

III-415 – AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CR, NI, CU, ZN E PB DOS SOLOS DO ENTORNO DO ATERRO CONTROLADO DA LAMENHA PEQUENA EM CURITIBA (PR)

Lorena Hoffmam⁽¹⁾

Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Positivo.

Klaus Dieter Sauter

Professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Positivo. Graduado em Agronomia, Mestrado em Ciências Biológicas e Doutorado em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Paraná.

Fernando da Silva Carvalho Neto

Professor da Universidade Positivo. Graduado em Bacharelado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Eliane Carvalho de Vasconcelos

Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e do Curso de Farmácia da Universidade Positivo. Graduada em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, mestrado em Ciência, área de concentração Química Analítica pela Universidade de São Paulo e doutorado em Ciências área de concentração Química Analítica pela Universidade de São Paulo.

Guilherme Loyolla Rodrigues Machado

Acadêmico do Curso de Licenciatura Plena em Biologia das Faculdades Integradas 'Espírita'

Endereço⁽¹⁾: Rua Major Theolindo Ferreira Ribas, 112 – Vila Hauer – Curitiba - PR - CEP: 81630-100 - Brasil
- Tel: (41) 9601-6275 - e-mail: lorenahoffmam@gmail.com

RESUMO

A inadequada disposição final de resíduos sólidos gera um passivo ambiental, onde a contaminação do solo por metais pesados é uma das graves consequências que interferem no ambiente. A contaminação se dá em decorrência da infiltração do chorume, líquido originado da decomposição da matéria orgânica. O presente trabalho analisou o teor total de Cr (cromo), Ni (níquel), Cu (cobre), Zn (Zinco), e Pb (Chumbo) nos solos do entorno do Aterro Controlado da Lamenha Pequena em Curitiba (PR) com o objetivo de avaliar a contaminação do solo pela presença destes metais. As amostras foram coletadas em nove locais diferentes, em pontos que contornaram o aterro, nas profundidades de 0 a 20 cm; 20 a 40 cm e 40 a 60 cm. As amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas, passadas em peneira de malha de 60 Tyler/Mesh. A digestão das amostras foi realizada seguindo a metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB, 2004) para determinação de metais em solos, modificando-se a porção de solo de 1,0 para 2,0 g diluídos em 50 mL de solução. Os resultados obtidos revelam possível contaminação, pois 52% das análises ultrapassam os valores de referência de qualidade do solo preconizados pela CETESB (2004).

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação dos solos, metais pesados, chorume, aterro controlado, Lamenha Pequena.

INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das grandes preocupações ambientais está relacionada aos resíduos sólidos gerados pela sociedade no processo de produção e consumo. Com a intensificação do processo industrial, aliada ao crescimento da população e à consequente demanda por bens de consumo, o homem tem produzido quantidades significativas de resíduos sólidos (CELERE; TREVILATO; MUÑOZ, 2007). A destinação final inadequada destes resíduos compreende um problema socioambiental na maioria das cidades brasileiras. Locais adotados para esta finalidade, influenciam o seu entorno de modo intenso. Esta influência é percebida pela alteração do meio em que se encontra o aterro, gerando desequilíbrios temporários ou permanentes. (RAFEL, 2006)

Segundo dados do IBGE (2000), mais de 50% dos resíduos produzidos no Brasil são dispostos em áreas de lixão. Esta forma de disposição consiste na descarga direta do lixo sobre o solo sem considerar a percolação dos líquidos ou a liberação de gases derivados da decomposição dos resíduos (ZANELLO, 2006).

Problemas como depreciação da paisagem, presença de vetores de doenças, formação de gás metano e degradação social de pessoas são comuns a todos os lixões (CONSONI; SILVA; GIMENEZ, 2000).

No bairro Lamenha Pequena, em Curitiba-PR, foi implantado no ano de 1965, o “Lixão” da Lamenha Pequena, onde eram depositados todos os tipos de resíduos (industrial, comercial, hospitalar, doméstico e urbano) recolhidos dos municípios de Curitiba e de Almirante Tamandaré, região metropolitana de Curitiba (SAVIAN, 2001). Em 1982 foram propostas as primeiras medidas para minimização dos impactos gerados pelo lixão. Tais medidas consistiram em adotar o cobrimento ordenado e periódico, revolvendo e compactando a massa de resíduos, controlando assim a proliferação de vetores (SAVIAN, 2001). Em 1989, o lixão foi desativado e transformado em aterro controlado, de acordo com o projeto desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Curitiba.

Aterro controlado diferencia-se de lixão apenas pelo fato do lixo não ficar exposto a céu aberto, por ser periodicamente coberto com terra. O lixo, tão logo chega, é descarregado do caminhão e coberto por uma camada de terra que impede o seu contato com vetores mecânicos (ratos e insetos).

A medida de transformar o lixão em aterro controlado, não foi acompanhada por tratamento do passivo ambiental gerado pela deposição do lixo, por esta razão acredita-se que o passivo ambiental da Lamenha Pequena, ainda gera e continuará a gerar por décadas futuras a contaminação do solo e dos lençóis freáticos (LOPES, 2007).

Os resíduos sólidos podem conter substâncias químicas, dentre elas os metais pesados presentes em diversos materiais provenientes de hospitais, laboratórios, residências, e atividades agrícolas. A contaminação por estes elementos químicos apresenta um amplo espectro de toxicidade que inclui efeitos neurotóxicos, hepatotóxicos, nefrotóxicos, teratogênicos e carcinogênicos (MUÑOZ, 2006). Alguns destes metais em pequenas proporções são essenciais à vida de organismos como, por exemplo, cobre, ferro, manganês e níquel, mas, quando estes elementos apresentam-se em grandes concentrações na solução do solo, podem alcançar níveis tóxicos às plantas e a outros organismos (ZANELLO, 2006).

A concentração de metais pesados no ambiente, com sua disseminação no solo e na água tem sido motivo de crescente preocupação, pois dependendo da quantidade de resíduos dispostos em um aterro, pode ocorrer significativamente a presença destes metais no chorume, proveniente da decomposição da matéria orgânica (POSSAMAI; VIANA; SCHULZ; COSTA; CASAGRANDE, 2007).

Estudos sobre a contaminação de solos e seus mecanismos são cada vez mais explorados devido a necessidade de segurança, a longo prazo, exigida para sistemas de contenção de resíduos (OLIVEIRA; JUCÁ, 2004). As pesquisas e metodologias voltadas para a avaliação de indicadores ambientais para os efeitos das atividades humanas, como a análise de metais pesados presentes no solo, são importantes para reconhecer e avaliar o processo de recuperação de áreas degradadas (SAMPAIO, 2006).

O presente trabalho analisou o teor total dos metais Cr (cromo), Cu (cobre), Ni (níquel), Pb (chumbo) e Zn (zinco) dos solos do entorno do Aterro Controlado da Lamenha Pequena, em Curitiba-PR. Estes elementos são frequentemente analisados em trabalhos cujo objetivo é avaliar a contaminação do solo por metais pesados em áreas relacionadas à disposição final de resíduos. Cabe citar os trabalhos de Zanello (2006), Muñoz (2006) e Bagatin (1988), que confirmaram a presença destes metais em solos influenciados pela disposição final de resíduos.

O diagnóstico obtido através da análise desses metais pesados no solo, deve servir como base de estudos para aplicação de sistemas de remediação e atenuação de contaminantes (SAMPAIO, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

A área objeto de estudo localiza-se a noroeste da cidade de Curitiba, limite entre a cidade de Curitiba e Almirante Tamandaré, no aterro ou “Lixão” da Lamenha Pequena, entre as coordenadas UTMS N 7 194 600 e 7 195 100 E 667 000 e 667 600 (SAVIAN, 2001). Esta área é próxima ao Manancial do Rio Passaúna, que é utilizado no sistema integrado de abastecimento de água para Curitiba e região metropolitana (MEGER, 2007).

A deposição de resíduos foi iniciada em 1965, na área denominada vertente sul (fig.1), sem planejamento ou controle, onde eram dispostos tantos resíduos domiciliares e comerciais, quanto alguns de origem hospitalar e industrial (SAVIAN, 2001). Em junho de 1978 a vertente sul estava praticamente saturada, iniciou-se então o desmatamento de uma área vizinha, com o objetivo de aumentar a área para deposição de resíduos. Esta nova área foi denominada vertente norte (fig.1) (BAGATIN, 1988).

PONTOS DE COLETA

Foram coletadas amostras de solo em nove pontos diferentes que abrangeram o entorno do aterro (fig.2). Em cada ponto, foram extraídas amostras em três profundidades diferentes: de 0 a 20 cm (profundidade 01), de 20 a 40 cm (profundidade 02) e de 40 a 60 cm (profundidade 03), com a utilização de um trado calador. Estas amostragens foram estabelecidas com o objetivo de verificar o teor de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em diferentes profundidades.

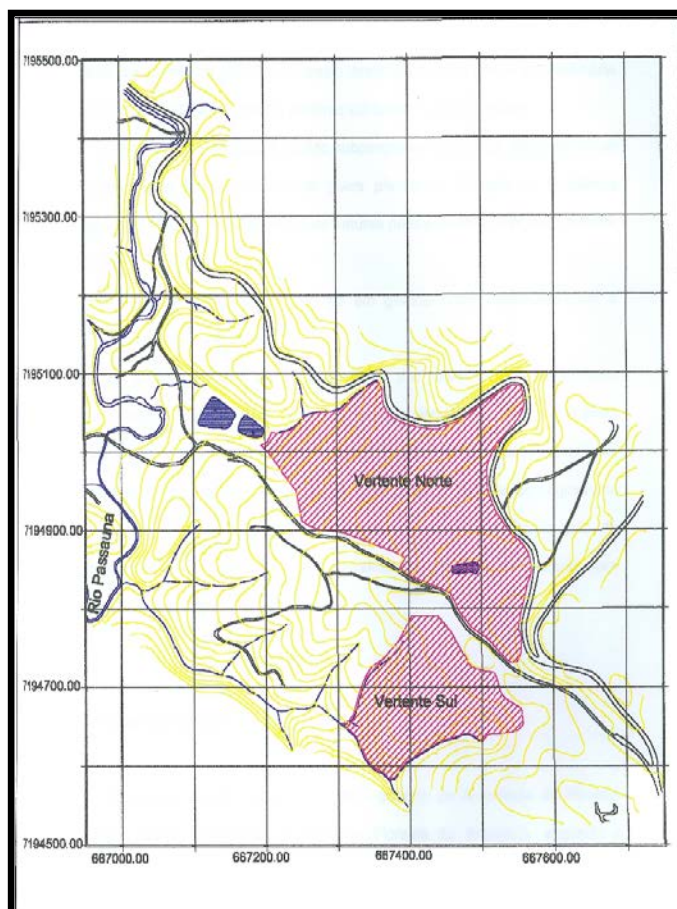


Figura 1 – Terreno do lixão Lamenha Pequena. (SAVIAN, 2001 pg.23)

A localização dos pontos foi definida mediante um estudo prévio da área, através de análise do mapa do aterro e visita ao local de estudo. Os pontos foram determinados com o objetivo de coletar o solo em diferentes locais, contornando o aterro. Esperou-se com esta amostragem, encontrar menores concentrações dos metais

analisados nos pontos 01 e 02, pois são os dois pontos mais distantes do aterro, com menor influência do aterro.

A 60 cm no ponto 01 foi encontrado uma camada de rocha, o que impossibilitou a coleta desta amostra.



Figura 2 – Pontos de coleta

ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Após a coleta e identificação das amostras, as mesmas foram secas ao ar em temperatura ambiente. Depois de secas, foram maceradas utilizando-se cadinho de cerâmica e pilão e passadas em peneira de malha de 60 Tyler /Mesh. Para realização da digestão das amostras, adotou-se a metodologia proposta pela CETESB (2004) para determinação de metais em sedimentos e solos. Foi modificada apenas a concentração da solução para 2,0 g de solo em 50 mL. Os ensaios de digestão foram feitos em triplicata.

Após serem pesadas 2,0 g de cada amostra em balança analítica, as mesmas foram transferidas para béqueres de 250 mL e adicionado 5 mL de água deionizada e 5 mL de HNO_3 (ácido nítrico) concentrado. O conteúdo dos béqueres foi misturado e coberto com vidro de relógio, aquecido em banho de areia. As amostras foram deixadas em refluxo por 15 minutos sem ebulir.

Após o esfriamento a temperatura ambiente, adicionou-se 5 mL de HNO_3 concentrado. As amostras foram cobertas novamente com vidro de relógio e deixadas cerca de 30 minutos em refluxo, mantendo o volume com água deionizada.

As etapas de adição de HNO_3 , mais o tempo de trinta minutos de refluxo na chapa de aquecimento (banho de areia), foram repetidas até a oxidação completa das amostras, indicada por um extrato límpido, e em alguns casos, com presença de silicatos. Após a oxidação, as amostras foram evaporadas até cerca de 5 mL. Foram esfriadas em temperatura ambiente e adicionado cerca de 5 mL de água deionizada e 10 mL de H_2O_2 (peróxido

de hidrogênio) 30%. O peróxido de hidrogênio foi adicionado em duas etapas de 5 mL cada, até que ocorreu a efervescência mínima das amostras. Em seguida, adicionou-se um incremento de 5 mL de HCl (ácido clorídrico) concentrado, e 10 mL de água deionizada.

As amostras foram novamente cobertas com vidro de relógio e colocadas em banho de areia para serem aquecidas sem ebulição e evaporadas até cerca de 10 mL. Após a evaporação, as amostras foram filtradas em balões volumétricos de 50 mL, utilizando funis, algodão e filtro para filtração rápida. O volume foi aferido com água deionizada.

Após a digestão das amostras, foi realizada a leitura dos metais em aparelho de espectrofotometria de absorção atômica por chama, modelo AA 6800, Shimadzu®.

Para o cálculo da concentração do metal foi utilizada a seguinte expressão: $C = A/B \times 100$. Onde, **A** corresponde a concentração do metal em mg/l; **B** corresponde a massa da amostra convertida em g/l e **C** corresponde a concentração do metal em µg/g.

RESULTADOS

TEORES DE Cr, Cu, Ni, Pb e Zn NOS SOLOS AMOSTRADOS

O CONAMA (2009), através da resolução nº 420/2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. A avaliação deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação.

Segundo a resolução nº 420/2009, os Valores de Referência de Qualidade do solo para substâncias químicas naturalmente presentes serão estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados e do Distrito Federal, em até quatro anos após a publicação desta Resolução (CONAMA, 2009). No caso do Estado do Paraná, estes valores ainda não foram estabelecidos.

A Prefeitura Municipal de Curitiba (SMMA, 2004) através do Decreto 1.190/04, definiu parâmetros de referência para qualidade de solo e água subterrânea para o município de Curitiba.

No estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), desenvolveu uma política própria para o gerenciamento de áreas contaminadas, produzindo um relatório, que inclui valores orientadores de referência de qualidade, prevenção e intervenção para metais pesados em solos (ZANELLO, 2006).

O presente trabalho comparou os teores totais de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn obtidos através das análises químicas, com os valores orientadores para Prevenção (VP) e Investigação (VI) estabelecidos pelo CONAMA (2009); com os valores estabelecidos como Parâmetro de Qualidade do Solo dispostos pela SMMA (2004) e com os Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VQR) preconizados pela CETESB (2005).

CROMO

O Cr foi o metal encontrado em menores concentrações nos solos analisados. Com teores totais variando de 7,82 mg Kg⁻¹ a 32,47 mg Kg⁻¹ (fig. 3). O VP para este metal nos solos, de acordo com o CONAMA (2009), é de 75 mg Kg⁻¹ de solo e o VI é de 300 mg Kg⁻¹. Desta forma, as concentrações totais de Cr não excederam estes valores em nenhum dos pontos e em nenhuma das profundidades coletadas.

Os parâmetros de referência para qualidade de solo segundo a SMMA (2004) é de 700 mg Kg⁻¹, sendo que, nenhuma das amostras analisadas excedeu este valor.

Segundo a CETESB (2005), o VQR para o Cr é de 40 mg Kg⁻¹, sendo que, as concentrações totais de Cr não excederam este valor em nenhuma das amostras.

Cada ponto analisado apresenta diferentes concentrações de Cr em suas respectivas profundidades. Segundo Pavanelli (2007) a mobilidade dos metais ocorre conforme as características do solo, tais como, pH, quantidade de matéria orgânica, tipo de solo e quantidade de óxidos.

Muñoz (2006) registrou concentrações de Cr abaixo dos valores de intervenção para o solo, mas inferiu que a diferença no nível de metais presentes no solo, em vários pontos de coleta, pode ser indicativo de que o tipo de disposição e/ou tratamento dos resíduos sólidos pode estar propiciando a alteração da composição característica de Cr no solo.

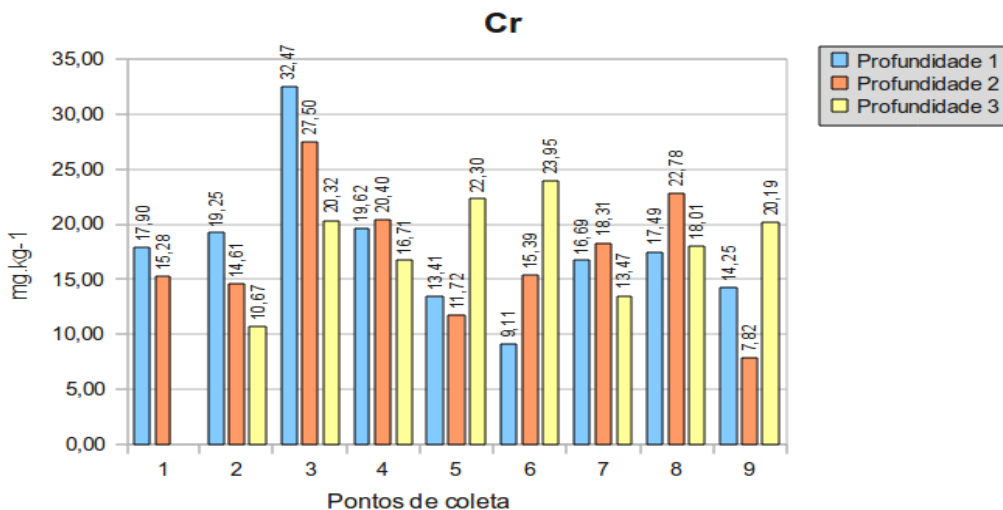


Figura 3 – Teor Total de Cr nas amostras de solo

COBRE

Entre os metais analisados, as mais altas concentrações encontradas nos solos foram para o Cu, onde os teores totais variaram de 19,13 mg Kg⁻¹ a 282,21 mg Kg⁻¹ (fig. 4).

O cobre é um elemento essencial para todas as formas de vida em baixas concentrações; porém, altos níveis deste mineral têm sido associados a sintomas gastrointestinais, como diarreia, dor abdominal, náusea e vômito (MUÑOZ, 2006). O VP para este metal nos solos, de acordo com o CONAMA (2009), é de 60 mg Kg⁻¹ de solo e o VI é de 400 mg Kg⁻¹. Desta forma, as concentrações totais de Cr nos pontos 3 (profundidade 1), ponto 5 (profundidades 1 e 3), ponto 06 (profundidades 2 e 3) e os pontos 7, 8 e 9 (nas profundidades 1, 2 e 3), excederam o valor de referência para prevenção, sendo que o VI não foi excedido em nenhuma das amostras coletadas.

Os parâmetros de referência para qualidade de solo segundo a SMMA(2004), é de 500 mg Kg⁻¹, sendo que nenhuma das amostras analisadas excedeu este valor.

Para o Cu, a CETESB (2005) determina que o VQR é de 35 mg Kg⁻¹, logo os pontos 01 (profundidade 01), 02 (profundidades 1, 2 e 3), o ponto 04 (profundidade 03), e o ponto 06 (profundidade 01), foram os únicos pontos que não excederam esse valor.

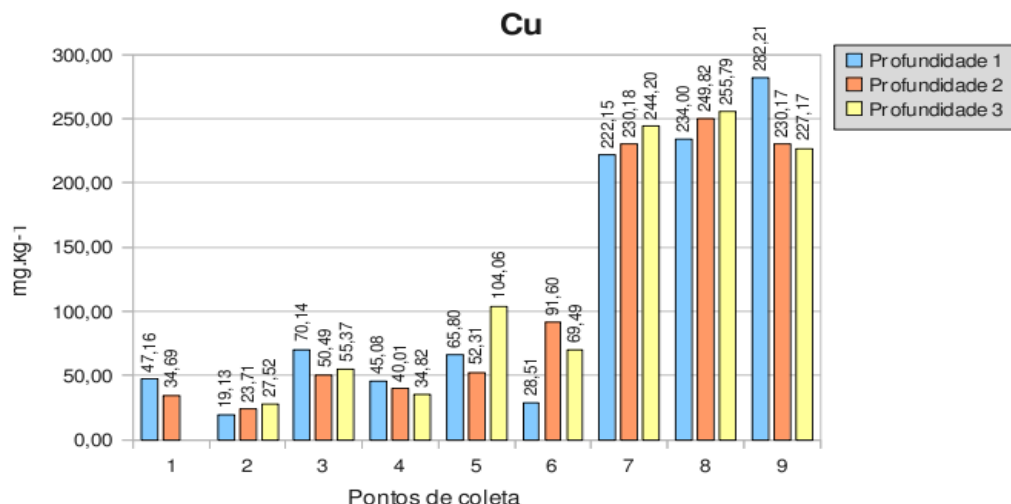


Figura 4 – Teor Total de Cu nas amostras de solo

NÍQUEL

Os teores totais de Ni variaram de 7,19 mg Kg⁻¹ a 52,86 mg Kg⁻¹ (fig. 5). O VP para este metal nos solos, de acordo com o CONAMA (2009), é de 30 mg Kg⁻¹ de solo e o VI é de 100 mg Kg⁻¹. Desta forma, as concentrações totais de Ni no ponto 8 (profundidades 1 e 2), e no ponto 9 (profundidades 1, 2 e 3) excederam o valor de prevenção, já o valor orientador de investigação não foi excedido em nenhuma das amostras coletadas.

As concentrações tóxicas de Ni podem causar o aumento da interação competitiva com cinco elementos essenciais (Ca, Co, Cu, Fe e Zn) provocando efeitos mutagênicos pela ligação do Ni aos ácidos nucleicos (FRANÇA, 2007).

O valor estabelecido como parâmetro de referência para qualidade de solo segundo a SMMA (2004), é de 500 mg Kg⁻¹, sendo que nenhuma das amostras analisadas excedeu este valor.

De acordo com a CETESB (2005), o VQR para o Ni é 13 mg Kg⁻¹, sendo que, somente os pontos 02 (profundidade 01), ponto 05 (profundidades 01 e 02) e o ponto 06 (profundidade 01) não excederam este valor.

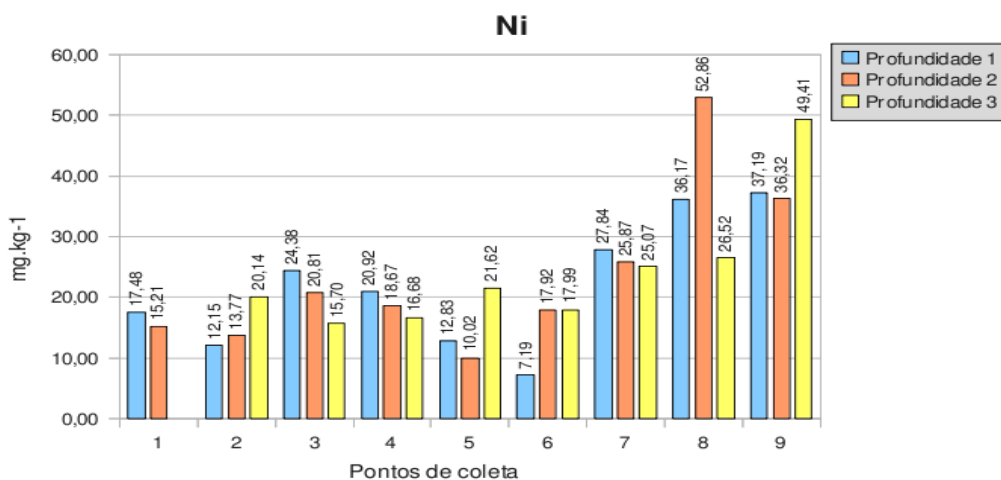


Figura 5 – Teor Total de Ni nas amostras de solo

CHUMBO

Os teores totais de Pb variaram de 10,75 mg Kg⁻¹ a 34,04 mg Kg⁻¹ (fig. 6). França (2007), associa a diferença nos teores de chumbo encontrados em diferentes pontos analisados, ao fato deste metal estar associado à grande concentração de matéria orgânica e também a incidência do deslocamento de chorume.

O VP para este metal nos solos, de acordo com o CONAMA(2009), é de 72 mg Kg⁻¹ de solo e o VI é de 300 mg Kg⁻¹. Desta forma, as concentrações totais de Pb não excederam estes valores em nenhum dos pontos, em nenhuma das profundidades coletadas.

O valor estabelecido como parâmetro de referência para qualidade de solo segundo a SMMA (2004) é 350 mg Kg⁻¹, sendo que nenhuma das amostras analisadas excedeu este valor.

Segundo a CETESB (2005), o VQR estabelecido para o Pb é 17 mg Kg⁻¹, sendo os pontos 02 (profundidades 1 e 2), ponto 05 (profundidades 1, 2 e 3), ponto 06 (profundidade 1), ponto 7 (profundidade 3), ponto 8 (profundidade 2) e o ponto 9 (profundidades 1 e 2), os pontos que não excederam este valor.

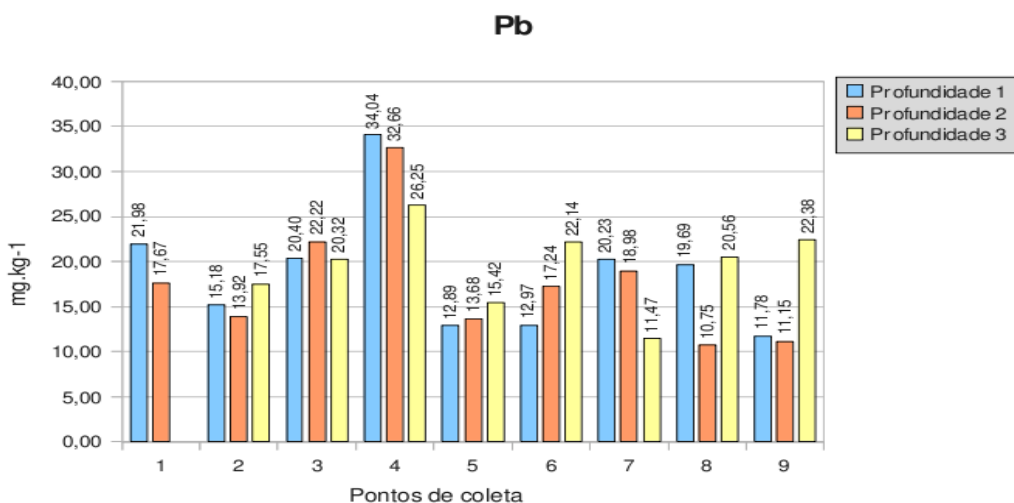


Figura 6 – Teor Total de Pb nas amostras de solo

ZINCO

Os teores totais de Zn variaram de 24,31 mg Kg⁻¹ a 88,53 mg Kg⁻¹ (fig. 7). O VP para este metal nos solos, de acordo com o CONAMA(2009), é de 300 mg Kg⁻¹ de solo e o VI é de 1.000 mg Kg⁻¹. Desta forma, as concentrações totais de Zn não excederam estes valores em nenhum dos pontos, em nenhuma das profundidades coletadas.

O valor estabelecido como parâmetro de referência para qualidade de solo segundo a SMMA (2004) é de 1.000 mg Kg⁻¹, sendo que nenhuma das amostras analisadas excedeu este valor.

Para o Zn, o VQR segundo a CETESB (2005) é de 60 mg Kg⁻¹, desta forma, os pontos 04 (profundidade 1), e os pontos 7, 8 e 9 (profundidades 1, 2 e 3), excederam o valor de referência. O zinco é um elemento fortemente absorvido nas reações que acontecem no solo. Os compostos de zinco, se presentes em quantidades superiores às recomendadas, podem produzir irritação e corrosão do trato intestinal, podendo ainda levar à necrose renal ou nefrite, nos casos mais severos (MUÑOZ, 2006).

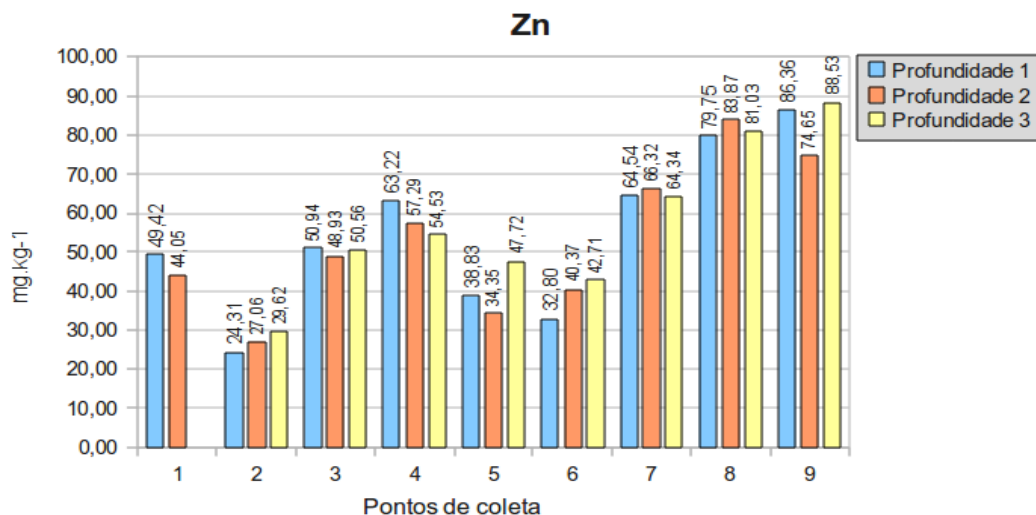


Figura 7 – Teor Total de Zn as amostras de solo

Pavanelli (2007), analisando a mobilidade de Cu, Zn, Cr, Ni e Pb, sugere que esses metais apresentam baixa mobilidade, facilitando, portanto, sua absorção pelas plantas. A autora também verifica que existem diferenças estatisticamente significativas para o Cr e Ni, sugerindo alta mobilidade desses metais pelo solo da região analisada, facilitando sua lixiviação para os corpos d'água.

DISCUSSÃO

O presente estudo observou que os metais Zn, Ni e Cu apresentaram maiores concentrações nos pontos 7, 8 e 9. Estes são os pontos mais próximos à vertente sul. Esta foi a área onde inicialmente os resíduos foram depositados, a partir de 1965.^(6,13) Em 1978, devido a saturação da vertente sul, outra área começou a ser desmatada e em 1980, iniciou-se o lançamento de resíduos nesta nova área denominada vertente norte, Bagatin(1988). A elevada concentração destes metais nos pontos 7, 8 e 9 pode estar relacionado ao fato da vertente sul ter recebido resíduos durante 15 anos, até a saturação da área, e também ao fato de que, a tecnologia empregada para a preparação da área vertente norte provavelmente tenha sido diferente da tecnologia empregada em 1965 no preparo da área vertente sul.

O cromo apresentou maior concentração no ponto 03, seguido pelo ponto 8 e a terceira maior concentração verificada no ponto 04. Já o Pb teve suas maiores concentrações nos pontos 04 e 03 respectivamente. As elevadas concentrações de Cr e Pb nos pontos 03 e 04 podem estar relacionadas à localização destes pontos, que encontram-se na direção abaixo das lagoas de chorume. Em épocas de chuva, as lagoas podem transbordar, extravasando o chorume para regiões mais baixas. Zanello(2006) observou que em tempos de chuva, diferentes áreas podem ser contaminadas por influência das cheias.

Pavanelli (2007) sugere que o fato das concentrações de metais mostrarem-se baixas e constantes, havendo pouca dispersão, pode representar um indicativo da concentração natural de metais do solo da região. No presente trabalho, como não é observado um comportamento constante dos metais, pode-se sugerir que os teores totais estejam acima da concentração natural do solo da região.

A hipótese de que os pontos 01 e 02 seriam pontos com menor concentração de metais não foi confirmada. Para obtenção deste resultado se faz necessário realizar coleta em pontos mais distantes do aterro, pois apenas o Cr (ponto 01), o Cu e o Zn (ponto 02) apresentaram menores concentrações em relação aos demais pontos amostrados.

O CONAMA (2009) estabelece quatro níveis de classificação de solo quanto a qualidade, segundo a concentração de substâncias químicas. Através dos resultados obtidos, é possível enquadrar o solos coletados nos pontos 3, 5, 6, 7, 8 e 9 na classe III, pois são solos que apresentam concentrações de, pelo menos, uma substância química maior que o VP (valor de prevenção) e menor ou igual ao VI (valor de investigação). Para determinar se um solo pertence a classe I e ou a Classe II, é necessário a consulta aos VQRs (valor de

referência de qualidade) que, no caso do Estado do Paraná, ainda não foram estabelecidos. Nenhum dos pontos de coleta apresentam resultados compatíveis a classe IV, pois nesse caso, os solos devem apresentar concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI (valor de investigação).

Considerando a comparação dos resultados obtidos com os valores orientadores de qualidade do solo, estabelecidos pela CETESB (2005), verifica-se que os pontos onde os teores totais excederam os valores de referência, correspondem a 52% do total das análises realizadas. Este resultado pode ser um indício de que os solos estejam contaminados, mas segundo Alloway (1993), citado por Zanelo (2006), a determinação dos teores totais de metais em um solo não avalia o real risco de exposição a esses metais.

CONCLUSÕES

Foram analisadas 26 amostras de solo, das quais 19 apresentaram valor superior aos valores orientadores de prevenção disposto pelo CONAMA (2009), sendo que destas, 14 amostras excederam os valores orientadores quanto a presença de Cu e 05 amostras quanto a presença de Ni. Quanto aos parâmetros sugeridos pela SMMA (2004), nenhuma das amostras excedeu os valores orientadores de referência de qualidade do solo.

Do total de análises realizadas, 52% excederam os valores orientadores de referência para qualidade do solo preconizados pela CETESB (2005), a qual determina que os valores orientadores devem ser utilizados como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e controle de áreas contaminadas.

Os resultados obtidos através do presente trabalho permitem observar a variação da concentração de metais nos solos do entorno do aterro controlado da Lamenha Pequena. Verifica-se variação em comparação aos pontos e também a variação que ocorre nas diferentes profundidades de cada ponto onde o solo foi coletado. Quanto às profundidades, esta variação pode ser interpretada em função da mobilidade dos metais em direção ao subsolo, mas fazem-se necessárias outras análises tais como mineralogia, pH, quantidade de matéria orgânica e óxidos para que se possa afirmar que está ocorrendo a lixiviação dos metais.

O aterro controlado da Lamenha Pequena encontra-se na zona de contenção, que compreende área periférica do território municipal onde se pretende garantir a preservação e manutenção de suas características naturais com o estabelecimento de parâmetros de uso e ocupação de solos compatíveis com a proteção ambiental, segundo Art.13 da Lei Municipal de Curitiba no 9.800/2000 (CURITIBA-PMC, 2000). Visto que esta área é próxima ao Manancial do Rio Passaúna, que é utilizado no sistema integrado de abastecimento de água para Curitiba e região metropolitana, recomenda-se a aplicação de sistemas de remediação e atenuação de contaminantes para prevenir a contaminação do subsolo e do lençol freático por metais pesados.

Os métodos de remediação e atenuação de contaminantes envolvem processos químicos e físicos. Biorremediação, fitorremediação, eletrocinética, tratamento químico e separação pirometalúrgica são métodos utilizados com o objetivo de imobilizar os metais pesados, retirando-os do solo. A Fitorremediação é o método mais indicado para a recuperação desta área, por ser um método feito *in situ*, economicamente viável e popularmente mais aceito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLOWAY, Y. B. Heavy metals in soils. Blackie, USA and Canadá, 1993. In: ZANELLO, S. Caracterização mineralógica e avaliação dos teores de Cr, Ni, Cu, Zn e Pb dos solos do entorno do aterro sanitário da caximba em Curitiba (PR) [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2006.
2. BAGATIN, E. M. Ação poluente do aterro municipal de Lamenha Pequena sobre o Rio Passaúna – futuro manancial abastecedor da cidade de Curitiba [dissertação]. Curitiba: Universidade Católica do Paraná, 1988.
3. BRASIL. CONAMA (Conselho Brasileiro de Meio Ambiente). Resolução 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

4. CELERE, M. S., Oliveira AS, Trevilato TMB, Muñoz SIS. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. Cad. Saúde Pública 2007. Abr, 23(4):939-947.
5. CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. Espectrofotometria de absorção atômica – CHAMA. São Paulo, 2004.
6. CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. Decisão da diretoria nº 195-2005 E, 23 nov., 2005.
7. CONSONI, A. J., SILVA, I. C., GIMENEZ, F. A. Disposição final do lixo. In: D'almeida, M LO, Vilhena A. (Coord.). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: Inst. de Pesquisas Tec. – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. cap. 5, p. 251-291.
8. CURITIBA. PMC (Prefeitura Municipal de Curitiba). Lei 9.800/2000. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba-PR.
9. CURITIBA. SMMA (Secretaria Municipal do Meio Ambiente). Decreto 1.190, de 2004. Ficam definidos no Município de Curitiba-PR, os parâmetros de referência para qualidade de solo e água subterrânea.
10. FRANÇA, M. L. S. Estudos dos impactos ambientais gerados pelo chorume do aterro controlado de Morretes-PR [dissertação]. Curitiba: Unicenp, 2007.
11. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico, 2000. Disponível em:
http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm Acesso em 19/11/2010.
12. LOPES, J. C. J. Resíduos sólidos urbanos: consensos, conflitos e desafios na gestão institucional da região metropolitana de Curitiba/PR [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2007.
13. MEGER, D. G. Material particulado suspenso e macronutrientes iônicos em um reservatório de abastecimento: o caso do rio Passaúna, Curitiba, Paraná, Brasil [dissertação]. Curitiba: Universidade Positivo; 2007.
14. MUÑOZ, S. I. S. Impacto ambiental na área de aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados [tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2006.
15. OLIVEIRA, F. J. S, JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. Eng. Sanit. 2004. Jul-set; 12 (3): 211-217.
16. PAVANELLI, L. C. Diagnóstico ambiental das áreas susceptíveis a contaminação por metais no pólo industrial de fundição em Loanda, Paraná [dissertação]. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2007.
17. POSSAMAI, F. P., VIANA E., SCHULZ, H. E., COSTA, M. M., CASAGRANDE, E. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Cienc. E Saúde Col 2007. Jan-mar; 12 (1): 171-179.
18. RAFAEL, L. F. A. Resíduos sólidos e evolução urbana em Santo André [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2006.
19. SAMPAIO, C. A. Avaliação da recuperação de área degradada, através de indicadores ambientais biológicos e pedológicos, na APE Mutuca, Nova Lima [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
20. SAVIAN, M. Aplicação e discussão do método GPR para a identificação de plumas de contaminação decorrentes da disposição de resíduos sólidos urbanos. Estudo de caso: Aterro Sanitário da Lamenha Pequena, Curitiba-PR [dissertação]. Curitiba: Universidade Católica do Paraná; 2001.
21. ZANELLO, S. Caracterização mineralógica e avaliação dos teores de Cr, Ni, Cu, Zn e Pb dos solos do entorno do aterro sanitário da caximba em Curitiba (PR) [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2006.