

Análise da presença de metais pesados da área do antigo lixão do Timbuba/Pau-Deitado em São José de Ribamar/MA

Analysis of the presence of heavy metals in the area of the former dumping ground of Timbuba/Pau-Deitado in São José de Ribamar/MA


• **Data de entrada:**
20/09/2022

• **Data de aprovação:**
28/02/2023

Jeferson Botelho Rodrigues^{1*} | Adeildo Cabral da Silva¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.010>

ORCID ID

Rodrigues JB  <https://orcid.org/0000-0001-6371-7912>

Silva AC  <https://orcid.org/0000-0002-5433-6437>

Resumo

As propriedades e características químicas, físicas e biológicas que compõem o meio ambiente, quando sofrem alterações e modificações em seu estado natural, podem gerar impactos negativos à fauna, flora, aos corpos hídricos e demais recursos ambientais. Os lixões são caracterizados e definidos como áreas e locais em que os resíduos sólidos urbanos, industriais, orgânicos, dentre outras classificações, são depositados diretamente sobre a camada da superfície do solo sem qualquer forma de controle e gerenciamento ambiental. O processo metodológico para elaboração desse artigo partiu do Manual de Áreas Contaminadas, que foi elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e possui 04 etapas para detectar áreas contaminadas; elas são: Definição da área de interesse, Identificação de áreas potencialmente contaminadas, Avaliação preliminar e Avaliação Confirmatória. Por meio da análise da qualidade do solo, notou-se que em todos os pontos analisados houve a presença de metais pesados em desconformidade com a legislação Resolução CONAMA nº 420/2009, assim tornando a área potencialmente contaminada. Por conseguinte, conclui-se que a poluição e contaminação do solo estão associadas à existência do Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, visto que na área ainda ocorre processo de decomposição de resíduos sólidos, o que ocasiona o surgimento do chorume que, infiltrado no solo, altera as propriedades naturais e intensifica a limitação dos recursos.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Metais pesados. Lixão.

Abstract

The chemical, physical and biological properties and characteristics that make up the environment, when they undergo alterations and modifications in their natural state, can generate negative impacts on fauna, flora, water bodies and other environmental resources. Dumps are characterized and defined as areas and places where urban, industrial, organic solid waste, among other classifications, are deposited directly on the surface layer of the soil without any form of environmental control and management. The methodological process for the elaboration of this article, started from the Contaminated Areas Manual that was prepared by the Environmental Company of the State of São Paulo that has 04 steps to detect contaminated areas, they are: Definition of the area of interest,

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil.

* **Autor correspondente:** botelhojef@gmail.com.

Identification of areas potentially contaminated, Preliminary Assessment and Confirmatory Assessment. Through the analysis of the quality of the soil it was noticed that in all the analyzed points there was the presence of heavy metals in disagreement with the legislation CONAMA Resolution nº 420/2009, thus making the area potentially contaminated. Therefore, it is concluded that soil pollution and contamination is associated with the existence of the Timbuba/Pau-Deitado Dump, since in the area there is still a process of decomposition of solid waste, which causes the emergence of leachate that is infiltrated. in the soil, altering the natural properties and intensifying the limitation of resources.

Keywords: Soil Quality. Heavy Metals. Dumping Ground.

1 INTRODUÇÃO

As propriedades e características químicas, físicas e biológicas que compõem o meio ambiente, quando sofrem alterações e modificações em seu estado natural, podem gerar impactos negativos à fauna, flora, aos corpos hídricos e demais recursos ambientais, além de ocasionar desequilíbrio nas atividades socioeconômicas, visto que os aspectos citados acima são fundamentais para o desenvolvimento e o bem-estar da coletividade.

Os lixões são caracterizados e definidos como áreas e locais em que os resíduos sólidos urbanos, industriais, orgânicos, dentre outras classificações, são depositados diretamente sobre a camada da superfície do solo sem qualquer forma de controle e gerenciamento ambiental. Tal prática é considerada irregular, visto que acarreta problemas ambientais como poluição, contaminação e vulnerabilidade dos recursos naturais (RAMOS, et al., 2017).

Atualmente, um dos maiores problemas e desafios que são enfrentados pelas cidades brasileiras está relacionado com a geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos, seja de origem urbana ou rural. Essa problemática aumenta com o crescimento populacional desordenado e pelo alto índice de consumo de bens industrializados sem qualquer racionalização e conhe-

cimento de educação ambiental (CARRILHO; CÂNDIDO; SOUZA, 2018).

Os resíduos que são depositados nas áreas inapropriadas, conhecidas como lixões, possuem em suas características físicas e químicas alguns elementos tóxicos, como cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni) e mercúrio (Hg). Os materiais que contêm alguns dos elementos químicos citados anteriormente são pilhas, baterias, lâmpadas, produtos farmacêuticos, dentre outros; ambos são considerados indicativos da poluição dos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos e dos solos, uma vez que liberam toxinas específicas por meio da decomposição da matéria (OLIVEIRA et al., 2016).

A comunidade do povoado Timbuba, localizada ao Noroeste de São José de Ribamar, pode ser considerada vulnerável social e ambientalmente ainda mais por situar-se próxima à uma área inapropriada onde foi depósito de resíduos sólidos urbanos durante anos. O lixão, quando ativado, abrangia uma área de aproximadamente nove hectares, possuindo um terreno de difícil acesso, que recebia os resíduos domiciliares de todos os bairros de São José de Ribamar/MA, até mesmo rejeitos de origem hospitalar que necessitam de uma segregação específica para sua destinação final.

Este artigo tem como objetivo principal apresentar a qualidade do solo da área do antigo Lição do Timbuba/Pau-Deitado e comparar com os Valores Máximos Permitidos pela CONAMA nº420/2009.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Gerenciamento das Áreas Contaminadas

Para que os objetivos propostos nessa pesquisa fossem devidamente alcançados, a metodologia partiu do Manual de Áreas Contaminadas que foi elaborado pela Companhia Ambiental

do Estado de São Paulo (CETESB) publicado no ano de 2021. O Manual compõe técnicas que visam identificar áreas que possuem os atributos ambientais contaminados, como, principalmente, a água e o solo.

O manual dispõe de técnicas e métodos eficazes na avaliação de áreas degradadas e contaminadas que já foram comprovados cientificamente. Nessa pesquisa foram utilizadas especialmente 04 (quatro) fases que são utilizadas no processo de identificação de áreas contaminadas (ACs), como mostra a Fig. 1 abaixo.

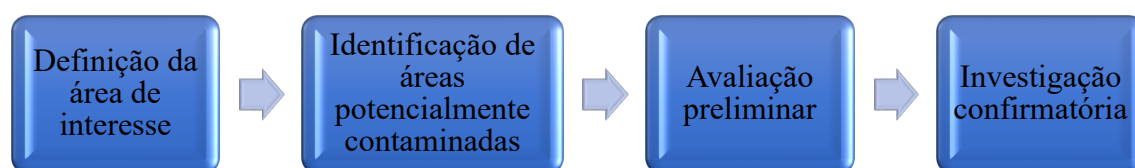


Figura 1 - Etapas do processo metodológico
Fonte: CETESB (2021)

As técnicas metodológicas que foram utilizadas para atingir os objetivos dessa pesquisa serão oriundas de investigação *in loco*, conhecida também como pesquisa de teor exploratória, que se dá por meio de reconhecimento da área, levantamento dos aspectos ambientais e demais informações coletadas no campo da área de estudo.

De acordo com o Manual, a definição da área de interesse se dá por meio de algum fator antrópico existente que esteja interferindo na qualidade ambiental. Em seguida, a definição da área possivelmente contaminada é realizada por meio de caracterização da área, delimitando-a e realizando investigação preliminar (se há presença de vetores, biodindicadores de poluição ou con-

taminação) e, logo após, verificando se a atividade consta na Lista de Atividades Comerciais e Industriais potencialmente contaminadoras ao solo e águas subterrâneas da CETESB.

Na quarta e última etapa, onde é feita a avaliação inicial e investigação confirmatória, foi desenvolvida a etapa do gerenciamento das áreas contaminadas, ou seja, onde foram realizadas investigações e estudos com o objetivo de comprovar a existência da contaminação das áreas por meio de análises ambientais, como, análise da qualidade da água e análise da qualidade do solo e do ar. Abaixo nas Figs. 2A e 2B é possível verificar a área de estudo e o a realização da coleta de solo, respectivamente.



Figuras 2A e 2B - Área de estudo e coleta da amostra de solo

2.2 Caracterização da Área de Estudo (Definição da Área de Interesse e Identificação da Área Potencialmente Contaminada)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), o município de São José de Ribamar obteve a sua emancipação em 24 de setembro do ano de 1952. O município está devidamente localizado no estado do Maranhão, compõe os municípios da Região Metropolitana da Ilha de São Luís e fica a 30 quilômetros da capital maranhense.

Sua área territorial corresponde a 180.363km², com uma população estimada em 180.345 ha-

bitantes (IBGE, 2021). Referente a densidade demográfica, o município tem 419,82 habitantes/km² (IBGE, 2010), com um PIB de R\$12.007,36 (IBGE, 2019). Devido ao fato de o município estar localizado no Golfão Maranhense, a sua hidrografia é formada pelas águas das baías de São Marcos e São José.

Abaixo, na Fig. 3, tem-se o mapa de localização do município de São José de Ribamar, situado no estado do Maranhão. E, em seguida, na Fig. 4, apresenta-se o perímetro da área estudada, sendo conhecida como o antigo Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, situado no referido município.

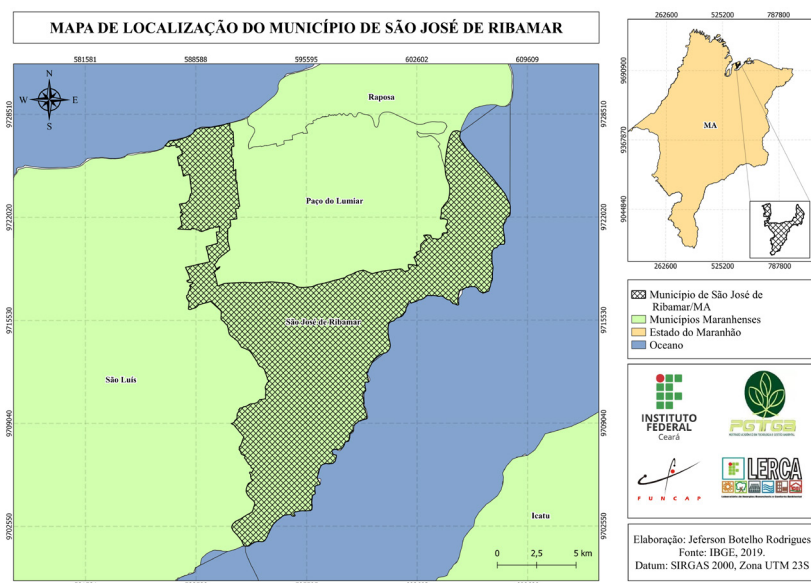


Figura 3 - Mapa de localização de São José de Ribamar (Área de Interesse)

Logo, tem-se os dois itens do Manual de Áreas Contaminadas devidamente atendidos, quando:

Área de Interesse: Município de São José de Ribamar e, logo, o Povoado Timbuba (Zona Rural);

Com a determinação da Área de Interesse, logo após tem-se:

Identificação da Área Potencialmente Contaminada: O Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, que está localizado no Povoado Timbuba. Como mencionado, tal fato se dá porque a área recebeu elevadas quantidades de resíduos sólidos e, atualmente, não possui nenhum Plano de Recuperação da Área Degradada/Contaminada.

A comunidade do povoado Timbuba, que faz parte da Área de Interesse do estudo, está localizada na Zona Rural da região do município de São José de Ribamar, estado do Maranhão, sob as margens do Rio Paciência. O lixão (Área Potencialmente Contaminada) está localizado na cidade de São José de Ribamar, como mostra a Fig. 3 anteriormente exibida.

Abaixo, na Fig. 4, tem-se a localização/espacialização exata dos pontos de coleta para amostras da qualidade do solo que fazem parte do perímetro (área total) da área em que foi realizada essa pesquisa.

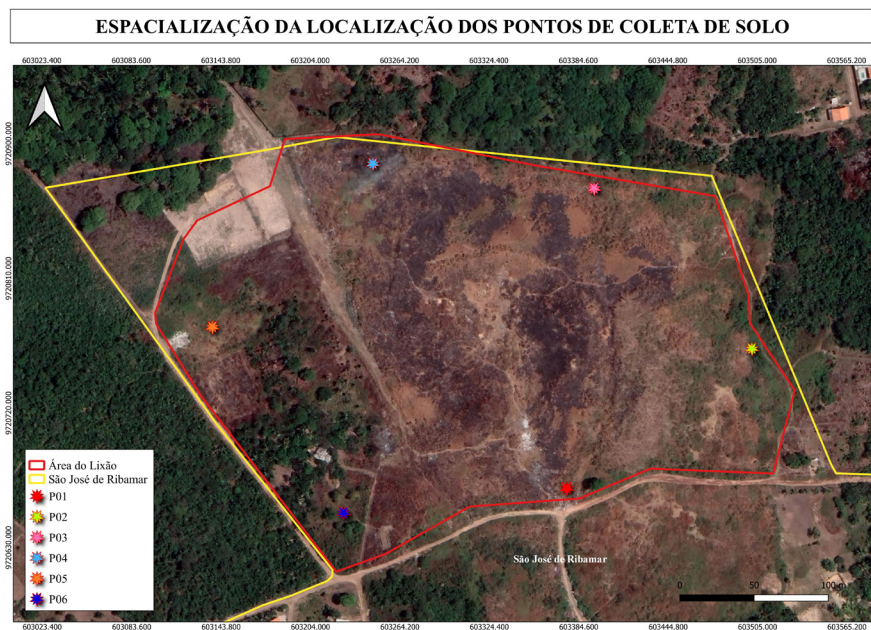


Figura 4 - Localização dos pontos de coleta de amostras de solo

Durante a coleta foram utilizados materiais como: trena, sacos estéreis, pás e enxada, e com o auxílio dos materiais foi possível realizar uma cava entre 0 a 40 centímetros dos pontos amostrais (MATOS, 2016). Em determinados pontos, realizou-se cava de até 30cm,

devido ao fato de a área possuir resíduos sólidos enterrados.

Na Tabela 1 logo abaixo tem-se a denominação dos pontos e em seguida as coordenadas geográficas de localização, ambas no formato de graus, minutos e segundos ($^{\circ}$ ‘ ‘)

Tabela 1 - Características dos pontos de coleta de solo

Denominação dos Pontos	Coordenadas Geográficas
P01	2°31'36.63"S 44° 4'12.44"O
P02	2°31'33.59"S 44° 4'8.41"O
P03	2°31'30.10"S 44° 4'11.85"O
P04	2°31'29.56"S 44° 4'16.67"O
P05	2°31'33.12"S 44° 4'20.17"O
P06	2°31'37.16"S 44° 4'17.31"O

2.3 Processamento das Amostras

2.3.1 Análise do Solo

As amostras de solo foram analisadas em relação aos principais parâmetros que estão dispostos na Tabela 2 e que podem ser consultados na Resolução CONAMA nº 420/2009. Além disso, foram feitas análises do grupo de macronutrientes das amostras de solo. As análises ocorreram no Laboratório de Química dos Solos da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA (Departamento de Engenharia Agrícola) e no Laboratório Cernitas, ambos localizados na cidade de São Luís/MA.

Tabela 2 - Parâmetros de análise do solo

Parâmetro	Unidade de Medida	Metodologia
Boro (B)	mg/kg	SMEWW 3030E 23ª edição
Cádmio (Cd)	mg/kg	SMEWW 3030E 23ª edição
Chumbo (Pb)	mg/kg	SMEWW 3030E 23ª edição
Cobre (Cu)	mg/kg	SMEWW 3500 Cu 23ª edição
Cromo (Cr)	mg/kg	SMEWW 3500 Cr B 23ª edição
Ferro (Fe)	mg/kg	USEPA 6010C ver.03:2007
Manganês (Mn)	mg/kg	USEPA 6010C ver.03:2007
Mercúrio (Hg)	mg/kg	IT 06-07.231
Níquel (Ni)	mg/kg	USEPA 6010 C
Zinco (Zn)	mg/kg	USEPA 6010C ver.03:2007

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Apresentação dos Resultados Analíticos - Metais Pesados

Quanto aos resultados analíticos referentes à presença de metais pesados no P01, P02, P03, P04, P05 e P06, os mesmos foram comparados principalmente com os valores máximos permi-

tidos (VMP) para solo de uso agrícola, visto que a população em torno desenvolve práticas de plantação para consumo próprio e comercialização. A Tabela 3 exibe os resultados referentes às análises dos resultados dos 10 (dez) parâmetros analisados.

Tabela 3 - Resultados das análises de solo do P01

Pb	189,5 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cr	129,5 mg/kg	VMP: 150 mg/kg
Mn	18,2 mg/kg	VMP: não há
Hg	21,4 mg/kg	VMP: 12 mg/kg
Zn	321,8 mg/kg	VMP: 450 mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

Como pode ser visto na Tabela acima, os metais pesados que apresentaram resultados acima do valor máximo permitido (VMP) pela CONAMA nº 420/2009 foram: Pb e Hg, com valores de 189,5 mg/kg e 21,4 mg/kg, respectivamente. Quanto à presença de Cr, Mn e Zn, obtiveram-se os seguintes resultados analíticos: 129,5 mg/kg, 18,2 mg/kg e 321,8 mg/kg, respectivamente, evidenciado que os referidos metais pesados estão acima dos valores máximos permitidos de prevenção.

Abaixo, na Tabela 4, tem-se os resultados de metais pesados encontrados no P02 da área estudada.

Tabela 4 - Resultados das análises de solo do P02

Cd	6,21 mg/kg	VMP: 3 mg/kg
Pb	77,4 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cu	109,2 mg/kg	VMP: 200 mg/kg
Cr	182,7 mg/kg	VMP: 150 mg/kg
Hg	9 mg/kg	VMP: 12mg/kg
Zn	481,6 mg/kg	VMP: 450mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

Verifica-se acima que foi identificada a presença de exatamente dois metais pesados acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA utilizada para base desse estudo. O Cd com

valor de 6,21 mg/kg e o Zn com resultado exato de 481,6 mg/kg, respectivamente.

Em seguida, na Tabela 5 são apresentados os resultados encontrados referentes ao terceiro ponto (P03) de análise do solo da área do Lixão do Timbuba/Pau-Deitado. Os metais pesados detectados, foram:

Tabela 5 - Resultados das análises de solo do P03

Pb	91,4 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cu	73,6 mg/kg	VMP: 200 mg/kg
Hg	17,8 mg/kg	VMP: 12 mg/kg
Zn	752,6 mg/kg	VMP: 450 mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

Nota-se acima que na amostra de solo do ponto 03 teve-se a presença de: Cd, Hg e Zn, com valores de: 4,69, 17,8 e 752,6, respectivamente. Em seguida foram realizadas análises dos metais pesados que estão presentes no quarto ponto (P04) e, junto a isso, os resultados analíticos encontrados estão dispostos na Tabela 6 abaixo, que exhibe, ainda, os Valores Máximos Permitidos.

Tabela 6 - Resultados das análises de solo do P04

Cd	3,1 mg/kg	VMP: 3 mg/kg
Pb	160,2 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cu	204,7 mg/kg	VMP: 200 mg/kg
Cr	141,1 mg/kg	VMP: 150 mg/kg
Hg	24,7 mg/kg	VMP: 12 mg/kg
Zn	486,8 mg/kg	VMP: 450 mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

O Cd, Cu, Hg e o Zn foram os metais pesados encontrados na amostra de solo do P04 que estiveram acima do VMP estabelecido pelo Anexo II da CONAMA nº 420/2009. Os valores 3,1 mg/kg, 204,7 mg/kg, 24,7 mg/kg e 486,8 mg/kg são referentes aos metais pesados encontrados, respectivamente. Quanto aos metais pesados Pb

e Cr, foram encontrados valores que determinam que eles estão acima do VMP de prevenção, como determina a Resolução CONAMA supracitada anteriormente.

Logo a seguir, na Tabela 7, tem-se os resultados que são referentes às análises da qualidade do solo do ponto 05 da área de estudo, bem como os valores que estão acima do que é permitido pela legislação vigente e os resultados que estão acima dos valores de prevenção.

Tabela 7 - Resultados das análises de solo do P05

Pb	100,9 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cu	103,32 mg/kg	VMP: 200 mg/kg
Cr	147,2 mg/kg	VMP: 150 mg/kg
Hg	20,1 mg/kg	VMP: 12 mg/kg
Ni	75,2 mg/kg	VMP: 70 mg/kg
Zn	310,3 mg/kg	VMP: 450 mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

Os resultados dos parâmetros Hg e Ni encontrados nas análises do ponto 05 estão em desconformidade com o estabelecido na Resolução CONAMA nº420/2009, uma vez que apresentaram os seguintes resultados: 20,1 mg/kg e 75,2 mg/kg, respectivamente. Consoante a isso, os parâmetros de Pb, Cu, Cr e Zn estiveram acima do limite permitido no que diz respeito aos valores de prevenção, apresentando os seguintes resultados: 100,9 mg/kg, 103,32 mg/kg, 147,2 mg/kg e 310,3 mg/kg, respectivamente.

Referente ao último ponto analisado (P06), encontrou-se a presença dos seguintes metais pesados apresentados na Tabela 8 abaixo. Ainda na referida Tabela estão dispostos também os valores máximos permitidos (VMP) que dizem respeito aos níveis de prevenção do solo.

Tabela 8 - Resultados das análises de solo do P06

Cd	7,3 mg/kg	VMP: 3 mg/kg
Pb	101,9 mg/kg	VMP: 180 mg/kg
Cu	224,7 mg/kg	VMP: 200 mg/kg
Cr	163,4 mg/kg	VMP: 150 mg/kg
Hg	10,5 mg/kg	VMP: 12 mg/kg
Ni	83,7 mg/kg	VMP: 70 mg/kg
Zn	521,2 mg/kg	VMP: 450 mg/kg

*VMP: Valor Máximo Permitido segundo a CONAMA nº 420/2009.

Os resultados referentes às análises do P06 evidenciam que há presença de Cd, Cu, Cr, Ni e Zn, devido ao fato de os valores estarem acima do permitido pela legislação (CONAMA nº 420/2009). Quanto aos demais parâmetros analisados de Pb e Hg, ambos apresentaram resultados que comprovam que os mesmos estão acima do VMP de prevenção, merecendo atenção quanto ao índice de componentes químicos no solo.

3.2 Discussão dos Resultados Analíticos - Metais Pesados

Cádmio

Referente à detecção da substância química Cd, verificou-se a presença desse metal em exatamente em quatro pontos (P02, P03, P04 e P06), sendo que seis foram analisados. No P02 teve-se o resultado de 6,21mg/kg; no P03, 4,69mg/kg. Já o P04 apresentou 3,1mg/kg de cádmio e, por último, no P06 constatou-se 7,3mg/kg do referido metal pesado. Já nos pontos P01 e P05 o cádmio não se apresentou acima do VMP de prevenção.

Segundo Carvalho et. al, (2017) a substância química ou metal pesado “Cádmio (Cd)” tem como uma das fontes principais de liberação a queima do lixo doméstico, visto que está presente na composição de pilhas e baterias de eletrônicos que são utilizados comumente pelos seres humanos, como celulares, pilhas de controles remotos e pilhas que são recarregáveis.

Em um estudo realizado por Rocha (2016), que teve como objetivo analisar a presença de Cd em uma área de lixão desativo em Buriticupu/MA, o autor descreve que dos 16 pontos amostrais que foram utilizados para análise do solo, 38% (equivalente a 06 amostras) apresentaram a presença do metal pesado acima do VMP estabelecido pela CONAMA nº 420/2009.

Rocha (2016) no estudo evidencia que no perímetro da área estudada foram encontrados resíduos eletrônicos, esses sendo responsáveis pela contaminação de cádmio no solo, visto que na composição desses materiais há diversas substâncias químicas que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

O autor ainda destaca que os metais pesados estão cada vez mais próximos da superfície, entre 0 a 40cm de profundidade, assim sendo possível a detecção dos contaminantes no solo, fato esse que está associado à profundidade da cava para coleta de amostra dessa pesquisa.

No lixão do Timbuba/Pau-Deitado, onde fora realizado o estudo dessa dissertação, verificou-se na área a disposição de resíduos eletrônicos (celulares, televisões, rádios, dentre outros) que possuem o metal pesado Cd (cádmio). A elevação de níveis naturais de substâncias químicas no solo evidencia a presença da atividade humana na área estudada.

Chumbo

Quanto à análise da presença do metal pesado (Pb) nas 06 (seis) amostras analisadas, em somente um único ponto foi detectado o valor acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 420/2009. No P01, obteve um resultado de 189,5 mg/kg do contaminante Pb, fato este que evidencia que o resultado está acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação vigente, uma vez que o VMP é de exatamente 180 mg/kg.

Embora os resultados dos demais pontos estejam dentro dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira, ambos se encontram acima do valor de prevenção que a referida legislação determina (Resolução CONAMA nº 420 do ano de 2009), sendo assim, os resultados para o parâmetro de Pb acima de 72 mg/kg.

Em um estudo realizado com objetivo de determinar a presença de contaminantes químicos no lixão do município de Buriticupu/MA por Rocha (2016), o autor descreve que há presença de chumbo nas amostras analisadas mesmo com as atividades do lixão devidamente interrompidas.

Rocha (2016) ainda destaca que esse estudo no território maranhense evidencia que mesmo que a área possua encerramento das atividades, a contaminação do solo prevaleceu devido à decomposição dos resíduos que são compostos pelos contaminantes químicos e o Pb contém potencial contaminante para evitar que a vegetação se desenvolva na área contaminada.

Referente à presença de (Pb) na área estudada, lixão do Timbuba/Pau-Deitado se dá pelo fato da presença da presença e decomposição dos resíduos sólidos dispostos em solo despreparado, uma vez que na área foi detectada a presença de embalagens e produtos de cosméticos que em sua composição contêm o elemento químico Pb.

Comparado ao estudo feito por Pinheiro e Mochel (2018), a área de estudo das autoras foi classificada como contaminada devido ao fato de as amostras analisadas conterem a presença de Pb, principalmente no ponto de análise 04. As autoras discutiram e evidenciaram que o estudo realizado em Paço do Lumiar/MA obteve valores mais elevados que estudos realizados em lixões do Rio Grande do Norte, por exemplo.

Cobre

O teor de Cu encontrado nas análises do solo está relacionado também à presença de resíduos sólidos na área estudada. Dos seis pontos analisados, somente 02 (dois) pontos apresentaram resultados superiores ao VMP da Resolução CONAMA nº 420/2009, o P04 e P06 com resultados de 204,7 mg/kg e 224,7 mg/kg, respectivamente, assim comprometendo a qualidade do solo estudado.

Das demais amostras (P01, P02, P03 e P05) somente o P01 esteve abaixo do limite de prevenção, já os demais estiveram acima, tendo como resultados entre 73,6 mg/kg a 109,2 mg/kg, valores estes que estão dentro do valor máximo permitido (VMP) para contaminação do solo.

No estudo feito por Pinheiro e Mochel (2018) foi encontrada presença de cobre em absolutamente 02 (três) pontos amostrais, ambos possuindo valores inferiores ao estabelecido pela Resolução. Embora os resultados tenham apresentado níveis dentro dos parâmetros da legislação, os mesmos estão acima do VMP para prevenção, uma vez que obtiveram resultados de 113,9 mg/kg e 52,23 mg/kg, respectivamente.

O cobre é um contaminante prejudicial à população humana e ao meio ambiental. A presença desse metal pesado é capaz de interferir no desempenho do metabolismo de adultos e crianças, devido ao fato de este ser um metal com teor de toxicidade elevado (RIBEIRO E MORELLI, 2009).

Cromo

O ponto 06 (P06) foi o único onde se obteve a presença elevada do metal pesado Cr, com resultado 163,4 mg/kg. O valor encontrado no referido ponto confirma que está acima do estabelecido pela legislação vigente e que compromete a qualidade do solo analisado, visto que há o elevado teor de Cr na amostra de solo analisada.

Quanto aos demais pontos amostrais para qualidade do solo, o parâmetro de Cr nos pontos P01, P02, P04 e P05 esteve acima de 75mg/kg, evidenciando que tais resultados se encontram acima do valor máximo para prevenção. Quanto ao P03, o mesmo obteve resultado inferior ao valor máximo permitido (VMP) para prevenção e contaminação do solo.

De acordo com Rocha (2016), o cromo é um contaminante altamente tóxico e também é considerado prejudicial à saúde humana, uma vez que pode desenvolver problemas carcinogênicos ou mutagênico, mesmo que em pequenas concentrações do contaminante.

Em trabalho realizado por Marques (2011) em três áreas de disposição, sendo um aterro sanitário, um controlado e um lixão já desativado, detectou-se a presença de contaminantes no solo como cobre acima do valor de prevenção, níquel e cromo acima dos valores de intervenção, principalmente em camadas mais profundas (20-40 cm), sendo esses valores mais elevados a jusante do que no próprio local de disposição. Isso pode ser explicado em decorrência dos metais pesados terem a capacidade de recalcitrância e, portanto, são cumulativos no ambiente. (MARQUES, 2011).

Mercurio

Segundo a Resolução CONAMA nº 420/2009, o valor máximo permitido (VMP) quanto à presença de mercúrio no solo é de 12 mg/kg. Os pontos P01, P03, P04 e P05 apresentaram teores do metal pesado Hg nas amostras de solo, esses pontos são equivalentes a pouco mais de 60% das amostras analisadas, e tal fato está associado ao comprometimento da qualidade do solo.

Os resultados apresentados, respectivamente, foram: 21,4 mg/kg, 17,8 mg/kg, 24,7 mg/kg e 20,1 mg/kg. Quanto aos demais pontos (P02 e P06), os mesmos tiveram resultados de 9,0 mg/

kg 10,5 mg/kg, respectivamente. Os valores que as análises de solo para determinação de Hg dos pontos P02 e P06 estão acima do valor máximo permitido (VMP) para níveis de prevenção, uma vez que, de acordo com o Anexo II da legislação vigente, o VMP de prevenção do mercúrio (Hg) é de 0,5 mg/kg.

Em 2018, em pesquisa realizada por Pinheiro e Mochel (2018) em Paço do Lumiar/MA, houve presença de Hg em todos os pontos amostrais analisados e os valores estavam 100% acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009.

As autoras Pinheiro e Mochel (2018) relatam que a presença de mercúrio se dá por meio da presença e decomposição de resíduos sólidos que contêm a presença desse elemento químico em sua composição física. Os resíduos sólidos que apresentam mercúrio e que foram identificados durante as visitas de campo são: termômetros, manômetros, resíduos de lâmpadas fluorescentes dentre outros.

Os resíduos mencionados anteriormente, além de serem depositados de maneira incorreta na área do lixão do Timbuba/Pau-Deitado, eram queimados em qualquer ponto do perímetro da área estudada. Com a queima dos resíduos, os mesmos liberam mercúrio no meio ambiente, mais especificamente no solo, fazendo com que os níveis de mercúrio sejam altos, levando à contaminação.

De acordo com Jesus et al. (2018), em uma pesquisa científica realizada para avaliar o nível de Hg em uma população exposta ambientalmente, os autores discutem e afirmam que o mercúrio está amplamente distribuído em solos não contaminados, porém com baixas concentrações. Com o gerenciamento de resíduos sólidos incorreto, a intensificação do metal pesado no solo e no meio ambiente pode comprometer a qualidade dos atributos ambientais.

No estudo conduzido por Rocha (2016) no lixão do município de Buriticupu/MA foram identificados em 07 (sete) amostras valores elevados para Hg de um total de 16 amostras de solo. Os valores identificados nas sete amostras de solo para o Hg variaram entre 5,45 a 79,92 mg/kg, o que denota que nem todas as amostras estavam acima do VMP para contaminação.

No estudo feito por Rocha (2016), o Hg foi determinado com teores elevados em pontos onde os resíduos sólidos (lâmpadas fluorescentes, resíduos de germicida, resíduos de fungicida e em amálgamas para fins odontológicos) estavam visivelmente dispostos de maneira irregular, fato esse que evidencia que a presença e decomposição de resíduos que têm em sua composição o mercúrio (Hg) comprometem a qualidade solo e podem contaminá-lo devido aos altos valores de concentrações que eles possuem.

Níquel

Referente à análise da presença do metal pesado Ni nas amostras de solo coletadas, foi identificada alta concentração do metal nos pontos P05 e P06, com resultados de 75,2mg/kg e 83,7mg/kg, respectivamente, assim estando em desconformidade com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº420/2009.

Nos demais pontos analisados, o parâmetro obteve resultados abaixo do VMP para prevenção e VMP para contaminação. Os valores obtidos nas análises dos demais pontos P01, P02, P03 e P04, foram: 5,3 mg/kg, 0,7 mg/kg, 20 mg/kg e 12,4 mg/kg, respectivamente.

Os resíduos sólidos que liberam o metal pesado níquel também podem ser encontrados em pequenos e grandes lixões. Em estudo realizado em lixão desativado no estado de Santa Catarina, foram identificadas altas concentrações de Ni em virtude da recalcitrância do ambiente. Além dis-

so, em pesquisa realizada em um outro lixão no estado do Rio Grande do Norte, houve também a presença de teores elevados de Ni oriundos da decomposição de resíduos sólidos (PINHEIRO E MOCHEL, 2018).

Marques (2011) realizou um estudo em três áreas de disposição de resíduos sólidos, sendo elas: um lixão desativado, um aterro controlado e um aterro sanitário. Em todas as áreas foram encontradas concentrações acima do valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA nº 420/2009 e, com isso, os autores destacam que isso pode ser devidamente explicado pelos metais pesados possuem capacidade de recalcitrância e, logo, serem considerados cumulativos sobre o meio ambiente.

Referente à presença de níquel (Ni) ocorrer somente em dois pontos da área do lixão do Timbuba/Pau-Deitado, tal fato pode estar associado à decomposição dos resíduos, uma vez que nos pontos P02 e P04, por exemplo, havia queima de resíduos comuns (papel, papelão e plástico) visualmente.

Zinco

Quanto à presença de Zn no solo, o valor máximo permitido (VMP) para contaminação é de 450 mg/kg para cada amostra de solo. Quanto à amostras analisadas, as que obtiveram VMP acima do estabelecido por legislação foram os pontos: P02, P03, P04, e P06, com resultados de: 481,6 mg/kg, 752,6 mg/kg, 486,8 mg/kg e 521,2 mg/kg, respectivamente. Os pontos P01 e 05 obtiveram resultados de 321,8 mg/kg e 310,3 mg/kg, respectivamente.

O elemento químico zinco (Zn) foi encontrado em 66% dos pontos estudados, e no restante se obteve acima do VMP de prevenção, o que denota que há grande quantidade de Zn na área do lixão do Timbuba/Pau-Deitado. Tal fato está associado à

presença dos resíduos sólidos que foram dispostos na referida área, assim contaminando-a com altas concentrações do metal pesado, além dos altos teores de Zn serem tóxicos às plantas e à saúde da população.

Em comparação com valores encontrados de Zn no lixão de Paço do Lumiar, notou-se que os valores do lixão do Timbuba/Pau-Deitado foram mais elevados, uma vez que a presença elevada dos valores de Zn no lixão de Paço do Lumiar se manteve acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 em exatamente 03 (três) pontos (PINHEIRO E MOCHEL, 2018).

Segundo Baum et. al. (2022), a contaminação que é oriunda da presença do metal pesado Zn na coletividade ocasiona alguns problemas de saúde que causam desestabilização no sistema imunológico; tais sintomas e doenças são: tosse forte, febres, dores de cabeça, náusea e vômito, secura na garganta, dentre outras.

A ausência da coleta seletiva e da destinação ambientalmente adequada para os resíduos sólidos que possuem metais pesados é prejudicial aos fatores ambientais existentes, visto que, uma vez que os resíduos sólidos são depositados de maneira irregular, eles tendem a passar pelo processo de decomposição e, conseqüentemente, contaminam o solo e as águas subterrâneas.

4 CONCLUSÕES

Por meio da análise da qualidade do solo conclui-se que em todos os pontos analisados houve a presença de metais pesados em desconformidade com a legislação vigente, a Resolução CONAMA nº 420/2009, assim tornando a área potencialmente contaminada. A decomposição dos resíduos sólidos foi fator determinante para a presença de metais pesados no solo, uma vez que na composição física e química dos mate-

riais há presença de metais pesados detectados na área do estudo.

Por conseguinte, conclui-se que a existência do lixão está associada à poluição e contaminação do solo, visto que, na área, ocorre processo de decomposição de resíduos sólidos, o que ocasiona o surgimento do chorume que, infiltrado no solo, altera as propriedades naturais e intensifica a limitação do recurso analisado.

Contudo, é fundamental que demais estudos sejam realizados no perímetro da área, bem como a realização de monitoramento contínuo da qualidade do solo em períodos com baixa e alta pluviosidade, visando objetivar a determinação de técnicas para a remediação da área.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

6 REFERÊNCIAS

- BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A.; LAVNITCKI, L.; VILELA, P. B.; DUMINELLI, E. C.; BECEGATO, B. R.; ROBAZZA, W. S.; PAULINO, A. T. Evaluation of soil contamination by heavy metals at public cemeteries in the municipality of Lages, southern Brazil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 06, n. 05, p. 883-891, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200030>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Conselho do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 2009.
- CARRILHO, A. N.; CÂNDIDO, H. G.; SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 03, p. 201-206, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018142980>
- CARVALHO, M. M.; LIRA, V. S.; WATANABE, C. H.; FRACÁCIO, R. Study of metals toxicity (zinc and cadmium) to *Ceriodaphnia dubia*, for multi-exposition and biological recovery of offspring. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 05, p. 961-968, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017158722>
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB/GTZ). **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo – SP, 2021: Cooperação Técnica Brasil-Alemanha CETESB/GTZ.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama: Cidades**. São Paulo. Rio de Janeiro. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama: Cidades**. São Paulo. Rio de Janeiro. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama: Cidades**. São Paulo. Rio de Janeiro. 2021.

JESUS, L. D. F.; MOREIRA, M de. R. M.; AZEVEDO, S. V de.; BORGES, R. M.; TEIXEIRA, L. R. Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil, **Caderno de Saúde Pública**, v. 34, n. 02, p. 01-13, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00034417>

OLIVEIRA, B. O. S DE.; TUCCI, C. A. F. NEVES JÚNIOR, A. F. SANTOS, A. A DE. Soil and water assessment in the areas of influence of urban solid waste disposal of Humaitá, Amazonas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.03, p. 593-601, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016133274>

MARQUES, R. F DE. P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em

Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas). Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2011.

PINHEIRO, N. C. A.; MOCHEL, F. R. Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município de Paço do Lumiar (MA). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 03, p. 1173-1184, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018173619>

RAMOS, N. F., GOMES, J. C., CASTILHO JÚNIOR, A. B., GOURDON, R. Development of tool for environmental assessment of municipal solid waste dumps in Brazil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 06, p. 1233-1241, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017165817>

RIBEIRO, D.V.; MORELLI, M.R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

ROCHA, T. M. **Determinação das concentrações dos metais cádmio, chumbo e mercúrio na área do lixão desativado de Buriticupu, MA**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). 2016.