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni and Zn) present in sediments collected in Pirapitinga Stream basin in the city of Ituiutaba (MG) was used for this the quality parameters set by CONAMA. It was observed that the points P3, P4, P5, P6 and P7, all influenced by urban and industrial effluents release. The values of Cr was the most significant, indicating a potential area for heavy metal contamination.

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SEDIMENTOS DEL ARROYO PIRAPITINGA EN ITUIUTABA - MG: ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA

PALABRAS

CLAVE:
Sedimentos;
Contaminación;
Urbanización

RESUMEN:

Los sedimentos están compuestos de partículas minerales (arena, silte y arcilla) y materia orgánica que se transportan o depositan en el fondo de los cuerpos de agua. La cantidad y calidad de los sedimentos son de importancia fundamental para mantener la salud y el buen funcionamiento de los cuerpos de agua. Los desequilibrios en la carga de sedimentos depositados o transportados por los ríos causan serios problemas como la sedimentación, el acortamiento de la vida del embalse, la intensificación de la erosión de los bancos, etc. Con respecto a los aspectos cualitativos de los sedimentos, estos pueden o no ser percibidos de inmediato. Al igual que los suelos, los sedimentos pueden considerarse trampas geoquímicas, es decir, de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas, pueden fijar más o menos contaminantes que las actividades humanas liberan constantemente en áreas rurales o urbanas o incluso a través de fuentes difusas. Los sedimentos de los ríos pueden almacenar grandes cantidades de sustancias tóxicas que actúan como fuentes secundarias de contaminación cuando se liberan al agua. Varias actividades antropogénicas como la industrialización, la urbanización y la agricultura son responsables de la liberación de elementos tóxicos en el agua que pueden afectar negativamente tanto la calidad ambiental como la salud de la población. Este artículo tiene como objetivo evaluar la concentración de metales pesados (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni y Zn) presentes en los sedimentos recolectados en la cuenca Pirapitinga Stream en la ciudad de Ituiutaba (MG). Para ello, se utilizaron los parámetros de calidad establecidos por CONAMA. Se observó que en los puntos P3, P4, P5, P6 y P7, todos influenciados por la urbanización y la descarga de efluentes industriales. Los valores de Cr fueron los más significativos, mostrando un área potencial de contaminación por metales pesados.

INTRODUÇÃO

Atualmente, segundo a ONU, a população urbana mundial é de aproximadamente 3,9 bilhões de pessoas. A estimativa para 2045 é que essa população atinja 6,3 bilhões, somando quase 70% residentes em áreas urbanas (World Urbanization Prospects 2014 - Revision, 2014, ONU, 2014).

Essa concentração exacerbada de pessoas nas cidades acaba por modificar as estruturas dos sítios urbanos, como o relevo, os solos, porém os rios urbanos são um dos elementos que mais sofrem degradação da qualidade ambiental pela adição de elevadas cargas de contaminantes orgânicos e inorgânicos, como os metais pesados gerados por fontes de poluentes pontuais ou difusas. (SALOMONS, 2005; POSTHUMA et al., 2008).

No Brasil, o inchaço causado pela urbanização intensa vem deteriorando a qualidade dos recursos hídricos por diversos usos. As fontes de contaminação

antropogênica são, na maioria das vezes, resultados de despejos domésticos, industriais, resíduos de aterros ou lixões e agricultura desenvolvida próxima às cidades.

Nas últimas quatro décadas os metais pesados vêm se destacando no cenário ambiental, devido principalmente ao seu alto grau de contaminação. Esse termo, metal pesado, refere-se a uma classe de elementos químicos nocivos para os seres humanos, principalmente pela sua maior densidade em relação aos metais comuns (BAIRD, 2002). Metais pesados como o Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Zinco (Zn) e Arsênio (As) podem ser citados como os mais estudados, principalmente pelos seus efeitos diretos e indiretos na saúde humana (SEGURA-MUÑOZ, 2002).

Segundo dados publicados pelo IBGE em seu Atlas de Saneamento e Saúde, lançado em 2011, considerando os municípios que declararam poluição ou contaminação, juntos, o esgoto sanitário, os resíduos de agrotóxicos e a destinação inadequada do lixo foram relatados como responsáveis por 72% das incidências de poluição na captação em mananciais superficiais, 54% em poços profundos e 60% em poços rasos (IBGE, 2011).

Portanto, a industrialização, agricultura e os resíduos sólidos geram uma grande quantidade de resíduos químicos que se concentram no ambiente, podendo se caracterizar como potencialmente poluentes, principalmente quando entram no sistema fluvial através da erosão do solo, do uso de defensivos químicos, desmatamentos, lixiviação dos materiais de construção, lava jatos, resíduos sólidos acumulados perto dos cursos de água, além do lançamento de esgotos e águas residuárias (BRISMAR, 2002; FÖRSTNER, 2003; FÖRSTNER et al., 2004).

O objetivo principal deste artigo foi avaliar a Qualidade dos Sedimentos recentemente depositados no Córrego Pirapitinga em Ituiutaba (MG), em relação à concentração de metais pesados. Tomando como parâmetros de referência de qualidade os índices propostos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) na estação seca e estação chuvosa.

Os Sedimentos e sua Contaminação por Metais Pesados

Os sedimentos fazem parte da dinâmica das bacias hidrográficas. São derivados da alteração e erosão dos minerais, dos solos e de matéria orgânica provenientes das partes mais elevadas da bacia bem como da erosão de depósitos e outras formações dentro do próprio canal (ROSOLEN, 2009). Sua composição básica é constituída de areia, silte, argila e matéria orgânica que estão depositados na bacia e são passíveis de transporte, determinados pelo uso da terra, clima, hidrologia, topografia, além da geologia (SALOMONS, 2005).

Segundo Jacobs e Förstner (2001) e Rosolen (2009), nos sistemas fluviais, a deposição temporária ocorre em ambientes como as planícies de inundação, lagos e reservatórios enquanto ao longo dos canais as zonas de deposição são muito restritas devido às perdas constantes. As grandes cargas são depositadas na foz dos rios, dentro das zonas estuárias ou costeiras ou ainda aprisionados em barragens o que resulta em diminuição dos sedimentos transportados à jusante.

As condições socioeconômicas são responsáveis pela qualidade dos sedimentos no sistema fluvial. Impactos ambientais que ocorrem nessas áreas não podem ser

considerados isoladamente, mas sim como fazendo parte de todo o sistema fluvial (SALOMON, 2005).

Os sedimentos representam para os rios uma fonte de vida, esse fato está relacionado com suas diferentes funções. Os sedimentos, assim como a água, são a parte ativa das bacias hidrográficas, pois constituem na principal fonte de nutrientes para muitos organismos e os processos microbiológicos que provocam a regeneração dos nutrientes e o funcionamento dos ciclos de nutrientes para todo o corpo d'água, fornecem as condições favoráveis para o desenvolvimento de uma grande variedade de habitats Rosolen (2009).

No decorrer da história, o homem utiliza os sedimentos há séculos. Como por exemplo as planícies aluviais para implantação de áreas agrícolas, ou ainda para exploração mineral, como material para construção.

A percepção de que os sedimentos são uma fonte valiosa para o homem (agricultura) e para a natureza mudou rápida e drasticamente quando tornou claro que os sedimentos não são enriquecidos apenas de nutrientes mas, também, como um legado da industrialização e do consumo de massa, uma perfeita armadilha para os poluentes perigosos gerados naturalmente ou pelas atividades humanas (FÖRSTNER, 2003:p.13).

As pesquisas relacionadas aos sedimentos destacam dois aspectos que são de suma importância, quantitativo e qualitativo e ambos têm um papel essencial na qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica (SALOMONS & BRILIS, 2004).

Considerando os aspectos quantitativos, mudanças hidrológicas influenciadas pelo clima e pelo homem, têm modificado o tempo e a intensidade das inundações e, portanto, a descarga disponível efetiva para o transporte de sedimentos (VÖRÖSMARTY et al., 2003). Por exemplo, estima-se que apenas com a construção dos grandes reservatórios ao redor do mundo são interceptadas mais de 40% da descarga global da água e que, aproximadamente, de 25 a 30% (4-5 Gt/ano) do fluxo de sedimentos que seriam transportados para a costa ficam retidos em barragens (BRISMAR, 2002). Esta situação afeta a hidrologia, a morfologia e a degradação dos canais dos rios até que um novo equilíbrio seja restabelecido (ROSOLEN, 2009).

Em relação aos aspectos qualitativos, podemos citar a presença dos contaminantes que entram no sistema fluvial, essa entrada obedece a diversos caminhos, como erosão do solo, despejo de esgoto, aterros ou lixões, dentre outros, através de fontes diretas ou difusas. Os sedimentos se constituem em reservatórios de elementos-traço biodisponíveis que ficam retidos nos minerais através dos processos de adsorção, precipitação, oclusão e incorporação (AHLF e FÖRSTNER, 2001).

A contaminação com elementos-traço de origem antropogênica é um persistente problema nas sociedades industriais, pois estes poluentes são não-degradáveis e se acumulam em formas químicas que são, muitas vezes, mais reativas que as formas originais (ADRIANO et al., 2004). Sedimentos contaminados estão presentes em várias áreas de deposição como portos, lagos, barragens e planícies de inundação. (SALOMONS, 2005).

Segundo Förstner et al. (2004) a Europa implantou um programa para monitoramento e controle dos sedimentos denominado Demand-driven European Sediment Research Network – SedNet (Programa EU Water Framework Directive – WFD, 2000), com o objetivo de estudar a qualidade dos sedimentos e controlar a melhoria das áreas sensíveis à contaminação, tais como planícies de inundação, estuários e áreas costeiras. O risco maior deve-se ao fato de que os sedimentos se tornem uma fonte secundária de contaminação quando erodidos, principalmente quando entrarem em re-suspensão e serem transportados ao longo dos canais.

Stigliani, (1988); Förstner, (2003) e Rosolen, (2009), destacam que os sedimentos são capazes de estocar e imobilizar elementos tóxicos, sendo considerados

como “armadilhas químicas”, e seus efeitos podem não se manifestar imediatamente, fazendo com que sejam liberadas de acordo com a dinâmica das bacias hidrográficas.

No Estado de Minas Gerais, a gestão e o planejamento dos recursos hídricos foram efetivados pela criação das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) através do Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM, da Secretaria Estadual de Planejamento e Coordenação Geral - SEPLAN e da Agência Nacional das Águas - ANA. No total, são 35 unidades físico-territórias – UPGRH- sendo 10 na Bacia do São Francisco (SF), 3 na Bacia do Paranaíba (PN), 8 na Bacia do Rio Grande (RG) e 6 na Bacia do Rio Doce (DC).

A implantação das UPGRHs tem como objetivos a preservação e utilização racional dos recursos hídricos considerados um aspecto importante na atualidade para a resolução de problemas agudos relacionados à questão hídrica, visando ao bem-estar de todos e à preservação do meio ambiente (IGAM, 2005).

A Bacia do Paranaíba (PN) comporta três UPGRHs, a PN1 (nascentes do Rio Paranaíba até jusante da barragem de Itumbiara), PN2 (Bacia do Rio Araguari) e PN3 (baixo curso, de Itumbiara até a foz). Em conjunto, drenam uma área de 70.832 km². As vazões outorgadas para esta bacia no ano de 2010 revelam que a irrigação consome a parte mais expressiva da água superficial com 74,8% (14,976 m³/s) seguido pelo uso industrial com 7,8% (1,558 m³/s), 5,2% em Outros (incluem -se nessa categoria as outorgas para aquicultura, consumo humano, dessedentação animal, urbanismo, recreação, dentre outras) (1,050 m³/s) e 0,6% para abastecimento (0,116 m³/s).

É importante salientar que, no Estado, o número de outorgas cresce a cada ano. Atualmente o maior número ocorre na Bacia do Paranaíba, totalizando 1082 outorgas, ou seja, 32,3% sobre o total do Estado Rosolen, (2009).

O Córrego Pirapitinga, área de estudo desta pesquisa, é afluente do Rio Tijuco cuja bacia hidrográfica pertence à bacia do Rio Paranaíba, ou seja, a Bacia PN3, que corresponde ao baixo curso do Rio Paranaíba que drena uma área de aproximadamente 26.973 Km² e engloba 20 municípios com população total de 211.641 habitantes (IBGE, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

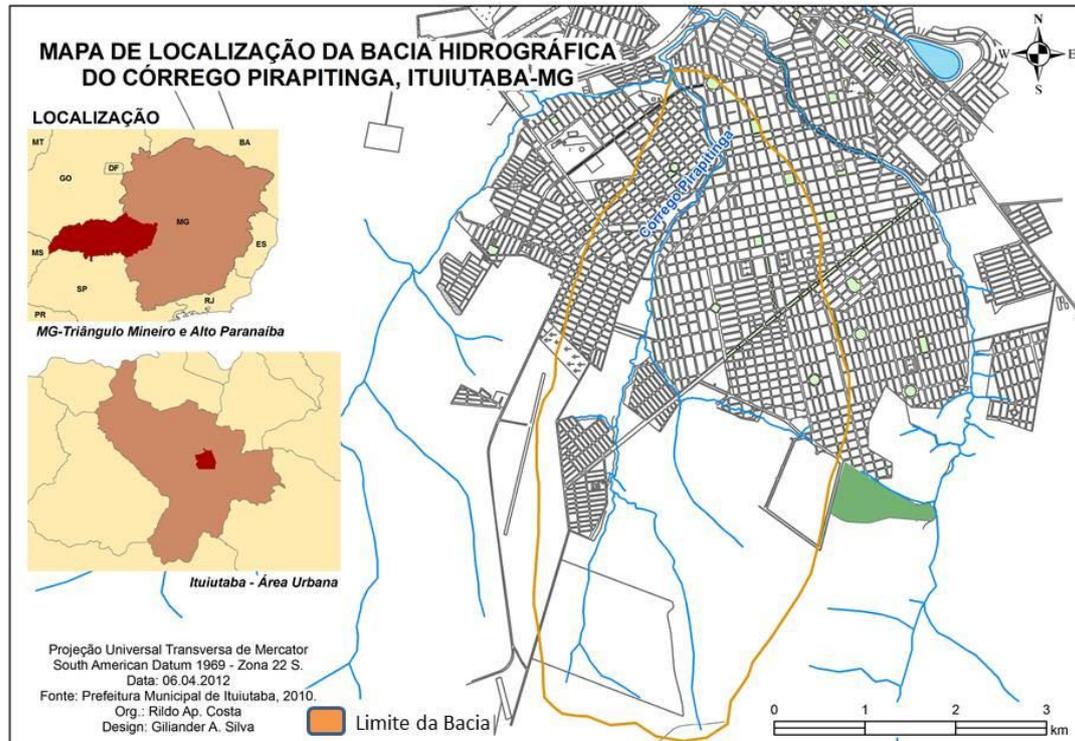
Córrego Pirapitinga (UPGRH PN3) apresenta, reconhecidamente, problemas de poluição das águas e, apoiados pela literatura científica, possivelmente, também, poluição de sedimentos devido a processo de acumulação. Este curso d'água foi escolhido devido à importância econômica (principalmente atividades industriais e de esgotamento doméstico) e por cortar a área urbana de Ituiutaba – MG (figura 1).

A nascente do Córrego Pirapitinga localiza-se totalmente no município de Ituiutaba (MG), na região do Triângulo Mineiro. Faz parte da bacia do Pirapitinga quatro córregos: Córrego Pirapitinga, Córrego São José, Córrego do Carmo e Córrego da Lagoa (que se formou devido à grande exploração de argila neste local). A região está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná e as principais litologias são de idade Mesozoica.

As rochas areníticas do Grupo Bauru, na região, correspondem a Formação Adamantina e Formação Marília. A Formação Adamantina é composta por arenitos de granulação média a grossa, coloração marrom, marrom-avermelhada, arroxeadas e avermelhadas, com matriz siltico-argilosa e com feições maciças. A Formação Marília é caracterizada por espessas camadas de arenitos imaturos e conglomerados superpostos à níveis carbonáticos. Próximo aos grandes rios, são sobrepostos por sedimentos Cenozóicos. Finalmente, as rochas do Cenozoico recobrem as Formações mais antigas e

são constituídos de leitos de cascalheiras, predominando quartzo, quartzito e basalto e, geralmente, revestidos por um filme de óxido de ferro. (NISHYIAMA, 1989).

Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia do Pirapitinga



O relevo da área de estudo insere-se na paisagem de Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (Radam, 1983). São relevos dissecados em formas tabulares amplas, cortando rochas cristalinas e sedimentares limitados por escarpas erosivas resultantes da erosão diferencial. Predominam os solos lateríticos associados aos solos hidromórficos. Estes se desenvolvem ao longo dos rios ou nas médias encostas quando há presença de camadas de argila ou laterita (Nishyama & Baccaro, 1989) O cerrado é a cobertura vegetal natural desta paisagem, embora se encontre fortemente degradado devido às práticas agrícolas e de mineração. O clima é tropical típico, com chuvas (média de 1500mm anuais) concentradas no verão e inverno seco. Devido à retirada da cobertura vegetal, agricultura e forte concentração das chuvas, os solos são fortemente expostos aos processos erosivos.

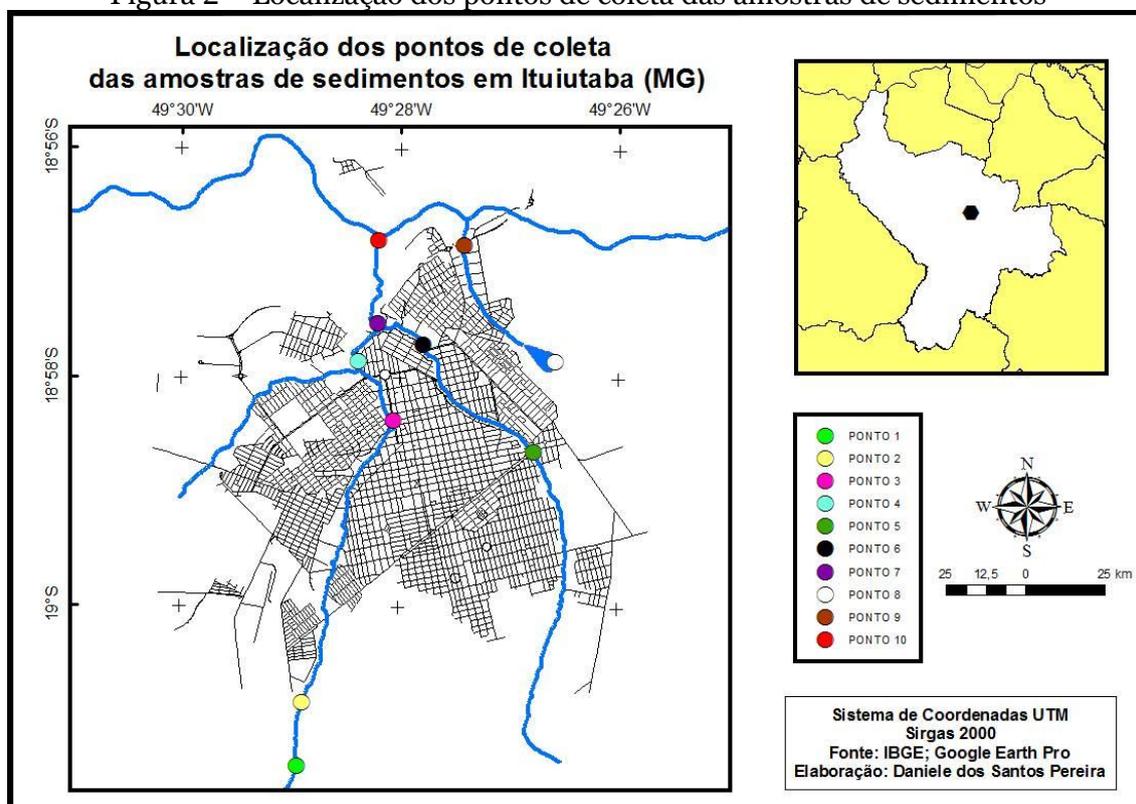
Pontos de Coleta, Tratamento e Análise dos Sedimentos

Os critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04. O limite mínimo - TEL (Threshold Effect Level) ou Nível 1 - representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos aos organismos. O limite máximo - PEL (Probable Effect Level) ou Nível 2 - representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado o citado efeito adverso para os organismos. Na faixa entre os Níveis 1 e 2 situam-se os valores onde ocasionalmente esperam-se tais efeitos.

Foram escolhidos vários pontos de amostragem que são representativos dos diferentes usos da terra da bacia do Pirapitinga, onde foi possível fazer uma

caracterização geral do nível de concentração e presença de metais pesados nos sedimentos depositados ao longo da bacia. Todas as coletas de amostras se deram na planície de inundação, devido principalmente a sua baixa energia fluvial. Essas amostras foram coletadas em 10 pontos ao longo da bacia, sendo 10 amostras na estação seca e 10 amostras na estação chuvosa (figura 2). Os pontos foram: (1) Nascente do Córrego Pirapitinga (Este ponto foi utilizado como amostra de referência, pois é reconhecidamente a área com menor nível de impacto no córrego); (2) será no início da área urbana de Ituiutaba (à montante), Este ponto foi escolhido por refletir os impactos gerados pelas atividades agrícolas (especialmente pastagem, milho e soja); (3) após uma indústria de laticínios (área urbana); (4) confluência com o Córrego do Carmo (área urbana); (5) a montante da canalização do Córrego São José; (6) a jusante da canalização do Córrego São José; (7) ao lado de uma pedreira no Córrego do Carmo; (8) Lago artificial do Córrego da Lagoa; (9).

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimentos



Córrego da Lagoa no distrito industrial; (10) se localiza na confluência do Córrego Pirapitinga com o Rio Tijuco.

As amostras foram coletadas entre 0-10cm de profundidade. Os sedimentos foram homogêneos, secados em estufa entre 50-60°C, misturados, peneirados em peneira com malha de nylon para obter a fração <0,062mm, seguindo os procedimentos propostos por Mudrock & Mcknight (1994) citado por Förstner (2004). O Carbono Total foi determinado por Infra-Vermelho LECO, modelo CS-225, no Laboratório Lakefield-Geosol.

A determinação dos óxidos SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅ foi por Espectroscopia de Raios-X (Laboratório Lakefield-Geosol). A análise multielementar para a determinação de 21 elementos (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, V, W, Y e Zn) foi realizada por ICP-OES, Thermo Jarrel

Ash, ICAP 61E, após digestão das amostras com água régia (HCl-HNO₃, 3:1). O controle de qualidade foi verificado usando o material de referência interno (ICPREF20, Laboratório Lakefield-Geosol LTDA, Brasil).

Resultados e Discussões

O processo de intemperismo nas rochas produz os sedimentos que irão acumular nos cursos d'água (OWENS, 2005), refletindo de forma parcial a composição química destes sedimentos (FÖRSTNER et al., 2004). Portanto analisar-se-á o comportamento destes sedimentos em dois períodos distintos: a estação seca, que na área em estudo começa em maio e se estende até outubro; e a estação chuvosa que se localiza entre os meses de novembro a março.

Estação Seca

Pode-se notar que os teores de óxidos determinados nas amostras dos sedimentos são determinados pelo seu material basal, que são constituídas por Latossolos e Argissolos, produtos de intemperismo de rochas areníticas (Formação Marília principalmente) e rochas basálticas (Formação Serra Geral) que se localizam em toda a bacia e, quando erodido são depositados na calha fluvial. Em sua maioria são compostos por SiO₂ (valores entre 53,2 e 89,2%), Al₂O₃ (entre 1,7 e 8,82%) e Fe₂O₃ (entre 4,76 e 20,4%). Foram evidenciados baixas concentrações de CaO (entre 0,04 e 0,75%), MgO (entre 0,18 a 0,59%), TiO₂ (entre 1,75 e 9,62%), P₂O₅ (entre 0,036 e 0,228%), K₂O (entre 0,06 e 0,23%), MnO (0,06 e 0,21%) e LOI (entre 1,45 e 5,61%), quadro 1.

Quadro 1 - Teor dos óxidos determinados nos pontos de coleta dos sedimentos depositados no Córrego Pirapitinga, Ituiutaba (MG).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	LOI
Ponto 01 - Seco	82,3	5,44	6,44	0,04	0,18	2,22	0,039	<0,1	0,06	0,07	3,81
Ponto 02 - Seco	86,2	3,45	5,04	0,25	0,2	1,94	0,036	<0,1	0,06	0,07	2,18
Ponto 03 - Seco	89,2	2,37	4,76	0,24	0,23	1,75	0,055	<0,1	0,12	0,06	1,73
Ponto 04 - Seco	86,5	2,52	6,21	0,33	0,24	2,1	0,075	<0,1	0,12	0,07	1,46
Ponto 05 - Seco	77,5	5,48	8,36	0,42	0,29	2,98	0,101	<0,1	0,13	0,11	4,47
Ponto 06 - Seco	77,6	5,24	8,22	0,75	0,49	2,7	0,177	0,17	0,21	0,09	4,84
Ponto 07 - Seco	82	2,33	9,39	0,35	0,37	4,78	0,072	<0,1	0,11	0,14	1,45
Ponto 08 - Seco	78,9	1,7	10,9	0,06	0,23	7,23	0,084	<0,1	<0,01	0,13	0,69
Ponto 09 - Seco	53,2	8,82	20,4	0,72	0,59	9,62	0,228	0,13	0,23	0,21	5,61
Ponto 10 - Seco	85,2	3,47	6,79	0,42	0,34	2,38	0,104	<0,1	0,16	0,07	2,24

Fonte: Pesquisa direta

Podemos destacar que, as maiores concentrações de Fe₂O₃ foram encontradas nos sedimentos coletados nos pontos 2, 3 e 4, nestes locais é notório a presença de assoreamento causada por erosão das margens do Córrego. Isso ocorre principalmente devido ao uso e ocupação das vertentes e pela ausência das matas ciliares que teria o papel de proteção dessas áreas. Esse material depositado ao longo do tempo contribuiu para este resultado, pois teores elevados de ferro e alumínio são próprios da constituição químico-mineralógica dos solos tropicais fortemente intemperizados, como os localizados no município de Ituiutaba (WILCKE et al., 1999).

Em relação à concentração de metais pesados, nota-se que, no período da estação seca, que os índices de contaminação foram maiores nas áreas mais intensamente urbanizadas (P₃, P₄, P₅, P₆ e P₇), refletindo de forma direta ou indireta as atividades humanas (quadro 2). Nessas áreas urbanas há sempre uma maior concentração e alta biodisponibilidade de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn. (WILCKE et al., 1999).

Quadro 2: Tabela com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04 e valores obtidos nos 10 pontos de análise do Córrego Pirapitinga (Período Seco).

Elementos	Valores Orientadores ¹		Valores médios determinados ² (mg/kg)									
	TEL (Nível 1)	PEL (Nível 2)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
As	5,9	17	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Cd	0,6	3,5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pb	35	91,3	6,2	11,2	14,1	14,2	12	13,1	14	9,7	9,2	n.d
Cu	35,7	197	95,8	87,3	98	40,5	68,7	23,5	69	78,3	67,8	89
Cr	37,3	90	78,2	69,1	123,1	105,2	100,5	98,2	97,4	74,7	89,2	80,1
Ni	18	35,9	5,1	13,5	34,1	36,4	29,8	15,2	25,4	27,4	21,5	22,7
Zn	123	315	12,6	16,1	107,4	103,2	78,1	83,5	87,4	56,2	22,5	25,2

¹ CONAMA (2004); ² Córrego Pirapitinga; n.d.= não determinado ou abaixo do limite de detecção instrumental

Observa-se, na área estudada que, os elementos As e Cd não estão presentes nos sedimentos da bacia ou estão abaixo do limite de detecção instrumental. O elemento Pb aparecem em maior quantidade nos pontos 3 (14,1 mg/kg), 4 (14,2 mg/kg) e 7 (14mg/kg), porém estes índices estão dentro do limite estabelecido pelo CONAMA (2004). O elemento Cu teve seus maiores valores nos pontos 1 e 3 respectivamente. Esses valores estão dentro do permitido pela resolução do CONAMA.

Em relação ao elemento Cr foram detectados os maiores índices de contaminação da área estudada. Os pontos com os maiores valores foram os seguintes: ponto 3 (123,1 mg/kg), ponto 4 (105,2 mg/kg), ponto 5 (100,5 mg/kg), ponto 6 (98,2 mg/kg) e ponto 7 (97,4 mg/kg). Essa contaminação exacerbada provavelmente podem estar relacionada com o esgoto doméstico lançado a céu aberto, além de resíduos industriais, esse processo é visível em varias localidades da bacia do Pirapitinga, principalmente no ponto 3 onde se destaca o descarte de efluentes de uma indústria de laticínios, embora haja na cidade um distrito industrial essa respectiva indústria se localiza fora desta área. Nos outros pontos observa-se o lançamento de esgoto oriundo das residências na calha do Córrego Pirapitinga.

O Ni foi encontrado em maior quantidade no ponto 4 (36,4 mg/kg) confluência com o Córrego do Carmo (área urbana), este índice está acima do permitido pela resolução CONAMA. Provavelmente essa elevação esteja relacionada com os lançamentos de esgoto domestico na bacia do Córrego Pirapitinga. O elemento Zn não se obteve índices significativos na bacia em questão.

Estação Chuvosa

Em relação à estação chuvosa pode-se observa que os teores de óxidos determinados nas amostras dos sedimentos tiveram os seguintes comportamentos: SiO₂ (valores entre 54,2 e 87,4%), Al₂O₃ (entre 1,86 e 10,3%) e Fe₂O₃ (entre 3,5 e 23,8%). Foram evidenciados baixas concentrações de CaO (entre 0,06 e 1,02%), MgO (entre 0,19 e 0,77%), TiO₂ (entre 1,1 e 9,17%), P₂O₅ (entre 0,03 e 0,262%), K₂O (entre 0,01 e 0,52%), MnO (0,06 e 0,16%) e LOI (entre 1,2 e 6,15%), quadro 2.

Quadro 3 - Teor dos óxidos determinados nos pontos de coleta dos sedimentos depositados no Córrego Pirapitinga, Ituiutaba (MG).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	LOI
Ponto 01 - Chuva	66	10,3	11,5	0,81	1,26	3,34	0,236	0,17	1,1	0,16	6,15
Ponto 02 - Chuva	86,5	3,61	5,44	0,31	0,25	2,13	0,044	<0,1	0,11	0,08	1,66
Ponto 03 - Chuva	80,2	4,26	9,13	0,86	0,59	3,17	0,134	0,15	0,21	0,11	2,9
Ponto 04 - Chuva	83,5	2,7	8,22	0,17	0,25	3,91	0,057	<0,1	0,07	0,11	1,2
Ponto 05 - Chuva	80,8	7,19	5,18	0,16	0,19	2,55	0,055	<0,1	0,06	0,06	4,17
Ponto 06 - Chuva	87,4	1,94	6,03	0,55	0,37	2,31	0,054	<0,1	0,14	0,07	0,71
Ponto 07 - Chuva	81,3	2,46	9,51	0,31	0,35	4,79	0,062	<0,1	0,1	0,12	1,09
Ponto 08 - Chuva	75,3	1,86	11,9	0,06	0,26	8,79	0,081	<0,1	<0,01	0,15	0,87
Ponto 09 - Chuva	54,2	7,42	23,8	1,02	0,77	9,17	0,262	0,24	0,3	0,23	3,22
Ponto 10 - Chuva	88	2,2	3,5	0,3	0,48	1,1	0,03	<0,1	0,52	0,06	3,37

Fonte: Pesquisa Direta

Os resultados obtidos em relação à estação chuvosa não diferem muito dos dados obtidos na estação seca. Esperava-se que na estação seca o índice de contaminação fosse mais significativo, porém os dados não mostraram isso.

A análise dos dados da presença de metais pesados nas amostras de sedimentos no período chuvoso assemelhou-se com os dados no período seco, sendo que os pontos mais contaminados são os 3, 4, 5, 6 e 7 (quadro 4). Estes pontos estão associados a um uso intenso do espaço pela urbanização e direta e indiretamente com lançamentos de esgoto in natura na calha do Córrego Pirapitinga. Estes efluentes estão relacionados a uso doméstico bem como de indústrias e comércio em geral.

Quadro 4: Tabela com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04 e valores obtidos nos 10 pontos de análise do Córrego Pirapitinga (Período Chuvoso).

Elem entos	Valores Orientadores ¹		Valores médios determinados ² (mg/kg)									
	TEL (Nível 1)	PEL (Nível 2)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
As	5,9	17	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Cd	0,6	3,5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Pb	35	91,3	5,4	10,7	12,3	13,2	13,2	14,5	15,1	10,2	9,9	n.d
Cu	35,7	197	92,1	85,8	97,1	42,9	63,9	21,7	65,2	75,1	65,3	81,2
Cr	37,3	90	77,1	65,4	119,3	104,4	102,5	96,5	94,9	73,4	85,1	83,2
Ni	18	35,9	5,3	13,1	33,3	35,4	28,2	16,7	24,8	25,4	22,1	21,2
Zn	123	315	12,2	16,4	106,1	103,7	78,5	83,2	87,4	56,3	20,1	22,3

¹ CONAMA (2004); ² Córrego Pirapitinga; n.d.= não determinado ou abaixo do limite de detecção instrumental

Ao analisar os dados, percebe-se que os elementos As e Cd não foram detectados ou estão abaixo do limite de detecção instrumental, tendo o mesmo comportamento das amostras do período seco. O Pb encontra-se com seu índice mais elevado nos pontos 3 (12,3 mg/kg), ponto 4 (13,2 mg/kg), ponto 5 (13,2 mg/kg), ponto 6 (14,5 mg/kg) e ponto 7 (15,1 mg/kg). Observa-se que, no período seco os índices foram maiores, porém dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA (2004).

O elemento Cr foi o encontrado em maior quantidade em toda a bacia, se destacando os pontos 3 (119,3 mg/kg), 4 (104,4 mg/kg), 5 (102,5 mg/kg), 6 (96,5 mg/kg) e 7 (94,9 mg/kg). Esses índices foram semelhantes ao período seco. Porém estes pontos estão acima do limite estabelecido pelo CONAMA, que está entre 37,3 e 90 mg/kg. Essa

contaminação, assim como os dados do período seco representam pode estar relacionado com o processo de urbanização, pois todos estes pontos estão onde a área urbana de Ituiutaba é mais densa. Inclusive com lançamento de esgoto doméstico e resíduos industriais. Os outros elementos (Ni e Zn) não se obteve resultados significativos, ou seja, dentro dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA de 2004.

Os valores obtidos tanto na estação seca quanto na chuvosa apontaram a influência das atividades antropogênicas na bacia, porém pode-se afirmar que estes valores não indicaram efeito cumulativo de elementos tóxicos de montante para jusante. As áreas mais contaminadas ocorreram, portanto, pela ação antrópica devido à intensa urbanização nos pontos nestas áreas. Não se pode descartar também o efeito da agricultura na região, que acaba por lançar insumos e defensivos no solo e com o processo de erosão são carregados para a calha do córrego. Esse quadro é agravado pela quase que completa retirada das matas ciliares e da vegetação de veredas.

Na bacia do Córrego Pirapitinga, as águas mais calmas, devido à baixa declividade, favorecem a retenção e o acúmulo de sedimentos fazendo com que os elementos fixem mais no solo agravando a contaminação do sedimento e da água. Além disso, sedimentos não contaminados podem se misturar com sedimentos contaminados e resultar em decréscimo natural do nível de contaminação (SedNet 2007).

Nota-se, a longo dos pontos 3, 4, 5, 6 e 7 a quase que total ausência da mata ciliar, que neste segmento do córrego foi responsável por erosões na lateral das margens causando a formação de bancos de sedimentos. Os resultados, embora não caracterizaram uma forte contaminação da bacia do Córrego Pirapitinga é inegável a necessidade de um planejamento adequado para evitar futuras contaminações. Vale ressaltar que muitos elementos ficaram perto do limite máximo estabelecido pela resolução do CONAMA.

CONCLUSÕES

O processo de urbanização, industrialização e a expansão das áreas agrícolas acabam por causar o aumento da concentração de elementos tóxicos no ambiente (Adriano et al., 2004). Esse aumento da contaminação implica em riscos para o ambiente, para as águas e para a saúde humana (Salomons & Brils 2004).

Os resultados obtidos na pesquisa apontam uma contaminação dos sedimentos da calha dos cursos d'água da bacia do Córrego Pirapitinga. Praticamente todos os elementos estão acima do valor mínimo estabelecido pelo CONAMA (2004). O elemento Cr destacou como o mais preocupante por estar acima do valor máximo estabelecido pela resolução. Os elementos Pb, Cu, Ni e Zn tem que ser monitorados pois são dominantes em resíduos das atividades econômicas, desde a mineração até industriais (Rosolen, 2009).

É notória a necessidade de um planejamento e monitoramento da bacia como uma totalidade, controlando principalmente o lançamento de esgoto doméstico que é visível na área de estudo, lançamento de efluentes de indústrias e resíduos da produção agrícola. Cabe ao poder público o papel de fiscalizar e criar leis que evidenciam a proteção e recuperação desta área, principalmente ao que tange a mata ciliar.

Os resultados obtidos nesta pesquisa nos mostram que a urbanização e a agricultura possuem uma significativa influência no acúmulo de substâncias potencialmente tóxicas nos sedimentos da bacia do Córrego Pirapitinga. Esse processo pode se caracterizar como fontes difusas de contaminação, estas que possuem uma grande dificuldade em se identificar as áreas fontes, portanto, difícil de controle e mitigação (Posthuma et al., 2008).

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto APQ-01617-13) pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D.C., WENZEL, W.W., VANGRONSVELD, J. & BOLAN, N.S. **Role of assisted natural remediation in environmental cleanup**. *Geoderma*, 122: 121-142. 2004
- AHLF, W. & FÖRSTNER, U. Managing contaminated sediments. Part I: Improving chemical and biological criteria. *J. Soils & Sediments* 2 (1):30-36. 2001.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2, Ed. São Paulo: Bookman, 2002.
- BRISMAR, A. River systems as providers of good and services: a basis for comparing desired and undesired effects of large dam projects. *Env. Man.*, 29: 598-609. 2002.
- FÖRSTNER, U. Geochemical techniques on contaminated sediments – river basin view. Part I: Integrated water quality management: river basin approach. *Environ. Sci. & Pollut. Res.* 10 (1): 58-62. 2003.
- FÖRSTNER, U., HEISE, S., SCHWARTZ, R., WESTRICH, B. & AHLF, W. Historical contaminated sediments and soils at the river basin scale. Examples from the Elbe River catchment area. *J. Soils & sediments* 4 (4):247-260. 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento** 2011. Rio de Janeiro. 2011
- IGAM - Instituto Mineiro DE Gestão Das Águas. **Qualidade das águas Superficiais no Estado de Minas Gerais, Projeto Águas de Minas**. Relatório de Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2004. Belo Horizonte, outubro, 134p. 2005. Disponível em <www.igam.mg.gov.br/index.php>. Acesso em 11 jan. 2006.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **World Urbanization Prospects**, the 2009 Revision, 2010. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wup/Documents/WUP2009_Highlights_Final. Acessado em 23 set 2011.
- JACOBS, P. & FÖRSTNER, U. 2001. **Managing contaminated sediments**. Part VI: Subaqueous and capping of dredge material. *J. Soils & Sediments* 1 (4): 1-8.
- NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, 1 (1):9-16. 1989.
- NISHIYAMA, L & BACCARO, C. Aproveitamento dos recursos minerais nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – uma agressão ao meio natural. **Sociedade & Natureza**, 1 (1):49-52. 1989.
- POSTHUMAL, EIJSAKERS H.J.P., KOELMANS A.A., VIJVER M.G. Ecological effects of diffusion pollution are site-specific and require high-tier risk assessment to improve site management decisions: a discussion paper. **Science of the Total Environment**, 406, 3:503-517. 2008.

RADAM- **Projeto Radambrasil**. 1983. Ministério de Minas e Energia. Levantamento de Recursos Naturais. Folha 31. Rio de Janeiro.

ROSOLEN, V., HERPIN, U., FRANZLE, S., BREULMANN, G., CAMARGO, P.B., PAGANINI, W., CERRI, C.C., MELFI, A.J., MARKERT, B. Land application of wastewater in Brazil- A scientific challenge: chemical characterization of soil at Populina, São Paulo State. **Journal of Soils and Sediments**, 5 (2):112-120. 2005.

ROSOLEN, Vania et al. Quality of sediments and environmental implications in the Uberabinha River (Uberlândia, MG). **Rev. bras. geociênc.** [online]. 2009, vol.39, n.1, pp. 151-159.

SALOMONS, W. Sediments in the catchment-coast continuum. **J. Soils & Sediments**, 5 (1): 2-8. 2005.

SALOMONS, W. & BRILS, J. Contaminated sediments in European River Basins. In: W. Salomons & J. Brils (eds). **SedNet booklet** final version. 47p. 2004.

SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Impacto Ambiental na Área de Aterro Sanitário e Indicador de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto**: uma avaliação dos níveis de metais pesados. Tese de Doutorado em Enfermagem e Saúde Pública. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.

STIGLIANI, W.M. Changes in valued “capacities” of soil and sediments as indicators of non-linear and time-delayed environmental effects. **Environ. Monit. Assess.** 10: 245-307. 1988.

VÖRÖSMARTY, C.J., MEYBECK, M., FEKETE, B., SHARMA, K., GREEN, P. & SYVITSKI, J.P.M. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. **Glob. Planet Change**, 39: 169-190. 2003.

Recebido em: 26/04/2017

Aprovado para publicação em: 21/12/2017