

# Diagnóstico ambiental da poluição dos solos no bairro Volta Grande IV, Volta Redonda - RJ

*Environmental diagnosis of soils pollution in the neighborhood of Volta Grande IV, Volta Redonda - RJ*

<sup>1</sup> Camila da Costa Barros de Souza [camilacostabarros@gmail.com](mailto:camilacostabarros@gmail.com)

<sup>2</sup> Ana Carolina Callegario Pereira

<sup>3</sup> Danielle França de Oliveira

<sup>4</sup> Cristiano Torchia Pimentel

<sup>1</sup> André Marques dos Santos

<sup>3</sup> Fabiana Soares dos Santos

1 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

2 Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA.

3 Universidade Federal Fluminense.

4 Universidade Estácio de Sá.

## Resumo

Atualmente a contaminação do solo se dá principalmente pela deposição inadequada de resíduos contaminados, causando danos a longo prazo e representando um risco iminente para o meio ambiente e também para o ser humano. Este trabalho propôs a investigação ambiental do solo no condomínio residencial do bairro Volta Grande IV, situado na cidade de Volta Redonda - RJ. Tal área foi utilizada como depósito de resíduos de siderurgia, classificados como resíduos perigosos, segundo a NBR 10004 da ABNT. Após o encerramento do depósito, foi construído no local um conjunto habitacional que, atualmente, serve como residência para aproximadamente 200 famílias. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi realizar um estudo de caso do histórico de contaminação no bairro Volta Grande IV, além de diagnosticar a existência de metais pesados em solos presentes em áreas públicas ainda não impermeabilizadas. A determinação dos metais presentes em tais áreas seguiu a metodologia de digestão por água régia, especificada na ISO 11466/1995. Os metais selecionados para análise neste trabalho foram: chumbo (Pb), níquel (Ni), zinco (Zn) e cobre (Cu), estando esses elementos, com exceção do Pb, acima dos valores de referência estabelecidos pela CETESB. Também foi determinado o pH das amostras de solo, que se apresentaram alcalinos em todos os pontos de coleta.

## Palavras-chave

Passivo ambiental; resíduos; remediação de solos; metais pesados.

## Abstract

Currently soil contamination occurs primarily through improper disposal of contaminated waste, causing long term damage and representing an imminent risk to the environment and to humans. This paper proposed environmental soil research in the residential neighborhood of condo Volta Grande IV, located in Volta Redonda - RJ. This area was used for storage of steel waste classified as hazardous waste, according to NBR 10004 of ABNT. After the close of escrow, a housing development was built on the site that currently serves as a residence for about 200 families. Thus, the objective of this study was to conduct a case study of the contamination history in Volta Grande IV neighborhood, and diagnose the existence of heavy metals in soils in public areas not yet sealed. The determination of metals present in such areas followed the methodology of digestion by aqua regia, specified in ISO 11466/1995. The metals selected for analysis in this study were: lead (Pb), nickel (Ni), zinc (Zn) and copper (Cu), and these, with the exception of Pb, were above the reference values established by CETESB. It was also determined the pH of the soil samples, which are alkaline in all collection points.

## Keywords

Environmental liabilities; waste; remediation of heavy metals and soils.

## Como você deve citar?

SOUZA, Camila da Costa Barros et al. Diagnóstico ambiental da poluição dos solos, no bairro Volta Grande IV, Volta Redonda - RJ. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 30, p. 13-22, abr. 2016.

## **1 INTRODUÇÃO**

O homem, desde os seus primórdios, atua alterando o ambiente em que vive com a finalidade de buscar melhores condições de sobrevivência. Dessa forma, aprendeu a organizar-se em comunidades, desenvolver a agricultura e a produzir bens de consumo duráveis. Entretanto, a busca por um desenvolvimento rápido levou o ser humano a ter uma demanda por matéria-prima maior do que o planeta pode repor e, concomitantemente, um incremento na geração de resíduos maior que a capacidade de assimilação do nosso planeta. Logo, observa-se nos dias atuais diversos sítios de contaminação resultante de deposição de resíduos da atividade humana (RODRIGUES, 2010).

Um dos componentes dos resíduos gerados são os metais pesados, o que representa um fator de alerta. Isso porque esses elementos são estáveis no ambiente, não podendo ser degradados e, quando ingeridos, são bioacumulados nos tecidos vivos (Sun et al., 2001). Esse contaminante, quando presente no solo, afeta seus ciclos biogeoquímicos e, consequentemente, a sua qualidade ambiental (MOREIRA E SIQUEIRA, 2002).

A presença de concentrações elevadas de metais pesados no solo pode interferir drasticamente na vegetação e nas suas atividades biológicas, diminuindo a sua fertilidade e também entrando na cadeia alimentar através dos vegetais consumíveis. Ademais, os metais pesados também podem causar danos à saúde humana, desde pequenas reações, até danos mais graves, como o câncer ou a morte do indivíduo (TAVARES et al., 1992).

Um exemplo de contaminação de solo foi a diagnosticada no bairro Volta Grande IV, situado no município de Volta Redonda - RJ, que representa hoje um dos principais passivos ambientais da cidade. De acordo com a ação civil pública instaurada na 3<sup>a</sup> Vara Civil da Comarca de Volta Redonda, com processo nº 0023334-40.2012.8.19.0066, no período de 1984 a 1999, a área foi utilizada como depósito de resíduos industriais perigosos sem licenciamento ambiental adequado e hoje abriga um condomínio residencial. Efetivas técnicas de remediação ainda não foram aplicadas, expondo, dessa forma, as famílias que ali moram a uma série de riscos.

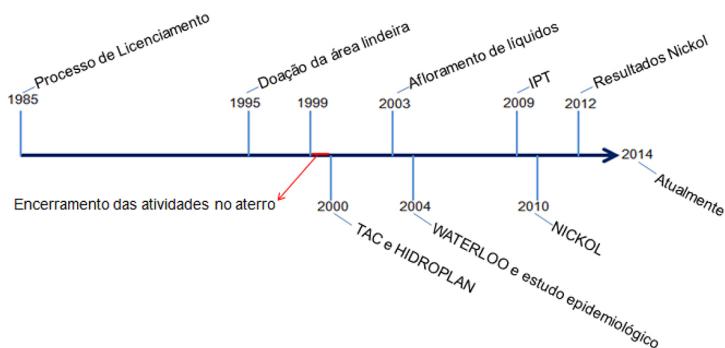
Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo inicial realizar uma pesquisa bibliográfica detalhada sobre o tema e, para melhor fundamentá-la, elaborar um estudo de caso sobre a contaminação no Bairro Volta Grande IV. Posteriormente, foi realizado o diagnóstico de uma possível contaminação por metais pesados em solos presentes em áreas públicas ainda não impermeabilizadas no bairro. Considerando que próximo ao bairro encontra-se o principal rio da região, o Rio Paraíba do Sul, foi avaliado também a presença e o teor de contaminação por metais pesados na margem desse rio.

Diante do exposto, a pesquisa se justificou pelo risco a que está submetida a população residente no bairro Volta Grande IV, assim como a possibilidade de contaminação do Rio Paraíba do Sul, corpo hídrico de maior importância da região.

## **2 ESTUDO DE CASO**

## **2.1 Histórico de contaminação**

Figura 1 - Linha do tempo da contaminação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a ação civil pública instaurada na 3ª Vara Civil da Comarca de Volta Redonda com processo nº 0023334-40.2012.8.19.0066, o condomínio Volta Grande IV, local de estudo do presente trabalho, funcionou, no período de 1986 a 1999, como depósito de resíduos industriais perigosos, provenientes de uma indústria siderúrgica local, os quais apresentavam concentrações consideravelmente elevadas de metais pesados, além de outros contaminantes. Segundo o Ministério Público Federal (2012), os resíduos foram depositados sem a cautela necessária a fim de prevenir a contaminação do solo, do lençol freático, assim como do Rio Paraíba do Sul, que é margeado pela área em questão. A área foi subdividida em duas células, das quais foram depositados resíduos diferentes em períodos distintos.

A célula 01, durante o período de 1986 a 1995, recebeu cerca de 3500 m<sup>3</sup> de resíduos gerados pela Empresa X como, borras ácidas (1750 m<sup>3</sup>), borras de alcatrão (1400m<sup>3</sup>) e borras oleosas (350 m<sup>3</sup>), e a célula 02 recebeu, durante o período de 1995 a 1999, cerca de 3200 m<sup>3</sup> de resíduos gerados pela Empresa X, como 880 m<sup>3</sup> de lama da ETEQ (Estação de Tratamento de Efluentes Químicos da UPV), 800 m<sup>3</sup> de borras de alcatrão, 480 m<sup>3</sup> de borras ácidas, 416 m<sup>3</sup> de borras oleosas, 320 m<sup>3</sup> de resíduos da coqueterias, 176 m<sup>3</sup> de solo contaminado, 96 m<sup>3</sup> de materiais plásticos contaminados com cromo e 32 m<sup>3</sup> de resíduos labororiais. (alterado de MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2012).

A localização das células pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Localização das células I e II.



Fonte: CSN (2013).

De acordo com o demonstrado na figura 1, foi instaurado, pela Siderúrgica local, no ano de 1985, o processo de licenciamento ambiental para o depósito de resíduos perigosos, no qual a licença de instalação foi obtida. Vale ressaltar que o advento da Resolução CONAMA 01 de 23.01.1986 ocorreu durante o trâmite do processo. Logo, o órgão ambiental não exigiu a apresentação do EIA/RIMA para a confecção dessa licença. O Ministério Público Federal (2012) ressalta que a emissão dessa licença de instalação levou em conta a provisoriação do aterro, que seria de quatro anos, bem como a retirada integral de todos os resíduos dispostos no local após esse período, no prazo de até dezoito meses, sendo essas ressalvas inseridas como condicionantes da LI.

Entretanto essa licença nunca foi entregue à empresa, pois a mesma não cumpriu o estabelecido pela IT-1304.R5 – Instrução técnica para requerimento de licenças para aterros de resíduos industriais perigosos, além da pressão exercida pela comunidade afetada que se posicionava contrária ao aterro e pela sugestão realizada pelo técnico da FEEMA, para que fosse realizado um novo projeto, com a apresentação do EIA/RIMA, nos moldes então preconizados pela resolução CONAMA 01/86.

O MPF (2012) acrescenta que a licença de operação nunca foi expedida, de modo que pode ser constatado que a siderúrgica operou um aterro de resíduos perigosos sem as necessárias exigências de controle a serem executadas durante a operação. Portanto, o aterro foi instalado e operado sem Licença Ambiental, ou seja, de forma ilegal.

O processo de encerramento das atividades do aterro ocorreu no período de dezembro de 1999 a fevereiro de 2000. Em janeiro de 2000, foi celebrado um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre a indústria siderúrgica, FEEMA e Governo do Estado do Rio de Janeiro, no qual foram determinadas duas condicionantes a serem cumpridas pela indústria com relação ao depósito em questão, sendo elas o monitoramento das células, através da instalação de quatro poços no entorno e a desativação das células, em face de conflito de uso da área.

Dessa forma, a empresa de consultoria ambiental HIDROPLAN – Hidrologia e Planejamento Ambiental S/C Ltda. foi contratada pela siderúrgica para analisar a possível contaminação da área. No ano 2000, através dos poços de monitoramento instalados, a HIDROPLAN detectou a contaminação das águas dos poços, cuja origem seria o vazamento de resíduos perigosos do depósito, devido a uma falha na tubulação de drenagem das células para o poço percolado. Foram identificadas substâncias como naftaleno, BTEX, chumbo e cádmio nas águas dos poços.

Em 1995, a área lideira ao depósito de resíduos perigosos foi doada pela siderúrgica ao Sindicato dos Metalúrgicos, com a finalidade específica de construção de um condomínio residencial, condomínio este que existe até os dias atuais e recebe o mesmo nome do bairro, Volta Grande IV. O MPF (2012) ressalta que o referido conjunto habitacional, na época de sua construção, obteve a licença ambiental deferida pela FEEMA e a autorização concedida pela Prefeitura Municipal de Volta Redonda.

Posteriormente, no ano de 2003, houve relatos dos moradores sobre líquidos de procedência desconhecida e com cheiro forte, aflorando nas ruas, residências e, principalmente, em áreas de lazer. Dessa forma, esses acontecimentos foram pontos de partida para a necessidade de um diagnóstico detalhado da área.

No ano de 2004, a empresa WATERLOO Brasil Ltda. foi contratada pela siderúrgica para a realização de estudos complementares, como a delimitação da pluma de contaminação, mapeamento de fontes e elaboração de projeto de remediação. A empresa contratada confirmou a contaminação do solo e de águas subterrâneas por substâncias perigosas à saúde humana em fronteiras acima dos limites de intervenção estabelecidos pela CETESB. E ainda, tomando como base o estudo realizado, a empresa

recomendou a não utilização das águas subterrâneas, a elaboração de plano de comunicação para a população, o redimensionamento do sistema de remediação existente, o monitoramento sistemático e trimestral das águas subterrâneas e a reavaliação dos resultados apresentados após um ano com o sistema de remediação redimensionado.

Ainda no mesmo ano, a Prefeitura Municipal de Volta Redonda realizou um estudo epidemiológico no condomínio. Esse estudo indicou uma considerável incidência de abortos e leucopenia na população residente no local. Independente do nexo causal entre as doenças e o depósito de resíduos perigosos, ações de prevenção e um estudo mais aprofundado se faz necessário por parte dos órgãos públicos e da indústria siderúrgica.

Em 2009, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) foi contratado pela siderúrgica com o objetivo de reavaliar o estado da contaminação do solo e da água subterrânea e avaliar o desempenho técnico dos sistemas implantados para a remediação dos aquíferos da área onde está o aterro de resíduos perigosos. Segundo o MPF (2012), o estudo da IPT recomendou retomar o bombeamento nos poços implantados e desativados, retomando também o seu monitoramento; impedir o uso da água do subsolo para consumo nas áreas de risco; remover o solo superficial contaminado de todas as áreas não pavimentadas do condomínio, até a profundidade de pelo menos 0,5 m e; impedir escavações nas áreas a quaisquer profundidades, para evitar contato com o solo subsuperficial.

Devido à necessidade de complementação dos estudos para delimitação das plumas e fontes ativas de contaminação e de uma avaliação técnica de todos os estudos anteriores, no ano de 2010, a siderúrgica contratou a empresa Nickol.

O MPF (2012) ainda acrescenta que, em maio de 2011, o INEA apresentou um parecer sobre o relatório técnico da Nickol, no qual constavam as seguintes recomendações a siderúrgica:

Retirar todas as linhas antigas, caixas coletoras (poços de percolados) e solo adjacente em que seja verificada contaminação; investigar se as células de resíduos estão estanques ou se existe vazamentos para o solo e água subterrânea do lixiviado; realizar investigação preliminar conforme ABNT; amostrar e analisar para todos os compostos (varredura) do líquido branco aflorante na praça e algumas ruas; investigar em todas as áreas adjacentes ao aterro; delimitar vertical e horizontalmente as plumas de contaminantes já detectadas; caso as contaminações persistam determinar as zonas mais profundas, instalar poço de monitoramento profundo no aquífero fraturado, em local onde tenha sido detectada zona condutiva pelo método geofísico de eletrorresistividade e o mais próximo possível da célula de resíduos; com o modelo conceitual detalhado concluído sobre a geologia, hidrogeologia e comportamento e transporte das substâncias contaminantes presentes no solo e água subterrânea, realizar modelagem numérica hidrogeológica de fluxo de água subterrânea e transporte de contaminantes. Devem ser apresentados todos os dados de entrada, dados do processador e resultados de saída". (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2012).

O MPF (2012) expõe ainda que, em uma audiência pública realizada em fevereiro de 2012, a empresa de siderurgia apresentou os resultados de trabalho de campo de investigação e diagnóstico de área contaminada realizado pela Nickol, no qual foi identificado um aterramento com material de coloração escura desconhecida dos trabalhos anteriores, predominantemente, em área sob residências. Sua porção mais densa encontra-se na porção leste da área residencial do Volta Grande IV. Essa substância escura foi caracterizada, principalmente, por PAHs, PCB, concentrações elevadas de alguns metais (incluindo cromo total e chumbo) e substâncias aromáticas (BTEX), ensejando, com isso, a necessidade de aprofundar estudos acerca de eventuais aportes de contaminantes desse resíduo e certificar sobre as vedações das caixas de percolados. Foi identificado também aterramento com resíduos roxo, caracterizado principalmente por PCB e metais (antinômio, bário, cádmio, chumbo e altas concentrações de cromo total), sendo esse aterramento localizado em área não impermeabilizada e caracterizada por uso industrial. Nessa investigação, a empresa não conseguiu dimensionar os limites do aterro, entretanto recomendou o gerenciamento dos locais em que as substâncias de coloração roxa e escura estão presentes, com base nos riscos à saúde humana e a sua procedência. Tal estudo

realizou análise de risco à saúde humana apenas na área industrial, deixando de fazê-lo na área residencial, pois se trabalhava, até então, com a falsa hipótese de que a contaminação seria proveniente apenas de vazamentos das caixas de percolado.

Portanto, a partir do diagnóstico apresentado pela Nickol, pode-se verificar que os problemas relacionados à poluição causada pela siderúrgica, no bairro Volta Grande IV, foram, além de confirmados, estendidos a situações antes não previstas em estudos.

Como se pode notar, a siderúrgica poderia ter iniciado com medidas mitigadoras e de prevenção bem mais cedo do que ela realmente tomou. Logo, o MPF (2012) observa que, além de ter sido responsável pela contaminação, a empresa contribuiu para o seu agravamento e, consequentemente, para o aumento dos riscos à saúde da população, tendo em vista que, ainda hoje, medidas concretas de remediação não foram tomadas. A contaminação causou e tem causado transtornos aos moradores locais e ao meio ambiente. Desse modo, torna-se indispensável e urgente um estudo detalhado eficaz e medidas de controle o menos tardar possível.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Os pontos de coleta foram determinados em áreas não impermeabilizadas para avaliar a exposição direta a que população ainda está submetida.

Os pontos determinados para a coleta estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 - Localização dos pontos de coletas.



Fonte: Google Earth (visualizado em abril de 2014).

Como pode-se observar, foram selecionados dois pontos do lado próximo ao atual depósito da indústria de siderurgia local, três pontos do outro lado extremo do bairro e um ponto na margem do Rio Paraíba do Sul. A Tabela 1 especifica os pontos onde foram realizadas as coletas e suas coordenadas.

Tabela 1 - Pontos e coordenadas dos locais de coleta.

| Ponto 1:  | Ponto 2:   | Ponto 3:   |
|-----------|------------|------------|
| 22°29'6"S | 22°29'4"S  | 22°28'56"S |
| 44°4'30"W | 44°4'31W   | 44°4'19"W  |
| Ponto 4:  | Ponto 5:   | Ponto 6:   |
| 22°29'1"S | 22°28'54"S | 22°28'54"S |
| 44°4'33"W | 44°4'27"W  | 44°4'37"W  |

Fonte: dos autores.

Para a realização da coleta, utilizou-se o Trado tipo Sonda Amostradora de 40 cm e uma marteira de borracha, com a finalidade de auxiliar na introdução do Trado no solo. Em cada ponto foram coletadas amostras à profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Entretanto, no ponto 4, a segunda amostragem referente à profundidade de 20 a 40 cm, só foi realizada até a profundidade de 30 cm, pois abaixo desse ponto o solo estava impermeabilizado.

No Laboratório de Solos do Centro Universitário de Volta Redonda, parte das amostras foram secas ao ar, destorroadas, trituradas em almofariz de ágata e peneiradas, utilizando-se uma peneira de malha de aço, com abertura de 210 µm para a digestão com água régia, de acordo com a ISO 11466 (1995).

A digestão com água-régia foi utilizada, pois, de acordo com Saldanha (1997), ela fornece uma estimativa razoável do máximo de metais que pode ser lixiviado para as águas subterrâneas ou que pode se tornar disponível para a planta. Esta foi realizada na proporção de 1:3 de ácido nítrico e ácido clorídrico.

As Figuras 4 e 5 ilustram o procedimento da digestão.

Figura 4 - Adição do ácido ao substrato.



Figura 5 - Tubos de ensaio retirados do bloco digestor.



Fonte: dos autores.

O material obtido na digestão foi analisado em espectrofotômetro de absorção atômica, do modelo 55B SpectrAA, fabricante Varian. Os metais analisados neste trabalho foram: chumbo, zinco, níquel e cobre.

O procedimento de digestão das amostras foi realizado no Laboratório de Solos e Águas e no Laboratório de Análises Químicas, na Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica, da Universidade Federal Fluminense –Volta Redonda.

Foram utilizados, neste trabalho, valores orientadores adotados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2005).

Outra parte do solo coletado foi passada em peneira de 2 mm de malha de nylon, para determinação de pH em água (1:2,5), segundo o método proposto pela Embrapa (1997).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os teores totais de metais pesados e o pH de cada ponto de coleta.

Tabela 2 - Teores totais de metais pesados\* ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) e pH dos pontos de coleta com valores de referência da CETESB (2005).

| Pontos           | Pb    | Zn     | Ni    | Cu    | pH   |
|------------------|-------|--------|-------|-------|------|
| P1 0-20          | 16,72 | 66,13  | 15,33 | 12,73 | 8,57 |
| P1 20-40         | 16,65 | 76,33  | 21,33 | 19,13 | 8,51 |
| P2 0-20          | 18,05 | 60,88  | 19,13 | 14,51 | 9,02 |
| P2 20-40         | 19,16 | 80,78  | 19,05 | 20,23 | **   |
| P3 0-20          | 19,04 | 82,55  | 17,95 | 21,28 | 8,91 |
| P3 20-40         | 17,03 | 45,36  | 13,07 | 11,48 | 9,16 |
| P4 0-20          | 31,50 | 70,61  | 16,45 | 17,05 | 9,22 |
| P4 20-40         | 38,93 | 115,05 | 13,53 | 21,83 | 6,33 |
| P5 0-20          | 21,67 | 102,18 | 15,67 | 32,02 | 9,07 |
| P5 20-40         | 19,38 | 76,67  | 20,77 | 13,15 | 9,31 |
| P6 0-20          | 16,93 | 79,67  | 18,35 | 21,16 | 9,17 |
| P6 20-40         | 3,45  | 77,38  | 26,13 | 28,88 | 9,55 |
| Ref.Qualidade*** | 17    | 60     | 13    | 35    |      |
| Prevenção***     | 72    | 300    | 30    | 60    |      |
| Intervenção***   | 300   | 1000   | 100   | 400   |      |

\*Média de três repetições

\*\* Não foi possível a leitura do pH por perda de material

\*\*\* Valores de referência (CETESB, 2005)

De acordo com os valores observados, os valores elevados de pH possivelmente estão promovendo a redução da solubilidade dos metais catiônicos presentes no solo. De acordo com Oliveira (1998), a biodisponibilidade da maioria dos metais catiônicos no solo decresce com o aumento do pH. Devido ao valor de pH encontrado não ser comum em solos, entendeu-se que alguma forma de remediação já tenha sido realizada.

Contudo, mesmo os contaminantes estando estabilizados através da contenção química, continuam presentes no solo. A contenção química, de acordo com Pereira (2009), não reduz a concentração do contaminante, mas sim os riscos à saúde e ao ambiente. Suas condições de solubilidade podem ser alteradas com a intensa ocorrência de chuva, isso porque a acidez das chuvas pode reduzir o pH do solo, tornando a solubilizar lentamente parte dos metais precipitados.

O ponto 6 (P6) representa o ponto mais próximo ao Rio Paraíba do Sul, portanto uma atenção maior deve ser dada a esse local, pois a redução de pH e a consequente solubilização do metal implicaria na

lixiviação imediata do contaminante em direção ao corpo hídrico de maior importância na região. Por isso, torna-se urgente a tomada de medidas eficazes de contenção do contaminante na margem do rio.

Levando em consideração os valores orientadores para solo propostos pela CETESB (2005) (Tabela 02), verifica-se que a concentração dos elementos chumbo, zinco e níquel ficaram, respectivamente, até (2,3), (1,9) e (1,6) vezes acima do valor que corresponde ao de um solo limpo. Entretanto, se compararmos com os níveis de prevenção e intervenção, verifica-se que a concentração de todos os elementos está abaixo dos valores orientadores.

É evidenciado pela CETESB (2005) que, apesar da concentração dos contaminantes estarem abaixo do valor de prevenção e intervenção, o solo em vias públicas do bairro não pode ser considerado limpo, porque seus valores estão acima do valor de referência de qualidade. Para tanto, de acordo com o exigido, deve-se agir na prevenção de poluição do solo e realizar o controle de áreas contaminadas. Contudo, isso implicaria em medidas de remediação mais efetivas, como o controle do vazamento das células e a remoção do material de coloração escura e roxa identificados pela Nickol (2012), fato que ainda não ocorreu.

## **5 CONCLUSÕES**

- Exceto o ponto 4 na profundidade de 20 a 40 cm, o pH de todos os outros os pontos de coleta foi alcalino, estando acima de 8,51;
- A concentração dos elementos chumbo, zinco e níquel ficaram, respectivamente, até (2,3), (1,9) e (1,6) vezes acima do valor de referência de qualidade;
- O elemento cobre apresentou-se abaixo do valor de referência de qualidade em todos os pontos de coleta;
- O solo, nos pontos analisados, não pode ser considerado limpo.

## REFERÊNCIAS

CETESB. Área contaminada. **O que são áreas contaminadas.** São Paulo: CETESB; 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/O-que-s%C3%A3o-%E1%81reas-Contaminadas/1->>. Acesso em: 23 mar. 2014.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed.. Rio de Janeiro. 212p. 1997.

INTERNATIONAL STANDARD. **Iso 11466:** Soil Quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia, 03-01, 1995.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Ação Civil Pública Processo nº0023334-40.2012.8.19.0066.** Agravante: Companhia Siderúrgica Nacional. Volta Redonda, RJ. 2012

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NICKOL DO BRASIL Ltda. **Relatório Técnico:** Investigação detalhada – Etapa1\_NDB. Células de resíduos I e II e bairro residencial Volta Grande IV, localizadas no município de Volta Redonda – RJ. Cotia, SP, 2012. 187 p.

OLIVEIRA, C. **Avaliação do potencial de contaminação de dois solos agrícolas com lodo enriquecido com Cd, Pb e Zn.** Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998. 188p. (Tese de Doutorado).

PEREIRA, A. C. C. **Uso de Materiais Inertizantes e Crescimento de Espécies Arbóreas em Solo Contaminado por Metais Pesados Oriundos da Baía de Sepetiba – Itaguaí – RJ.** 2009. 123 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, A. C. D. **Utilização de brachiaria decumbens na Fitoestabilização de Solos Contaminados por Metais Pesados Provenientes da Destrução de Munição.** 2010. 67 f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

SALDANHA, M. F. C. **Avaliação de cinco tipos de abertura para determinação dos teores de ferro, manganês e zinco em alguns solos brasileiros.** Pesq. and. CNPS, n.1, agosto 1997, p. 1-10.

SUN, B. Leaching of heavy metals from contaminated soils using EDTA. **Environmental Pollution,** v. 113, 111-120p., 2001.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de população de populações humanas a metais pesados no ambiente: Exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova,** v.2, 147-154 p., 1992.