

## **ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELO ATERRO SANITÁRIO NO RIO UBERABINHA (UBERLÂNDIA/MG) COM FOCO NA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS**

**Daniele Araújo Ferreira**

Bolsista PIBIC/FAPEMIG/UFU do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – IG/UFU, Campus Santa Mônica - Bloco 1H, Av. João Naves de Ávila, 2121 Bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG, CEP: 38400-902.

E-mail: danielearaujo00@live.com

**Vania Silvia Rosolen**

Profa. Dra. do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia IG - UFU, Campus Santa Mônica - Bloco 1H, Av. João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG, CEP: 38400-902.

E-mail: vrosolen@ig.ufu.br

**Resumo:** O Governo Federal e o Ministério das Cidades lançaram o Plansab, embasado na Lei 11.445/07, visando retomar a capacidade orientadora do Estado na condução da política pública e universalização do saneamento básico. O município de Uberlândia (MG) construiu seu primeiro aterro sanitário em 1995 cumprindo exigências técnicas de disposição de resíduos sem riscos a saúde e ao ambiente. Este trabalho objetiva avaliar as concentrações de Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Ni e Zn em três tipos de material (1) efluente tratado de aterro sanitário; (2) solo de contato com o efluente tratado antes do despejo no rio e (3) sedimento da planície de inundação do rio que recebe o efluente, visando comparar as concentrações relativas em cada tipo de material e estabelecer as possíveis relações de impactos gerados entre o aterro sanitário e o rio Uberabinha, curso d'água localizado imediatamente a jusante do aterro e que recebe os efluentes tratados. Os resultados mostraram que o efluente tratado apresentou concentrações elevadas de Ni, Cr e Co, que o solo não reteu os elementos presentes no efluente e que os sedimentos do rio, relativamente, estocou mais elementos inorgânicos, comprovando o elevado poder sortivo deste material que é um dos grandes responsáveis pela poluição dos rios.

**Palavras-chave:** Aterro sanitário; efluente tratado; contaminação.

### **Analysis of impacts generated by landfill in Uberabinha River (Uberlândia/MG) focused on the concentration of heavy metals**

**Abstract:** The Federal Government and the Ministry of Cities released the Plansab, based on the Law number 11.445/07, which consists in developing a capacity of conducting public politics looking for universal access to basic sanitation services. The city of Uberlândia (MG) built the first landfill in 1995, according to the technical requirements which includes waste disposal in the ground without causing damage or scratches to public health and safety also minimize environmental impacts. The objective of this study was to evaluate the concentrations of Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Ni and Zn, in three types of material: (1) treated effluent landfill, (2) soil contact with the effluent treated before disposal in the river and (3) sediment from the floodplain of the river that receives the effluent in order to compare the relative concentrations in each type of material and seek possible relationships between impacts generated a landfill located in the city of Uberlândia and the river Uberabinha, course water located immediately downstream the landfill and that receives the treated effluent. The results showed that even after treatment, the treated effluent had high concentrations of Ni, Cr and Co, the soil receiving the treated effluent is not retaining the chemicals present in the effluent while the sediments of the river was the compartment that relatively stocked more inorganic chemicals, working with the acquired knowledge that the river sediments correspond to materials with a high exchangeable cations that can contribute to the impact of this source.

**Key-words:** landfill; treated wastewater; contamination.

## **Introdução**

A grande demanda por água de boa qualidade no mundo cresceu cerca de seis vezes em menos de um século e se tornou uma das maiores problemáticas ambientais a serem discutidas e solucionadas. O crescimento populacional e as inúmeras atividades antrópicas como indústria, agricultura e abastecimento são fatores de pressão em relação ao uso da água (WMO, 1997).

A quantidade de água doce no mundo pronta para abastecimento e consumo está presente em rios e lagos e é suficiente para atender cerca de sete vezes o mínimo anual que cada habitante do planeta necessita (ONU, 2009). Apesar de os números parecerem abundantes, este recurso é por vezes escasso, por ser distribuído heterogeneamente. De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (2009) mais de um bilhão de pessoas não possuem água suficiente para suprir as demandas domésticas, que é em torno de 200 litros/dia, e que em 30 anos provavelmente haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas de moderada ou elevada escassez de água.

Se em âmbito global a água doce é suficiente para todos, sua distribuição é irregular ao redor do mundo. Os maiores fluxos estão concentrados nas regiões intertropicais, seguido das zonas temperadas e posteriormente as zonas semiáridas. Desta maneira verifica-se que a demanda e o uso são bastante diferentes nas mais variadas partes do mundo, sendo os países desenvolvidos os maiores consumidores.

Além do uso humano que exerce pressão sobre os recursos hídricos, a ausência ou inadequação de esgotamento sanitário se constituem em situações de acentuado impacto nos corpos hídricos. Entretanto grande parcela da população mundial não possui tratamento de esgoto sanitário. Em todo o mundo, cerca de 2,4 bilhões de indivíduos - 40% da população – sobrevive sem saneamento básico adequado e pouco mais de 1 bilhão não têm acesso à água potável, segundo o relatório das agências britânicas de desenvolvimento Tearfund e WaterAid, (2003). As precárias condições de saneamento refletem na situação da saúde global. As enfermidades de veiculação hídrica, foram, em 2002, a causa da morte de mais de 3 milhões de

peças, sendo que 90% eram crianças com menos de cinco anos. “Aproximadamente 1,6 milhão de vidas poderiam ser salvas anualmente com o fornecimento de água potável, saneamento básico e higiene”, destaca a UNESCO, (2006).

Especialistas observaram, após a Rio-92, que as diretrizes e propostas para a conservação e preservação da água não progrediram de maneira relevante e, assim, construíram a Carta das águas doces no Brasil. Entre os assuntos mais importantes abordados, ressaltaram a importância de se tentar reverter o quadro de poluição e uso inadequado planejando o uso de forma sustentável, baseado na Agenda 21, investindo em capacitação técnica em recursos hídricos, saneamento e meio ambiente, viabilizando tecnologias apropriadas para as singularidades de cada região.

No Brasil ainda persistem déficits em questões sanitárias, de acordo com a última pesquisa do senso realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Os resultados mostraram que seriam necessários cerca de 12 milhões de reais investidos durante vinte anos para se suprir a necessidade real em que a população vive atualmente.

Os dados revelaram que a maior cidade da América Latina, a grande São Paulo, possui aproximadamente 86% do seu esgoto coletado e 68% do total coletado passa por tratamento de acordo com a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Estes são números baixos se comparado a cidades da Europa e América do Norte. Entretanto este número cai para uma média de aproximadamente 50% no restante do país, que ainda possui fatos isolados como o de Manaus onde é coletado apenas 11% do esgoto, ou seja, quase 100% da produção desse rejeito está no convívio diário da população.

Já a coleta de lixo, quando comparada ao esgoto sanitário, é a que possui menor disparidade regional. Em todo o país, aproximadamente 87,40 % de domicílios são atendidos pelos serviços de limpeza, podendo ser por coleta ou utilização de caçambas coletoras. Contudo alguns casos se destacam como o Rondônia onde apenas 38% da população é atendida com coleta de lixo.

Em 2011 o Governo Federal juntamente com o Ministério das Cidades anunciou a proposta do Plano Nacional de Saneamento Básico

(Plansab) embasado na Lei 11.445/07. O plano consiste em “um instrumento fundamental para a retomada da capacidade orientadora do Estado na condução da política pública de saneamento básico e, conseqüentemente, da definição das metas e estratégias de governo para o setor no horizonte dos próximos vinte anos, com vistas à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social, contemplando os componentes de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas”.

O Estado de Minas Geraes, segundo dados da Fundação Estadual para o Meio Ambiente em 2009, aumentou sua carga de tratamento de esgoto doméstico gerado, passando de 3% para 21%. O aumento significativo do tratamento se deu em virtude da iniciativa do governo estadual como o programa Minas Trata Esgoto.

O projeto foi lançado em 2006 e teve como objetivo apoiar as Normas Deliberativas (DN's), por meio de seminários, publicação de cartilhas e também visitas e vistorias técnicas, através da DN-128/2008. Entretanto o programa visou também o monitoramento da quantidade de esgoto tratado pelas estações de tratamento (ETE's – Estação de Tratamento de Esgoto) de acordo com o número de licenças de operações concedidas. Pode-se perceber desta maneira, de acordo com dados fornecidos pela Fundação Estadual do Meio Ambiente, que após quatro anos de vigência do programa, houve um aumento significativo e uma grande mobilização dos municípios para a implantação das ETE's (Estações de Tratamento de Esgotos).

A composição do esgoto e dos resíduos domésticos é um grande potencial de contaminação dos rios e demais recursos naturais. De acordo com a Sabesp, o esgoto sanitário têm em sua composição cerca de 0,1% de material sólido, compondo-se o restante essencialmente de água. Essa parcela, numericamente tão pequena, é, no entanto, causadora dos mais desagradáveis transtornos, pois possui em seu meio microrganismos, na maioria unicelulares, consumidores de matéria orgânica e de oxigênio. Desta forma, quando não tratados ou dispostos adequadamente os resíduos domésticos se constituem em materiais potencialmente danosos para o homem

e o ambiente uma vez que as substâncias presentes podem se acumular nos diversos compartimentos ambientais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as concentrações de cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn) em três tipos de material (1) efluente tratado de aterro sanitário; (2) solo de contato com o efluente tratado antes do despejo no rio e (3) sedimento da planície de inundação do rio que recebe o efluente, visando comparar as concentrações relativas em cada tipo de material e procurar estabelecer as possíveis relações de impactos gerados entre um aterro sanitário instalado no município de Uberlândia e o rio Uberabinha, curso d'água localizado imediatamente a jusante do aterro e que recebe os efluentes tratados. Estes elementos foram escolhidos, uma vez que são os mais abundantes gerados pelas atividades antropogênicas e suas concentrações neste curso d'água devem ser monitoradas porque este rio abastece a população, e serve para atividades agrícolas e pecuárias. O município de Uberlândia está localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG) e destaca-se pela sua localização estratégica e dinamismo econômico na região. A partir das décadas de 1970 e 80 houve grande aumento de população neste município com ritmo de crescimento de 6,69% ao ano na década de 70 e de 3,90% na década de 80 (IBGE, 1970; IBGE, 1980). A população total atual é de aproximadamente 612 mil habitantes. Assim, atrelado ao crescimento populacional e ao consumo, tem havido aumento na geração de resíduos sólidos e esgoto sanitário, obrigando o poder público a investir mais e melhor em técnicas de coleta, reciclagem e tratamento dos resíduos.

## **2 Materiais e métodos**

### **2.1 Caracterização da área**

A prefeitura do município de Uberlândia construiu o primeiro aterro sanitário municipal (identificado com a letra F na Figura 1) em junho de 1995, cumprindo as exigências técnicas que compreende a disposição de resíduos no solo sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e ainda minimizando os impactos ambientais. O tempo útil deste aterro se esgotou três

anos antes do previsto, influenciado pelo crescimento urbano e consequente aumento da geração de resíduos. Atualmente já se encontra em atividade o segundo aterro (letra E, Figura 1), localizado ao lado do primeiro. O aterro conta com o tratamento do chorume que é recolhido através de canaletas instaladas por toda área do sendo conduzido até um tanque receptor com tratamento anaeróbico e posterior descarte no curso do rio Uberabinha (letra B, Figura 1). Os aterros sanitários estão localizados a jusante da cidade e encontram-se a montante na vertente onde está implantada a estação de tratamento de esgoto municipal (letra D, Figura 1). Relativamente próximas, estão duas áreas de extração de basalto, uma na margem direita e outra na margem esquerda do rio (letras C e G respectivamente, Figura 1) e a Fazenda Capim Branco (letra A, Figura 1), propriedade da Universidade Federal de Uberlândia.

O primeiro aterro, área deste estudo, foi construído em solo Latossolo, onde segundo NISHIAMA (1998), são de origens basálticas da Formação Serra Geral, do período jura-cretássico, com idades em torno 130 milhões de anos. Estes basaltos foram formados por uma sucessão de derrames magmáticos hiperabissais, sob a forma de diques e sills, de composição predominantemente básica. Tais rochas podem ser observadas expostas em taludes de cortes de estrada, rupturas de declive e na britagem São Salvador existente próximo ao local do aterro, às margens do Rio Uberabinha.

Foi constatado também através de pesquisas realizadas na área por LIMA (2004), que a espessura dos solos na área do aterro tem uma pequena variação, de poucos centímetros. Entretanto também se pode encontrar um saprólito bastante alterado, com seixos de tamanhos variados, de poucos centímetros até grandes blocos de mais de 1 metro de diâmetro.



Figura 1 – Imagem aérea da área de estudo: (A) Fazenda Capim Branco / Propriedade da Universidade Federal de Uberlândia; (B) Curso do Rio Uberabinha; (C) Área de Extração de Basalto; (D) Estação de Tratamento de Esgoto Municipal; (E) Aterro em atividade; (F) Aterro desativado; (G) Área de Extração de Basalto.



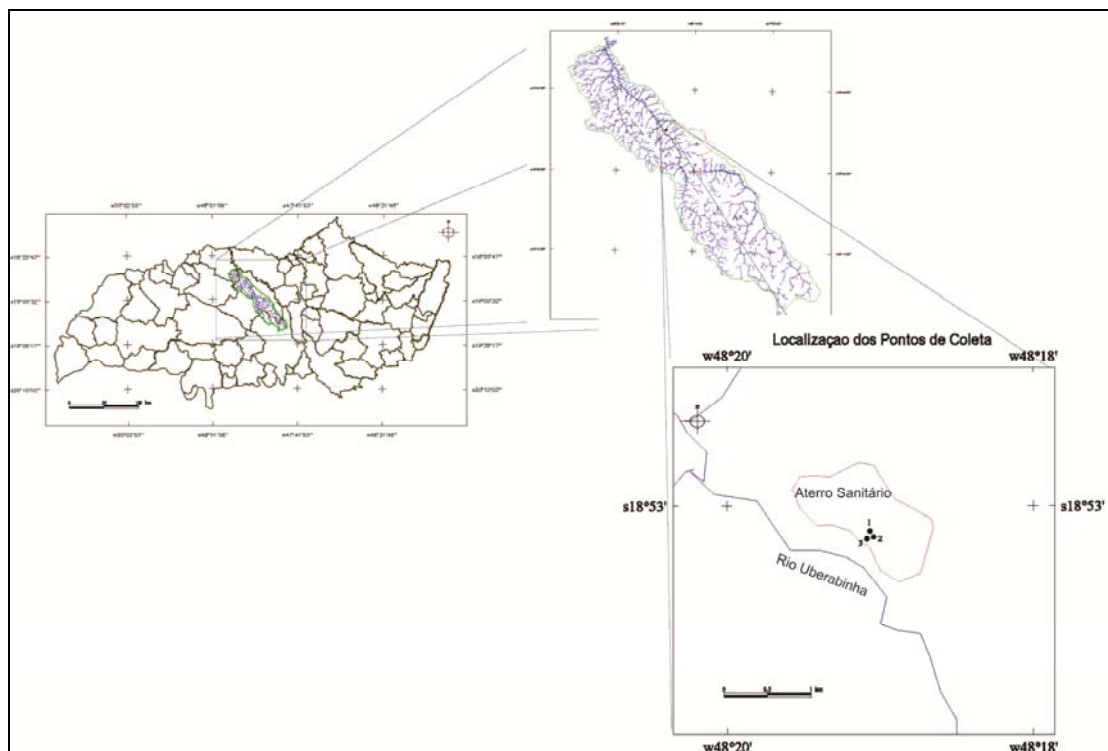
Fonte: Google Earth / Imagem: Org.: FERREIRA, D. A., 2011

A planície de inundação amostrada corresponde a uma estreita concavidade, com uma faixa de deposição de sedimentos finos de aproximadamente 1 metro de largura e dois metros de extensão. A constituição geoquímica dos sedimentos recentemente depositados no rio Uberabinha foi determinada em estudo anterior e é compatível com as áreas fontes compostas por Latossolos e produtos de intemperismo de arenitos que estão distribuídos na bacia. São compostos essencialmente por  $\text{SiO}_2$  (valores determinados entre 69,4 a 77,8 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (4,9 a 10,9%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3,5 a 10,4%) e baixas concentrações relativas de  $\text{CaO}$  (0,1 a 1,3%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0,1 a 0,3%),  $\text{MgO}$  (0,2 a 0,5%),  $\text{MnO}$  (0,1%) e  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0,1 a 0,2%) (Rosolen et al., 2009).

## 2.2 Coleta dos materiais e técnicas analíticas

Foram utilizadas amostras de três materiais diferentes relacionados com o aterro sanitário: (1) efluente tratado do aterro sanitário; (2) solo de contato com o efluente tratado antes do despejo no rio e (3) sedimento da planície de inundação do rio que recebe o efluente. Foram determinadas para fins de comparação as concentrações dos elementos cádmio (Cd), cobalto (Co), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Figura 2. Mapa1- Localização do Aterro Sanitário no município de Uberlândia/MG e os respectivos Pontos de Coleta – P1 / P2 / P3



Org.: MACHADO, H. A., 2012

Duas diferentes técnicas analíticas foram usadas. As análises de concentração de elementos tóxicos no efluente tratado e no solo foram realizadas por um Espectrofotômetro de Absorção Atômica – AA 905 e a determinação da concentração nos sedimentos por ICP-OES Thermo Jarrel Ash, ICAP 61E, este apresentando limite de detecção instrumental mais sensível. As análises foram feitas após digestão das amostras com água régia (HCl-HNO<sub>3</sub>, 3:1).

Para avaliação dos impactos na qualidade ambiental, os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros de referência de qualidade propostos pelo CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, baseado das resoluções 357/05 para destinação em recursos hídricos e 344/04 para parâmetros de contaminação de sedimentos. As amostras foram coletadas no mês de agosto de 2011, período de estiagem na região. O histórico de ausência ou baixo índice pluviométrico neste período pode contribuir para aumentar a concentração de poluentes nos solos e sedimentos embora tal



comportamento possa sofrer variações relacionadas a outros fatores como, por exemplo, aumento da descarga de poluentes.

## **Resultados e Discussões**

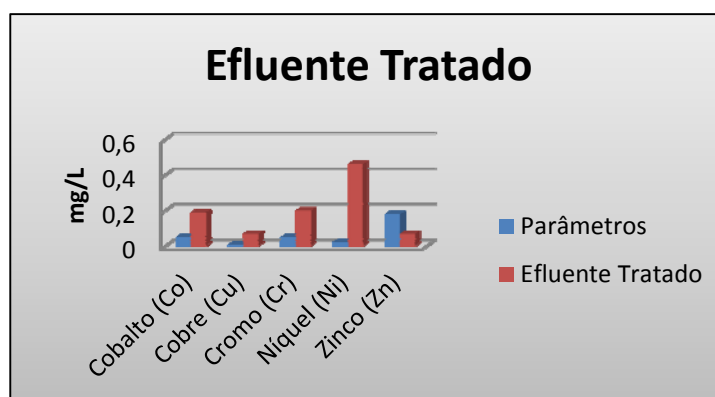
Por definição, metais pesados são elementos químicos que possuem peso específico maior que  $5 \text{ g/cm}^3$  ou número atômico maior do que 20. Essa expressão é também usada para designar os metais classificados como poluentes do ar, água, solo, plantas e alimentos, ou seja, do meio ambiente em geral (FILGUEIRA, 2007). Alguns deles são benéficos, quando em pequenas quantidades para a nutrição de plantas e animais. Porém, quando presentes em concentrações elevadas, tornam-se de alta periculosidade e se tornam inseridos nas classes de contaminantes ambientais e de organismos. O grande risco nestes casos é que, por serem bastante reativos do ponto de vista químico, não são encontrados puros na natureza e, conseqüentemente, não são facilmente extraíveis. Quando lançados no ambiente, como resíduos, podem ser absorvidos pelos tecidos animais e vegetais, fazendo parte da cadeia alimentar. Os metais entram no organismo humano através da alimentação ou a partir do contato direto ou indireto com o meio abiótico. Este processo é denominado de bioacumulação porque eles não são sintetizados e eliminados pelo organismo humano (ADRIANO et al., 2004).

Os valores obtidos nesta pesquisa mostram o efeito acumulativo de elementos tóxicos em direção à jusante do rio como também apresentados nos trabalhos de Singh et al. (1997) na Índia (rio Gomati) e por Förstner et al. (2004) na Alemanha (rio Elba).

Nas amostras do efluente tratado do aterro sanitário (Figura 3) estão ausentes ou fora de limite de detecção instrumental os metais Cd e Pb. A concentração de Zn ( $0,07 \text{ mg/L}$ ) está abaixo dos valores de referência ( $0,18 \text{ mg/L}$ ).

A concentração determinada de Co foi de  $0,19 \text{ mg/L}$  e do Cu de  $0,07 \text{ mg/L}$ , ambos acima do nível de referência que é de  $0,05 \text{ mg/L}$  e  $0,009 \text{ mg/L}$ , respectivamente. Os elementos Cr e Ni encontram-se acima dos níveis permitidos  $0,05 \text{ mg/L}$  para o Cr e  $0,025 \text{ mg/L}$  para o Ni.

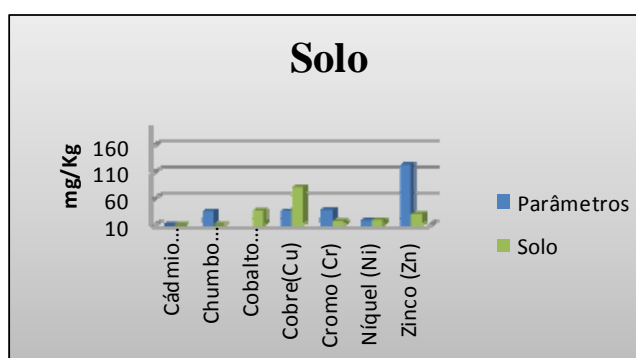
Figura 3. Gráfico com valores obtidos da amostra de efluente tratado e valores de referência CONAMA- 357/05



Org.: FERREIRA, D.A., 2011

Nas amostras de solo que recebe o efluente tratado (Figura 4), o valor do Cd é de 0,04 mg/ Kg e se encontra abaixo do valor de referência que é de 0,6 mg/Kg, assim como o Pb, que apresentou teor de 1,9 mg/Kg, desta forma bem abaixo do limite tolerado que é de 36 mg/Kg e o Cr que também se encontra em concentração de 16,4 mg/Kg abaixo da permitida de 37,3 mg/Kg. O mesmo comportamento ocorreu para o Zn com valor determinado de 29,5 mg/Kg onde a permissão pode ser até 123 mg/Kg.

Figura 4. Gráfico com valores obtidos da amostra de solo que recebe efluente tratado e valores de referência CONAMA- 344/04



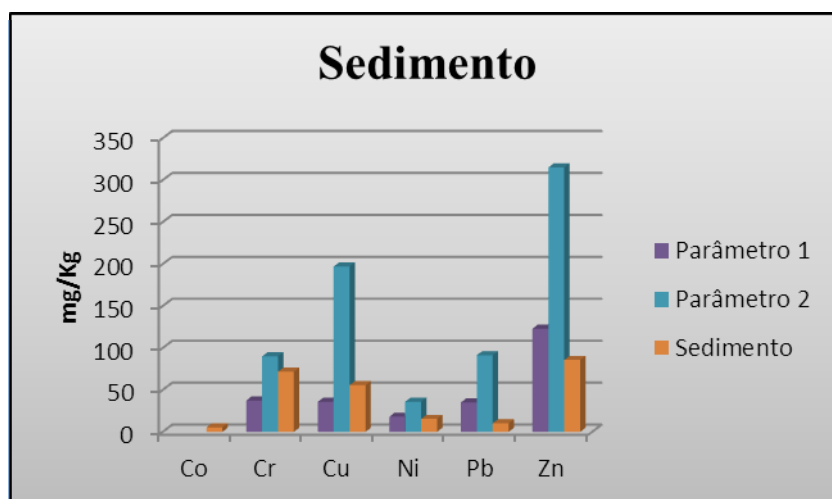
Org.: FERREIRA, D.A., 2011

Apenas o Cu e Ni apresentaram valores superiores ao de referência. O Cu apresentou concentração de 79,8 mg/Kg sendo superior ao valor permitido que se encontra até 35,7 mg/Kg.

Já concentração de Ni foi de 18,4 mg/Kg, valor ligeiramente superior ao de referência que é de 18,0 mg/Kg. O teor de Co no solo foi de 36,0 mg/Kg e este elemento não é considerado no padrão CONAMA.

Finalmente, nas amostras de sedimentos da planície fluvial (Figura 5), apenas os teores de Cu e Cr estão em concentrações acima do mínimo estabelecido. O Cu com 55,66 mg/Kg e o Cr com 71,66 mg/Kg estão acima dos limites mínimos permitidos para estes metais que são 35, 7 mg/Kg e 37,3 mg/Kg, respectivamente. Todos os outros elementos estão abaixo do limite de referência, com excessão do Co (valor determinado de 5,33 mg/Kg) que não é previsto pelo CONAMA 344/04. Foram determinados teores de 10,33 mg/Kg para o Pb, 15,33 mg/Kg de Ni e 85,66 mg/Kg de Zn.

Figura 5. Gráfico com valores encontrados para as amostras de sedimentos coletados na planície de inundação do Rio Uberabinha e os padrões mínimos e máximos de referência CONAMA – 344/04.



Org.: FERREIRA, D.A., 2011

Embora estando submetidos a impactos similares relacionados ao aterro sanitário a concentração dos elementos tóxicos analisados nos compartimentos ambientais são heterogêneos. O efluente do aterro, mesmo após tratamento, apresentou valores elevados de elementos tóxicos (Co, Cu, Cr e Ni) podendo, assim, impactar o curso d'água. Contudo, é importante salientar que o nível de contaminação irá depender da carga de despejo e da vazão do rio, parâmetros que não foram medidos deste trabalho.

Nos solos foram encontrados teores elevados de Co e Cr, assim como no efluente tratado, porém, neste em concentrações menos elevadas. Embora estes dois materiais estejam diretamente em contato, os resultados indicam que as argilas ou matéria orgânica do solo não estão retendo os contaminantes. A dificuldade de retenção pode ser parcialmente explicada pelo resultado das análises granulométricas que indicou que as frações acima de 2 mm, que correspondem a areia quartzosa, compõem aproximadamente 75% do total. É possível que o efluente esteja sendo drenado rapidamente em direção ao rio. Atuar como um filtro e descontaminar efluentes ou resíduos é uma das funções do solo. Porém, sua capacidade de depuração irá depender das propriedades e características intrínsecas ao solo e da sua capacidade de saturação. Neste caso, a natureza arenosa possivelmente está limitando a purificação do efluente.

Comparando os três materiais, percebeu-se que nos sedimentos foram encontradas as concentrações relativas mais elevadas. Tal comportamento é explicado pela afinidade que os sedimentos possuem de aprisionar e estocar contaminantes do rio atuando como testemunho dos acontecimentos na bacia. Embora esta função possa ser considerada positiva, não há garantia de que os elementos químicos estarão segura e indefinidamente estocados e, se liberados para as águas, se tornarão potenciais contaminantes (Stigliani, 1988; Förstner, 2003).

Os resultados obtidos são explicados também pelo fato de que o rio é um ponto acumulativo e recebe tanto a poluição que vem do aterro quanto das várias atividades antrópicas que se desenvolvem na bacia bem como dos segmentos a montante do ponto de coleta do canal.

Quando os valores determinados são confrontados com os valores de referência estabelecidos para água potável e qualidade dos solos e sedimentos algumas considerações a respeito implicações ambientais relacionadas à presença do aterro próximo ao curso d'água puderam ser detectados. Um exemplo disso são os resultados obtidos para as concentrações dos metais nos sedimentos onde foi verificado que ainda possui altas concentrações de elementos como o cromo e o cobre, já o solo apresentou também alto teor de cobre lembrando que este solo se encontrava

em contato com o efluente antes de seu tratamento. Já o efluente tratado apresentou concentrações acima do nível mínimo permitido pelo CONAMA de elementos como níquel, cromo, cobre e cobalto mostrando que mesmo com o tratamento realizado pelo aterro sanitário ainda existe a presença de metais tóxicos que em altas concentrações podem causar danos irreparáveis a ao ambiente e as pessoas que direta ou indiretamente estiverem em contato com este material.

## **Conclusão**

Apesar de persistirem marcantes diferenças regionais na abrangência municipal dos serviços de distribuição de água, de coleta de esgoto, de manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais, o Atlas de Saneamento 2011 revelou que, entre 2000 e 2008, ocorreu um avanço no número de municípios cobertos pelo saneamento básico em todas as regiões do Brasil. Nesse período o país caminhou para atingir uma cobertura próxima à universalização dos serviços de manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais, seguido do serviço de abastecimento de água que atingiram uma cobertura superior a 94% dos municípios brasileiros. A publicação mostra, ainda, que as melhorias no serviço de esgotamento sanitário ocorreram principalmente em áreas onde houve aumento da população entre os Censos Demográficos de 2000 e de 2010. (IBGE, 2011).

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que mesmo após o tratamento, o efluente tratado do aterro sanitário apresentou concentrações elevadas de níquel, cromo e cobalto. O solo que recebeu o efluente tratado não está retendo os elementos químicos presentes do efluente, em parte, devido a sua constituição arenosa. Finalmente, o sedimento do rio foi o compartimento que, relativamente, estocou mais elementos químicos inorgânicos, com destaque para o cromo e o cobre. Este resultado colabora com o conhecimento adquirido de que os sedimentos dos rios são compostos por materiais com alto poder reativo como as argilas e a matéria orgânica e, os resíduos das atividades antropogênicas desenvolvidas na bacia são parcialmente carregados e acumulados neste material.

Finalmente, este trabalho mostrou que o potencial de geração e incorporação de poluentes no ambiente irá depender da natureza do corpo receptor e que o controle da poluição deve ser feito por meio do monitoramento das diferentes fontes pontuais e difusas presentes.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem a FAPEMIG pelo financiamento do projeto de pesquisa (APQ-CRA 01889-09) e pela concessão de bolsa de IC. Agradecemos também ao Instituto de Química (UFU) pelas análises de Absorção Atômica e aos revisores ad hoc pelas sugestões.

### **Referências:**

ADRIANO, D.C., BOLAN, N.S., VANGRONSVELD, J., WENZEL, W.W., in Role of assisted natural in environmental cleanup. *Geoderma* 122 (2004) 121-142. Disponível em [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma). Acesso em: 09/07/2011

BARROS, J. G. C.; BARROS, F. H; BARROS, A. F. –Um recurso estratégico contra a crise de água doce no mundo. Instituto Águas. Brasília: 10 p, 2006.

CALLOW, M. E. & CALLOW, J. A. 2002. Marine biofouling: a sticky problem. *Biologist* 49(1): 1 5.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em [www.mma.gov.br/conama/](http://www.mma.gov.br/conama/). Acesso em: 09/07/2011.

CORREA, J. A.; GONZÁLES, P.; Sánchez, P.; Munõz, J. & Orellana, M. C. 1996. Copper-algae interactions inheritance or adaptation? *Environ. Monit. Assessment.*, 40:41-54.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2007 e 2008. 234p.

FÖRSTNER, U., HEISE S., SCHWARTZ, R., WESTRICH, B., AHLF, W. 2004. Historical contaminated sediments and soils at the river basin scale. Examples from the Elbe River catchment area. *J. Soils & Sediments*, 4(4):247-260.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 30/08/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos: 1970, 1980. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 30/08/2011.



INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Disponível em <http://www.ibama.gov.br/patrimonio>. Acesso em: 01/09/2011.

Jornal O Globo, Disponível em <http://oglobo.globo.com/ciencia/mat/2009/03/13/relatorio-da-onu-estima-que-3-bilhoes-sofrerao-com-escassez-de-agua-no-planeta-em-2025-754818688.asp>. Acesso em: 09/08/2011.

Jornal da Ciência: Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/ Detalhe.jsp?id=1379> OMM/Unesco, 1997 apud ANEEL/ANA, 2001. Acesso em 07/07/2011.

LIMA, S., C., et al. Avaliação das condições topo-geomorfológicas da área do Aterro sanitário do município de Uberlândia. Caminha de Geografia, Uberlândia, 2004, v.5, n. 12.

McGRATH, S.P., SMITH, S. Nickel. In: ALLOWAY. B.J. Heavy metals in soils. New York: John Wiley, 1990. p.125-50.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. Heavy metals in natural waters. New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.

NISHIYAMA, L. Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicações no Município de Uberlândia - MG. São Carlos. Universidade de São Paulo - USP. Tese de Doutorado, 1998. p. 272.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Disponível em <http://www.onubrasil.org.br>. Acesso em: 30/08/2011.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, (PNUD, 2006). Disponível em: <http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=1862&lay=san>. Acesso em: 09/07/2011

Reportagem de Sylvia Miguel no Jornal da USP. Disponível em EcoDebate, 17/05/2011. Acesso 09/07/2011.

REED, R. H. & MOFFAT, L. 1983. Copper toxicity and copper tolerance in *Ulva compressa* (L.) Grev. J. expl. mar. Biol. Ecol., 69: 85-103.

ROSOLEN, V., HERPIN, U., FRANZLE, S., BREULMANN, G., CAMARGO, P.B., PAGANINI, W.S., 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 (9 pp) - Journal of Soils and Sediments. 2005 – Springer.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U.; COELHO, N.M.M.; COELHO, L.M.; BBRITO, J.L.; da SILVA, L.A.; LIMA, S.C. Qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e implicações ambientais. Revista Brasileira de Geociências. 39(1): 151-159, março 2009.

SAUVE, S.; McBRIDE, M. B.; HENDERSHOT, W. H. Speciation of lead in contaminated soils. *Environmental Pollution*, v. 98, n. 2, p. 149-155, 1998.

SETTI A. A. A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos. Brasília: IBAMA 1966, 344 p.

SINGH, M., ANSARI, A.A., MULLER, G., SINGH I.B. 1997. Heavy metals in freshly deposited sediments of the Gomati River (a tributary of the Ganga River): effects of human activities. *Environ. Geol.*, 29(3-4): 246-252.

Tearfund and Wateraid. Disponível em: [http://www.wateraid.org/documents/psp\\_advocacy\\_guide\\_tf\\_and\\_wa.pdf](http://www.wateraid.org/documents/psp_advocacy_guide_tf_and_wa.pdf). Acesso em: 09/07/2011.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION Chromium. Environmental Health Critéria, 61-P, GENERA,1998. USPHS – United States Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicology Profile for cooper for cadmium. Atlanta, 1999. Disponível em: [http://intertox.com.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=66&Itemid=98](http://intertox.com.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=66&Itemid=98). Acesso em 01/09/2011.

*Recebido em: 10 de outubro 2011.*

*Aceito para a publicação em: 28 de dezembro de 2011.*