

---

---

## DETECÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS EM SOLOS SUPERFICIAIS DO LIXÃO NO MUNICÍPIO DE JANDAIRA-BA

Marcus Vinícius Benevides de M. Nascimento<sup>1\*</sup>, Janiara Alves Batista<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Discente UNEB, DCET II, ESA, Alagoinhas/BA*

<sup>2</sup>*Orientadora, UNEB, DCET II, ESA, Alagoinhas/BA*

\***Correspondência:** [marcusvbm@gmail.com](mailto:marcusvbm@gmail.com)<sup>1</sup> [janiarabatista@uneb.br](mailto:janiarabatista@uneb.br)<sup>2</sup>

### Resumo

Os resíduos sólidos urbanos, resultantes de atividades humanas, domésticas ou industriais, representam um problema global. Quando dispostos de forma inadequada, podem contaminar o solo, o ar e os recursos hídricos, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças. Este estudo teve como objetivo analisar camadas superficiais do solo do lixão de Jandaíra-BA. A metodologia envolveu coleta de solo superficial (0–20 cm), conforme o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (2009), e análises químicas realizadas pelo Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). Os resultados foram comparados à Resolução CONAMA nº 420/2009, detectando-se Al, Ba, Cu, Cr, Mn, Fe, V e Zn em concentrações abaixo dos limites legais. Conclui-se que a disposição inadequada de resíduos configura risco ambiental e de saúde pública, exigindo ações efetivas conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos; Solo Contaminado. Elementos Metálicos. Política Nacional de Resíduos Sólidos. CONAMA 420/2009.

### Abstract

Urban solid waste, resulting from human activities, whether domestic or industrial, represents a global problem. When disposed of improperly, it can contaminate soil, air, and water resources, in addition to favoring the proliferation of disease vectors. This study aimed to analyze surface soil layers from the Jandaíra landfill in Bahia. The methodology involved collecting topsoil (0–20 cm), according to the Embrapa Manual of Chemical Analysis of Soils, Plants, and Fertilizers (2009), and chemical analyses performed by the Technological Research Institute of the State of Sergipe (ITPS). The results were compared to CONAMA Resolution No. 420/2009, detecting Al, Ba, Cu, Cr, Mn, Fe, V, and Zn at concentrations below legal limits. It is concluded that the inadequate disposal of waste constitutes an environmental and public health risk, requiring effective actions in accordance with the National Solid Waste Policy (Law No. 12,305/2010).

**Keywords:** Solid Waste; Contaminated Soil. Metallic Elements. National Solid Waste Policy. CONAMA 420/2009.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O planeta passa por um crescimento populacional sem precedentes. Atrélado a isso, a intensa ocupação urbana e os novos padrões econômicos de consumo, promoveram um aumento expressivo na geração de resíduos, tornando-se um grave problema para a sociedade contemporânea (Leal *et al.*, 2022). Abrangendo consequências negativas no âmbito social, econômico e ambiental (Aguiar *et al.*, 2021).

Com aproximadamente 200 milhões de habitantes, o Brasil é considerado um dos países que mais produz resíduos sólidos (RS) no mundo. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no seu último relatório “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022” estima que os brasileiros produziram aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos, equivalente a 224 toneladas diárias, em média 1,043 kg de resíduo por habitante dia (ABRELPE, 2022).

No país, grande parte dos resíduos provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e indústrias, são dispostos de forma ambientalmente inadequada (Aguiar; Veiga, 2020). De acordo com a ABRELPE, 2020, estima-se apenas 60% dos RSU coletados são dispostos em aterros sanitários, enquanto os demais 40% são acomodados em locais inadequados, como lixões a céu aberto ou aterros controlados, que não contam com um sistema de medidas necessárias para garantir a proteção à saúde das pessoas e do meio ambiente (ABRELPE, 2020).

Diniz (2024) define lixões a céu aberto ou vazadouros, como locais onde ocorre a simples descarga dos resíduos, sem qualquer tipo de controle técnico que impeça o contato desses materiais com o meio ambiente, podendo causar alterações químicas, físicas e biológicas no solo, acarretando a perda da fertilidade, erosões, proliferação de patógenos, contaminação de águas pluviais, perda da capacidade natural de drenagem, impregnação de substâncias poluentes, assim como outros danos ambientais.

Rodrigues e Silva (2023) afirmam que a disposição dos resíduos sólidos em lixões apresenta características químicas singulares, com a presença de diversos elementos tóxicos e nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Destaca-se a presença de metais pesados como o Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr),

---

Mercúrio (Hg) e Níquel (Ni), considerados indicadores de poluição dos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos e dos solos.

Diante do exposto, tendo em vista os possíveis impactos causados ao meio ambiente pela disposição inadequada dos resíduos sólidos, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de analisar as propriedades químicas, relacionadas a presença de elementos metálicos no solo do lixão localizado na cidade de Jandaíra-BA, onde foi coletado uma amostragem de camadas superficiais do solo, submetidas a análises químicas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Resíduos Sólidos e sua abordagem no Brasil**

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, os resíduos sólidos são definidos como materiais, objetos ou substâncias provenientes da atividade humana e que posteriormente foram descartadas em seu estado sólido ou semissólido, assim como gases contidos em recipientes e líquidos inviáveis à destinação da rede pública de esgoto ou em corpos d'água (Brasil, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser oriundos de atividades domésticas, industriais, hospitalares, comerciais, agrícolas, urbanas, serviços de saneamento básico, construção civil, mineração ou transporte. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes o sistema de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos contaminados que não podem ser dispostos na rede pública de esgoto ou corpos de água (PNRS, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com o seu grau de periculosidade, natureza, composição física, biológica ou química (Serrão, 2023). A ABNT NBR nº 10.004 de 2004 classifica-os em dois grandes grupos: os perigosos, que são produtos inflamáveis, corrosivos ou tóxicos; e os não perigosos, subdividido em inerte (compostos biodegradáveis que não liberam substâncias prejudiciais ao meio ambiente) ou não inerte (não se decompõem com facilidade, mas não apresentam toxicidade) (Brasil, 2004).

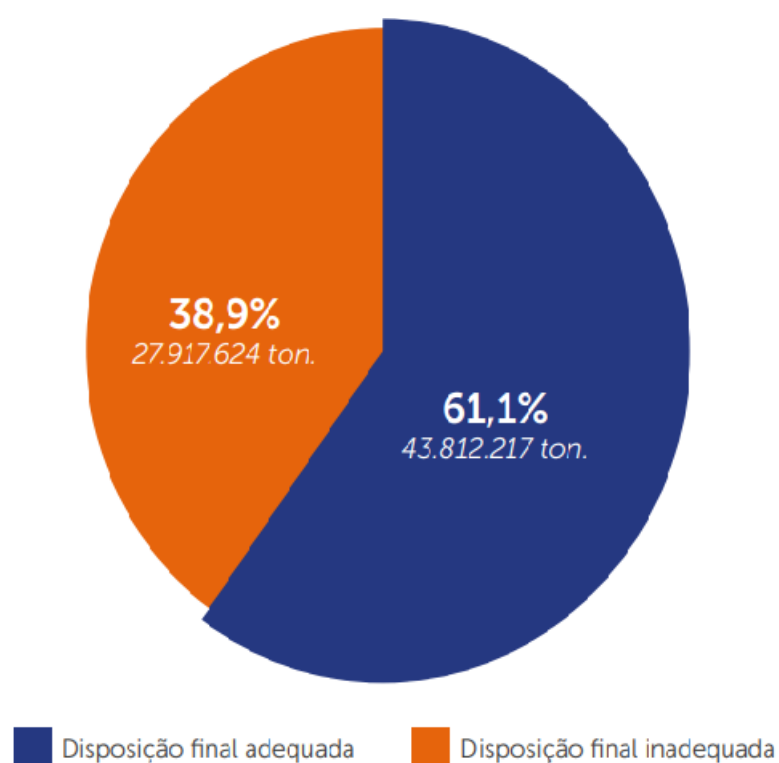
Classificar os resíduos sólidos conforme a sua origem e periculosidade é extremamente relevante no processo de gerenciamento dos mesmos, para que sua

disposição final esteja dentro dos padrões técnicos adequados. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas a gestão integrada dos RSU, incluídos os perigos e responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (Brasil, 2010).

## 2.2 Disposição final dos resíduos sólidos no Brasil

No Brasil, há uma grande problemática acerca da disposição dos resíduos sólidos, sendo um grande desafio para a gestão ambiental dos municípios. Conforme evidenciado na Figura A dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) revelam que em 2023 mais de 27 milhões de toneladas resíduos sólidos foram acomodados em locais ambientalmente inadequados, como lixões e aterros controlados.

Figura A: Destinação dos resíduos sólidos no Brasil



Fonte: (ABREMA 2023).

Das regiões brasileiras, o Sul e o Sudeste apresentaram melhores prognósticos, onde aproximadamente 70% dos resíduos sólidos urbanos foram

---

encaminhados para aterros sanitários, correspondendo a 43,8 milhões de toneladas de resíduos. As demais regiões apresentaram um desempenho abaixo da média nacional, especialmente o Norte e o Nordeste, acomodando somente 37% dos resíduos coletados para uma destinação final ambientalmente adequada (ABREMA, 2023).

O Art. 9 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece uma ordem de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, que por sua vez, refere-se somente aos aterros sanitários como a única maneira ambientalmente adequada para aqueles resíduos que esgotaram suas formas de reaproveitamento (Brasil, 2010).

Dentre as diversas formas de disposição final dos Resíduos Sólidos (RS), as mais utilizadas no Brasil são os lixões, aterros controlados e aterros sanitários. A forma mais antiga e a mais agressiva ao meio ambiente são os lixões. Os aterros controlados produzem impactos mais abrasivos, apesar de não apresentam as normas técnicas adequadas, diferente dos aterros sanitários, que dispõem de uma estrutura ambientalmente adequada para a acomodação dos rejeitos (Silva, 2021).

Por meio da Lei nº 12.305/2010, estabeleceu-se no Brasil o encerramento das atividades em lixões, que é a forma mais nociva e imprópria de disposição final dos RS, pois não requer nenhum tratamento prévio, sendo despejados diretamente no solo, contaminando o meio ambiente e colocando em risco a saúde da população no entorno das áreas afetadas (Aguiar *et al.*, 2021).

Apesar da legislação vigente, os lixões são um dos destinos dos RS mais utilizados no Brasil, aonde aproximadamente 27 milhões de toneladas de resíduos são dispostos à céu aberto, próximo das áreas urbanas, com ausência de segregação de materiais e alta precariedade de acondicionamento (ABREMA, 2023). Não há quaisquer métodos de controle sobre a natureza e quantidade dos mesmos, provocando a contaminação do solo, ar, águas pluviais e superficiais, em função do lançamento infrene de lixiviados (Leite *et al.*, 2019).

Como medida paliativa e de adequação à lei vigente, algumas áreas foram adaptadas à aterros controlados com a prerrogativa de reduzir os impactos socioambientais através do controle parcial sobre o lançamento de lixiviados e drenagem dos gases, sendo a maneira mais rápida e acessível de disposição dos resíduos, evitando multas previstas ela Lei nº 12.305/2010 (Marques *et al.*, 2021).

---

Estudos apontam que o aterro controlado não resolve a problemática em torno da disposição final dos resíduos, já que a estrutura não dispõe de parâmetros técnicos precisos no controle dos poluentes. O que o difere de um lixão é a cobertura dos resíduos por uma camada de material inerte, com o objetivo de evitar a proliferação de vetores transmissores de doença e reduzir mau odor (Aguiar *et al.*, 2021). Entretanto, a falta de impermeabilização do solo permite que o chorume degrade sua qualidade, assim como as águas subterrâneas, que a longo prazo poderão ser contaminadas (Marques *et al.*, 2021).

De acordo com a Norma Técnica NBR nº 8.419, de 1992, o aterro sanitário configura-se como o único local destinado a disposição final dos RS sem causar graves impactos ambientais e a saúde pública, baseando-se em critérios de engenharia e normas operacionais, como forma de seguir roteiros de segurança de disposição final dos rejeitos sólidos.

Os aterros sanitários consistem na técnica de disposição dos resíduos, havendo uma compactação dos mesmos através de camadas. O solo é impermeabilizado com a finalidade de evitar o contato de agentes contaminantes na água e na terra, como o chorume. O gás metano (CH<sub>4</sub>) gerado em virtude da decomposição anaeróbia da matéria orgânica no interior do aterro, muitas vezes, é queimado sendo convertido principalmente em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e vapor de água (H<sub>2</sub>O), podendo também ser realizado o aproveitamento energético para geração de energia elétrica (Dias; Paliero; Pedreiro, 2024). Cabe ainda ressaltar algumas das consequências socioambientais da produção do CO<sub>2</sub>, como é o caso da poluição do ar com possível formação de chuva ácida, promovendo danos à saúde humana e aos ecossistemas diversos, sendo este um importante gás causador do efeito estufa responsável pelo aquecimento global.

O controle técnico de sistemas de impermeabilização do solo, drenagem de gases, assim como tratamento adequado do chorume em estações de tratamento e afluentes permite que o aterro sanitário seja o destino mais adequado, evitando grandes impactos socioambientais. Seu tempo de vida útil é de pelo menos dez anos, tendo em vista que essa área não poderá ser utilizada posteriormente para construções de casas ou prédios. Esta área ainda deve ser monitorada, coletando amostras de afluentes e do solo, para que em caso de contaminação, medidas cabíveis possam ser adotadas (Dias; Paliero; Pedreiro, 2024).

---

### 2.3 Elementos metálicos provenientes de lixões

O termo metal pesado é comumente utilizado para designar metais e semimetais que possuem a capacidade de contaminação em virtude do seu alto potencial de toxicidade e ecotoxicidade ao meio ambiente. Ainda, o termo metal pesado pode não ser compreendido, pois muitos elementos metálicos sejam tóxicos em baixas doses, a classificação como “metal pesado” não se aplica apenas a elementos tóxicos, mas também a elementos essenciais em certas quantidades para os organismos. Costa (2021) afirma que os metais pesados podem ser incorporados ao organismo através da alimentação, ingestão de água, inalação ou absorção através da pele quando entram em contato com insumos agrícolas, industriais, farmacêuticos ou residenciais.

Alguns metais como Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V, e Zn são necessários em quantidades mínimas por organismos, contudo, quantidades excessivas desses elementos podem ser prejudiciais para os organismos. Metais como Pb, Cd, Hg, e As não possuem benefício algum para os organismos e assim considerados “principais ameaças” por serem danosos para o ecossistema (Souza, 2019).

Leal (2018) afirma que a decomposição dos resíduos sólidos contém grandes concentrações de metais pesados, tais como: Cd, Cu, Pb, Zn, Ni e Mn. Esses elementos são potencialmente contaminantes, causando prejuízos a saúde humana, qualidade do solo, água e ar.

A presença exacerbada de metais provenientes da decomposição de resíduos, pode se deslocar para o solo a partir da lixiviação, processo de remoção de nutrientes do solo por meio da percolação de substâncias líquidas especialmente da água, em camadas superficiais do solo (Leal, 2018).

Correia (2020) afirma que a água das chuvas na área dos lixões é considerada a principal precursora de formação do chorume e seu escoamento pode atingir aquíferos, comprometendo a qualidade da água, além da contaminação do solo. Leal (2018) complementa, afirmando que a percolação desses líquidos favorece a introdução de metais na cadeia alimentar, apresentando-se em concentrações variáveis a depender da profundidade do aterro.

De acordo com o Ministério do Meio ambiente, o CONAMA, em sua resolução nº 420, de 28 de Dezembro de 2009, que 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. Além disso, a referida revolução determina diretrizes que devem ser cumpridas para o gerenciamento do meio ambiente quanto a áreas poluídas pela atividade do homem (BRASIL, 2009).

Dentre as considerações atribuídas à Resolução nº 420/2009, consta a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e que a existência de áreas contaminadas pode configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2009).

A presença de metais e elementos traços a exemplo As, Cd, Pb são altamente prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, quando acondicionados de maneira indevida, contaminando o solo e os corpos hídricos. Existem várias técnicas de remoção desses metais, incluindo precipitação química, oxidação ou redução, filtração, troca iônica, osmose reversa, entre outros. Geralmente, essas providências têm limitações como a necessidade de trabalho intenso, altos custos, diferenças na microbiota nativa do solo e mudanças irreversíveis nas propriedades físico-químicas do solo (Souza, 2019).

### **2.3.1 Legislação relacionada a áreas contaminadas por resíduos sólidos**

Os metais são substâncias químicas que, devido a atividades industriais e ao descarte inadequado de resíduos, podem se acumular no meio ambiente em concentrações superiores aos níveis recomendados. Sua toxicidade e o risco associado à exposição prolongada representam uma ameaça à saúde humana, contribuindo para o desenvolvimento de diversas doenças. Diante disso, a contaminação do solo e das águas configura um desafio ambiental que demanda avaliação constante e a implementação de soluções eficazes (Souza, 2019).

Visando a manutenção da qualidade de águas e solos e considerando que a contaminação destes afeta a saúde humana gerando doenças diversas, a resolução no 420/2009 alterada para resolução no 460/2013 do CONAMA determinou valores para qualidade dos solos quanto à contaminação por substâncias químicas (CONAMA, 2013). A tabela b apresenta alguns dos valores orientadores para elementos metálicos para solos.

Tabela b: Valores orientados para metais no solo

Substâncias	Referência de Qualidade	Prevenção	Agrícola APM <sub>ax</sub>	Residencial	Industrial
Alumínio	E	-	-	-	-
Cobre	E	60	200	450	600
Ferro	E	-	-	-	-
Manganês	E	-	-	-	-
Zinco	E	300	450	1000	2000

Fonte: Resolução CONAMA nº 420/ 2009

Dessa forma, os valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009, com as atualizações da Resolução nº 460/2013, são utilizados como referências fundamentais para a gestão ambiental, permitindo um controle mais eficiente da contaminação por metais no solo e nas águas subterrâneas. A definição desses parâmetros possibilita a adoção de estratégias de monitoramento e remediação em áreas impactadas, contribuindo para a preservação da qualidade ambiental e para a mitigação de riscos à saúde humana e aos ecossistemas.

### 3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no lixão a céu aberto localizado na cidade de Jandaíra – BA, interior do estado da Bahia, que fica localizado às margens da BA-396 ([BA-396 - Google Maps](#)), distante aproximadamente 6 km da sede do município. Contando com aproximadamente 10.000 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE) em 2023.

O município situa-se em uma área de transição entre o litoral e o interior, o que influencia em seu clima, que tem características tropicais, com vegetação predominante da caatinga e cerrado (IBGE, 2023). As temperaturas são elevadas durante a maior parte do ano, com média de 26°C, podendo chegar a 32°C nos meses mais quentes, que são de novembro a fevereiro. A precipitação possui uma estação chuvosa que vai de março a julho, variando de 1000 a 1500mm de chuva anualmente, conforme a localização dentro do município. O solo foi classificado predominantemente como Latossolo, comum na região nordeste do Brasil

(EMBRAPA, 2023). Caracterizado pela sua intensa permeabilidade, composto por argila, com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio. Apresentam pH ácido e baixa saturação de bases (Leite, 2022).

As Figuras c, d e e ilustram diferentes aspectos do processo de amostragem. A Figura b apresenta o ambiente no lixão, onde os pontos de amostragem foram selecionados de forma aleatória, conforme preconiza o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (MAQS – Embrapa, 2009). Com o auxílio de um tubo PVC de 40 milímetros figura d, foram coletados dez pontos amostrais por meio da estratégia de percurso “W invertido” com profundidade 0-20cm (zero a vinte centímetros), de forma individual e acomodadas em sacos plásticos distintos.

Após esse processo, as amostras do solo obtidos nos 10 pontos amostrais foram adicionados em um balde, figura e, misturadas dando origem a uma única amostra composta representando toda a área, que em seguida foi exposta ao sol para secagem rápida por um período de 8h (oito horas) seguindo os critérios do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (MAQS – Embrapa, 2009).

Lixão do Município de Jandaíra, Bahia (c) Área do Lixão em torno dos pontos amostrais (d) Amostra de solo do lixão pós coleta (e) Amostra do solo do lixão coletada para secagem e posterior análise dos elementos metálicos.

c



d



e



Fonte: arquivo próprio, 2024.

---

Logo após a retirada da umidade, cerca de um quilo da amostra, foi novamente acondicionada em um saco plástico e encaminhada para o Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, em Aracaju/SE. Todo o processo foi realizado tendo como referência a Resolução CONAMA nº 420/ 2009, Anexo I, que dispõe sobre os critérios e valores orientadores da qualidade do solo de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas e também orienta quanto ao processo de coleta amostragem.

A amostra coletada foi submetida à análises pelo Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) para verificar a presença de elementos metálicos (Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmiu, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Ferro, Molibdênio, Níquel, Selênio, Vanádio, Zinco, Prata e Antimônio) presentes no solo através do método MAQS-Embrapa 2009, EPA 3051A, que consiste em uma técnica de digestão ácida, assistida por micro-ondas, utilizada para preparar amostras de solo visando à análise de metais. Esse procedimento envolve a adição de ácidos fortes, como ácido nítrico, às amostras, seguidos de aquecimento em forno de micro-ondas sob condições controladas de temperatura e pressão. Já a metodologia da quantificação foi executada em Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). O objetivo é extrair elementos metálicos presentes em formas mais disponíveis no solo, sem solubilizar totalmente os metais ligados a minerais resistentes. Essa abordagem é eficaz para avaliar a biodisponibilidade de metais, tanto nutrientes quanto contaminantes, em estudos ambientais e agrícolas (Schein; Miquelluti; Campos, 2021). Por fim, a interpretação dos resultados foi realizada com base na Resolução nº 420/2009.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após o envio da amostra de solo para análise, com o objetivo de identificar a presença de elementos metálicos no solo do lixão do município de Jandaíra, Bahia, a Tabela f, a seguir, apresenta os valores obtidos no relatório densaio emitido pelo Instituto Tecnológico e Pesquisa de Sergipe (ITPS), os quais são comparados com os valores orientadores de qualidade do solo, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 420/2009.

Tabela f: Relatório do ensaio do solo do lixão de Jandaíra – BA de acordo com o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (MAQS – Embrapa, 2009).

Área de Estudo: Área de Descarte Irregular de Resíduo Sólido Urbano (Lixão) - Município de Jandaíra/BA					
Amostra	Código	Coleta em	Unidade	mg /kg	
Ensaio	Resultado	Padrão (L1)	Ensaio	Resultado	Padrão (L1)
Alumínio Total	<b>2066</b>	--	Ferro Total	<b>1293</b>	--
Arsênio Total	<b>ND</b>	35,00	Molibdênio Total	<b>ND</b>	50,00
Bário Total	<b>8,10</b>	300,00	Níquel Total	<b>ND</b>	70,00
Cádmio Total	<b>ND</b>	3,00	Selênio Total	<b>ND</b>	--
Chumbo Total	<b>ND</b>	180,00	Vanádio Total	<b>1,30</b>	--
Cobalto Total	<b>ND</b>	35,00	Zinco Total	<b>23,50</b>	450,00
Cobre Total	<b>8,60</b>	200,00	Prata Total	<b>ND</b>	25,00
Cromo Total	<b>3,60</b>	150,00	Antimônio Total	<b>ND</b>	5,00
Manganês Total	<b>13,90</b>	--	--	--	--

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA nº 420/2009.

#### Legenda

**(L1):** Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009.

**MAQS-Embrapa:** Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, Embrapa 2009.

Análise realizada em amostra de terra fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40°C. Conversão de Unidades:  $\text{cmolc/dm}^3 = \text{meq}/100\text{g}$ ;  $\text{g/dm}^3 = \% \times 10$ ;  $\% = \text{dag Kg}^{-1}$ .

**ND:** Não Detectado / <LDM.

**Resultado:** Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

**LQ:** Limite de Quantificação do Método.

Na Tabela f são expostas as concentrações dos elementos metálicos encontrados no solo no do lixão no município de Jandaíra-BA. Em todos os pontos amostrais, a concentração dos metais encontrou-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. No entanto, é pertinente salientar que foram analisados apenas amostras superficiais do solo. Amostras em maiores profundidades podem apresentar alterações em seus valores devido a tendência de fluxo de água no solo e a condução desses contaminantes para águas pluviais.

Carvalho, Pereira, Santos (2021) corroboram com esta constatação, evidenciando que solo de características arenosas possuem baixa capacidade de retenção de contaminantes, ocasionando a percolação de elementos para camadas mais profundas do solo e atingindo águas subterrâneas. Leite (2022) reitera que a

---

presença de metais também podem estar atreladas ao tipo de solo. Na região do Nordeste brasileiro, o solo predominante é o latossolo, apresentando características de solo arenoso, com grandes concentrações de elementos metálicos como o ferro e alumínio.

Situação semelhante foi encontrada no estudo de Leal (2018), que ao avaliar a presença de metais pesados provenientes de resíduos sólidos urbanos em um lixão, constatou a presença de Chumbo, Cobre, Cádmio, Manganês, Zinco e Níquel, no entanto, em concentrações inferiores aos valores orientados para a prevenção e intervenção da Resolução CONAMA nº 420/2009.

O Zn e Cu podem ser provenientes do descarte inadequado de pilhas, baterias, lâmpadas e materiais eletrônicos no lixão, sendo considerados altamente tóxico em altas concentrações (Rezende; Oliveira; Kuhn, 2024). No estudo de Galvão (2022), ao analisar a presença de metais pesados no solo de um lixão localizado no Rio Grande do Norte, identificou um risco considerável pra Cu, moderado para Pb e baixo para Ni, Zn, Cr e Mn.

A presença de metais pesados acima dos valores de segurança estabelecidos pela legislação é visto como uma situação alarmante, uma vez que a ingestão desses elementos vi água contaminada ou indiretamente por vegetas, pode causar diversos prejuízos a saúde humana, comprometendo o pleno funcionamento de órgãos vitais problemas neurológicos e alto potencial cancerígeno (Rezende; Oliveira; Kuhn, 2024).

A presença de Mn não foi identificado na análise das amostras, entretanto, Leal (2018) destaca que apesar dos valores de prevenção do Fe e Mn não sejam estabelecidos pelo CONAMA nº 420/2009, é extremamente relevante conhecer as concentrações dos metais presentes no solo, uma vez que além de serem micronutrientes importantes, apontam indiretamente as concentrações de outros metais.

Contraopondo os resultados obtidos nesse estudo, Rodrigues, Silva (2023), ao analisarem a presença de metais no solo de um lixão desativado, na cidade de São José do Ribamar, estado do Maranhão, identificaram que todas as amostras estavam em desconformidade à legislação vigente, evidenciando que a área está potencialmente contaminada como consequência do processo de descarte irregular de resíduos sólidos com influência no ar, no solo, nas águas superficiais e subterrâneas.

Ao realizarem o diagnóstico do solo e água no entorno do lixão de Iguatu-CE,

---

Milhome *et al.* (2018) detectaram a presença de Cu, Zn e Pb em níveis acima do estabelecido pela legislação. Tais evidências sugerem que a ação antrópica pelo descarte irregular de resíduos sólidos pode afetar a qualidade dos solos, proporcionando riscos à comunidade local. Rezende, Oliveira, Kuhn (2024) apresentaram resultados semelhantes, demonstrando que os locais de disposição dos resíduos sólidos apresentam concentrações de Cu, Pb e Zn superiores aos valores de referência de qualidade.

Achados divergentes foram encontrados no estudo de Oliveira *et al.* (2016) que ao avaliarem solo e a água em áreas de influência de disposição de resíduos sólidos não identificaram a presença de metais pesados em desconformidade com a legislação vigente.

O Cd não foi detectado na amostragem, se enquadrando os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA nº 420/2009, sendo este um resultado positivo, pois se trata de um metal altamente tóxico, que pode causar prejuízos significativos à saúde humana e ao meio ambiente (Leal, 2019). Dissemelhante, ao investigarem as características químicas do solo de um lixão, Freitas *et al.* (2020) identificou a presença de cádmio no solo, com valores acima do limite tolerável, sendo o principal contaminante em razão da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos.

Dessa forma, como prevê a PNRS quanto às coresponsabilidades pela gestão inadequada dos resíduos sólidos devido aos seus possíveis danos ambientais e à saúde pública, fica evidente a necessidade de intervenção dos agentes públicos nos seus níveis federal, estadual e municipal, a fim de implementar medidas assertivas na redução destes danos. Souza (2019) corrobora que o gerenciamento dos resíduos sólidos ainda é uma grande problemática para o alcance da sustentabilidade ambiental e que muitos municípios encontram-se em desconformidade com as leis vigentes de destinação final dos resíduos sólidos.

Ressalta-se que, embora a concentração dos metais das amostras coletadas estivessem dentro dos padrões permitidos pela legislação, a longo prazo podem ter efeitos acumulativos e afetar a saúde humana e a biodiversidade do local, repercutindo a necessidade de um modelo de intervenção para recuperação da área degradada, levando em consideração não apenas o monitoramento contínuo da qualidade do solo e da água, mas também a implementação de estratégias que evitem a migração de contaminantes para as camadas mais profundas e para os corpos

---

hídricos, além de promover a regeneração da fertilidade do solo. A prevenção da contaminação ambiental deve ser uma prioridade, uma vez que a degradação do solo e a contaminação dos recursos hídricos tem efeitos prolongados e difíceis de reverter.

## **5 CONCLUSÃO**

A análise dos resultados das amostras coletadas no lixão localizado na cidade de Jandaíra-BA revelou a presença de elementos metálicos no solo, como Alumínio, Bário, Cobre, Cromo, Manganês, Ferro, Vanádio e Zinco. Embora os níveis desses metais atendam aos parâmetros de segurança estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, é importante ressaltar que as amostras analisadas corresponderam apenas à camada superficial do solo.

Caso fossem realizadas análises em camadas mais profundas, os resultados poderiam ser diferentes devido ao processo de lixiviação, no qual as substâncias contaminantes migram para as camadas mais profundas do solo e até mesmo para as águas subterrâneas, comprometendo a qualidade ambiental e potencialmente afetando a saúde humana.

Apesar dos resultados não indicarem concentrações acima dos limites permitidos pela legislação, o solo predominante na região do Nordeste é o latossolo, o qual apresenta uma grande vulnerabilidade à processos de lixiviação e a movimentação dos contaminantes para as águas pluviais e subterrâneas em virtude da alta permeabilidade da argila, principal composto desse tipo de solo.

Com base nos resultados obtidos, evidencia-se a necessidade de uma gestão mais eficaz dos resíduos sólidos no município de Jandaíra-BA. O estudo reforça a urgência de políticas públicas que promovam o encerramento definitivo dos lixões e incentivem práticas sustentáveis de manejo, como a implementação da coleta seletiva, educação ambiental e a construção do aterro sanitário conforme previsto na Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

---

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2020.

ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2023

AGUIAR et al. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbano**, v. 13, n. 2, p.1-12, 2021.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Lixão Zero**, 2019.

CARVALHO, Clara Bandeira de; PEREIRA, Erlon Lopes; SANTOS, André Bezerra dos. Mobilidade de contaminantes em solos arenosos após a aplicação de águas residuárias tratadas produzidas em indústria siderúrgica. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 5, p. 819-828, 2021.

CORREIA, Sheila de Araújo. **Impactos ambientais pelo lixão ativado da cidade de Delmiro Gouveia – AL**. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, 2020.

COSTA, Amini Ferreira. **Análise de risco saúde humana por uso do solo contaminado por chorume na área do antigo lixão de Maceió**. Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, 2021.

DIAS, Fernanda Boldim; BALIERO, Lucas Tarlau; PEDREIRO, Marcelo. Aterros sanitários: gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade ambiental. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 12, p. 2891-2936, 2024.

DINIZ, Celina de Jesus Duarte. **Proposta de aterro sanitário de pequeno porte para o município de Palmeirândia**. Trabalho de Conclusão de Curso, (Graduação em Gestão Ambiental) – Univeridade Estadual do Maranhão, 2024.

FREITAS et al. Contaminação do solo por metais pesados provenientes de resíduos sólidos urbanos no município de Viçosa – Alagoas. (Mestrado em Análises de Sistema). **17º Congresso Nacional do Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, 2020.

GALVÃO, Ana Claudia de Andrade. **Índices de poluição o solo por metais estados e riscos ecológicos e a saude humana em lixão no semiárido**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

LEAL, Caio Cesar Parente de Alencar. **Análise química de camadas superficiais do solo do lixão do município de Augustinópolis, Tocantins**. Trabalho de

---

Conclusão de Curso (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, 2018.

Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Rev. e ampl.

LEAL et al. Análise estatística da geração de resíduos sólidos do estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 1, p. 3-25, 2022.

LEITE et al. Lixões, terreos controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010. 30º **Congresso ABES**, 2019.

LEITE, Maria José de Holanda. Características gerais dos principais solos da região semiárida. **Revista Científica Multidisciplinar**, v.3, n. P. 1-0, 2022.

MARQUES et al. Impactos da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo em municípios de Minas Gerais – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.03, p. 1382-1392, 2021.

MILHOME, et al. Diagnóstico da contaminação do solo por metais tóxicos provenientes de resíduos sólidos urbanos e influência da matéria orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 1, p. 59-72, 2018.

REZENDE, Daniela Alves; OLIVEIRA, Bruna Fernanda Faria Oliveira; KUHN, Vinicius de Oliveira. Contaminação de solos ou metais pesados em um local de disposição final de resíduos de município do pequeno agreste. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 12, n. 1, p.136-150, 2024.

RODRIGUES, Jeferson Botelho; SILVA, Adeildo Cabral de. Análise da presença de metais pesados da área do antigo lixão do Timbuba/Pau-deitado em São José de Ribamar/MA. **Revista DAE**, v. 72, n. 243, p.134-146, 2024.

SERRÃO, Victor Antunes De Souza. **Gerenciamento de resíduos sólidos em uma fundação pública de ensino superior de parintins, AM**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade federal do Amazonas, 2023.

SCHEIN, Marcos Roberto; MIQUELLUTI, David Jose; CAMPOS, Mari Lucia. Métodos de digestão de solos para determinação do teor de vanádio. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.7, p.53-60, 2021.

SILVA, Patricia Lorena Cota da. **Análise da gestão integrada dos resíduos sólidos sob a perspectiva da economia circular na região metropolitana do vale do aço / MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos) – Universidade federal de Minas Gerais, 2021.

# APÊNDICE H – Ata da Sessão Pública de Apresentação e Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso

## Ata da Sessão Pública de Apresentação e Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso

No dia **11 (onze) de julho de 2025**, às **16h00min**, em sessão pública no Auditório/UNEB, na presença da Banca Examinadora composta pela professora orientadora **Janiara Alves Batista** e pelas avaliadoras **Jeane Denise de Souza Menezes e Leila Maria Mendes Santos**, o discente **Marcus Vinícius Benevides de Mattos Nascimento** apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“Análise química de camadas superficiais do solo do lixão no município de Jandaíra-BA”** como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Graduação Engenharia Sanitária e Ambiental. Instalada a Banca Examinadora, foram esclarecidos os procedimentos e foi passada a palavra ao discente para apresentação do trabalho. Ao final da apresentação, passou-se à arguição por parte da Banca, a qual em seguida, reuniu-se para elaboração do parecer conferindo as notas 9,6, 9,0 e 9,0 ao trabalho escrito e a apresentação oral, resultando em uma nota final de 9,2.

O presidente da banca comunicou o resultado ao discente:

[  ] Aprovado com nota \_\_\_\_\_

[  ] Aprovado com nota 9,2 com revisões e posterior deferimento do orientador.

[  ] Reprovação automática com nota \_\_\_\_\_.

Em seguida, nada mais havendo a tratar, ENCERROU-SE a sessão pública de defesa. Tendo sido, logo a seguir, lavrada a presente ata que é assinada abaixo pelos avaliadores da Banca Examinadora, que deverá ser encaminhada ao professor do componente curricular a que se associa esta Ata.

Alagoinhas, 11 de julho de 2025  
Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JANIARA ALVES BATISTA  
Data: 21/07/2025 10:28:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JEANE DENISE DE SOUZA MENEZES  
Data: 12/07/2025 19:10:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Avaliadora 1

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LEILA MARIA MENDES SANTOS  
Data: 19/07/2025 15:23:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Avaliadora 2

Observação:



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB  
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental  
BR 110, km 03 – DCET II 75.3163.3613/3506  
CEP 48.000.000 – Alagoinhas – Bahia – Brasil