



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ATERRO CONTROLADO DE TRÊS RIOS, RJ E OS RISCOS AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA**

Hellen Figueredo Carvalho

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Cardoso de Freitas

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO - 2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ATERRO CONTROLADO DE TRÊS RIOS, RJ E OS RISCOS AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA**

Hellen Figueredo Carvalho

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental,
como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três
Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO - 2016**

Carvalho, Hellen Figueredo, 1993-

Aterro controlado de Três Rios, RJ e os riscos ao meio ambiente e à saúde humana - 2016.

54f. : figs: 21. , tabs 10.

Orientador: Fábio Cardoso de Freitas.

Monografia (bacharelado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios.

Bibliografia: f. 47-54.

1. Resíduos sólidos – Metais pesados – Catadores – 2. Monografias
I. Figueredo, Hellen Carvalho. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. III. Título



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ATERRO CONTROLADO DE TRÊS RIOS, RJ E OS RISCOS AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA**

Hellen Figueredo Carvalho

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em XX/XX/XXXX

Banca examinadora:

Prof. Orientador Dr. Fábio Cardoso de Freitas

Prof. Dr. Alexandre Ferreira Lopes

Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO - 2016**

Dedicatória

“Agradeço à minha família e amigos pelo incentivo e, aos que de alguma forma, colaboraram para elaboração deste trabalho.”

AGRADECIMENTO

Torna-se uma missão praticamente impossível agradecer à todos que me impulsionaram para que chegasse até aqui. Primeiramente toda minha gratidão à Deus. Aos meus pais e irmão, devo tudo o que sou, vocês têm meu coração! Uma vida é pouco para dizer o quanto vocês foram e são importantes em tudo o que eu faço. Todos os dias morro de saudade e renasço do amor que lhes devoto.

Eu me considero uma pessoa extremamente sortuda, apesar de dizerem o contrário, prova disso é que durante esses 5 anos de graduação, constitui uma família aqui, sem a qual teria sido impossível permanece neste lugar. Essa família teve direito à pais como, Tia Aldilene e Tio Jorge, Tia Cândida e em especial Seu Carlinhos e Dona Carmem, além de um amor que vou levar para vida, meu Kindinzinho. Obrigada por me agregarem, por me acolherem e por dividirem comigo momentos únicos.

Teve também, direito à muitos irmãos. Já dizia Vinícius de Moraes “E eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos”, vocês são vitais em meu mundo. Falar de vocês vai ser uma responsabilidade e tanto, mas muito prazerosa, por isso vamos lá...

Ray Preta, às vezes minha namorada de mentira, às vezes minha parceira de dança e de cozinha, mas sempre (SEMPRE!) minha cúmplice. Encontrar você desganhada na frente do Indepa foi sorte pra vida toda. Obrigada minha Pretinha por todos os dias, por ser tão constante e por trazer consigo tanta gente pra amar. Sem palavras pra você. Falando em Pretinha, aconteceu também Barila, a melhor combinação do universo. Minhas meninas, vocês fizeram parte da construção da minha consciência crítica, me encorajaram, me fortaleceram. “Dividir” nossas filhas só faz somar o amor, vocês são demais! Obs: vocês um dia ainda me agradecerão por emburrar com vocês pelos atrasos, aiai mocinhas!

Durante essa caminhada, descobri que uma alma pode se dividir em dois corpos. Costumamos dizer que ele é meu lado masculino, ou nem tanto... Seu nome é Dolvani Barbosa, vulgo Brittany. Você protagonizou comigo os melhores momentos da graduação e saiba que não tem escolha, você vai estar pra sempre na minha vida!

Natália e Thayza, minhas melhores parceiras de vida acadêmica, só Deus sabe os perrengues (rs) e as risadas. Rai Branca, vulgo Little Rainbow, a melhor teacher. Marininha, meu anjinho barroco. Maya, minha cunhada amiga. Algumas pessoas passaram pela minha vida e não permaneceram, mas isso não diminui sua importância em todo esse processo e na construção de quem sou hoje, à vocês também meu muito obrigada.

Ao meu orientador, Fábio Freitas, foi um prazer te orientar, obrigada pelas oportunidades! De forma não menos importante, queria findar agradecendo imensamente à minha filha de quatro patas Dorothea Maria, que até o presente momento ainda não comeu este documento.

*“Vi ontem um bicho
Na imundice do pátio
Catando comida entre os detritos.*

*Quando achava alguma coisa,
Não examinava nem cheirava:
Engolia com voracidade.*

*O bicho não era um cão,
Não era um gato
Não era um rato.*

*O bicho, meu Deus, era um homem”
(Manuel Bandeira, O bicho)*

RESUMO

Sabendo da problemática que o descarte de resíduos sólidos tem gerado no país, o presente trabalho teve como objetivo analisar solo e plantas do aterro controlado de Três Rios (RJ) e da área do entorno, apontando os riscos ao meio ambiente e à saúde dos catadores e da população que mora nas adjacências. Foram coletadas amostras de solo e das espécies vegetais *Cecropia pachystachya* e *Ricinus communis*, conhecidas popularmente como embaúba e mamona, respectivamente. As amostras de plantas foram separadas em folhas e frutos, e junto com as amostras de solo, enviadas para o laboratório da UFRRJ em Seropédica para análises químicas com foco em metais pesados. Como não há uma legislação que defina os valores máximos permitidos para concentração de metais em plantas, houve a comparação destas com as análises de solo e da amostra coletada para controle. As amostras de *R. communis*, que foram coletadas dentro da área do aterro, como já esperado, apresentaram maior acúmulo de metais e quando comparadas com as amostras de solo daquela mesma área, refletiram com maior precisão o que estava disponível no solo, sendo assim uma ótima bioindicadora. A espécie *C. pachystachya* e o solo foram coletados no ponto denominado como exutório, dentro da bacia hidrográfica que compõe a área, para onde claramente acontece a convergência do material lixiviado do aterro. Essas amostras foram também comparadas com uma amostra controle. Os resultados dos elementos Zn, Fe, Ni e Cr, para as folhas e frutos da embaúba, apresentaram valores mais altos na área de convergência e alguns elementos como Cu e Cr apresentam valores acima do que permitido na literatura, evidenciando que as áreas adjacentes ao aterro também vêm sendo impactadas. O elemento Cd nas análises de solo dentro da área de convergência apresentou valores acima do que é permitido pela resolução CONAMA 420, sendo suficiente para interditar a área. São muitas as doenças provenientes desses contaminantes, variando de alergias e problemas respiratórios à maiores complicações como câncer, má formação em fetos, entre outros. Os sintomas irão variar de acordo com o tempo de exposição do indivíduo ao contaminante e de como o contágio ocorreu, que pode ser através de agentes físicos, químicos ou biológicos. Pode-se concluir que o manejo dos lixões e aterros controlados merecem uma atenção especial por não ser a forma ambientalmente adequada para disposição dos resíduos sólidos. Ficou evidente que mesmo representando um pequeno percentual da biomassa das plantas, as folhas e frutos foram bons bioindicadores, com destaque para mamona. Sabendo que existem moradias no entorno do aterro, que as análises acusaram que o material lixiviado tem contaminado as áreas adjacentes e que por anos catadores trabalharam na área, este conjunto de problemas urge por medidas como: reconhecimento, avaliação dos impactos e um controle eficaz.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Metais pesados, Catadores.

ABSTRACT

Knowing the problem that has been discarded of solid waste in a country, has a work developed as an analytical soil and controlled landfill plants of Três Rios (RJ) and an environment area, pointing out the risks to the environment and the health of the waste collector and of the population living in the vicinity. Soil samples and plant species *Cecropia pachystachya* and *Ricinus communis*, popularly known as embauba and mamona, respectively, were collected. As samples of plants were separated into leaves and fruits, together with soil samples, sent to the UFRRJ laboratory in Seropédica for chemical analyzes focusing on heavy metals. As there is no legislation that defines the maximum allowed values for the concentration of metals in plants. As samples of *R. communis*, which were collected within the landfill area, as expected, presented a greater number of times and when compared with soil samples from that same area, they reflected with greater precision that they were not available, thus being an excellent bioindicator. *C. pachystachya* and the soil were collected without point denominated as exudate, inside the hydrographic basin that composes an area, to where a convergence of the material leached from the landfill happens. These samples were also compared with a control sample. The results of the Zn, Fe, Ni and Cr elements for the leaves and fruits of the embaúba presented higher values in the area of convergence and some elements such as Cu and values higher than in the literature, evidencing that the areas adjacent to the landfill also come being impacted. The Cd element in the soil analyzes within the convergence area presented values above that given by CONAMA 420, being enough to interdict an area. There are many as contagious diseases, ranging from allergies and respiratory problems to major complications like cancer, malformation in fetuses, among others. The symptoms will vary according to the individual's exposure time to the contaminant and how the infection has occurred, which may be through physical, chemical or biological agents. We conclude that the management of landfills and controlled landfills deserve special attention because it is not an environmentally adequate way. It was evident that even representing a small percentage of biomass of the plants, such as leaves and fruits good bioindicators, especially mamona. Knowing that there are dwellings around the landfill, that as analyzes have accused the leachate material has contaminated as adjacent areas and that for years collectors work in the area, this set of problems by measures such as: recognition, impact assessment and effective control.

Keywords: Solid waste, Heavy metal, Waste collector.

LISTA DE ABREVIACOES E SMBOLOS

AC – rea de Convergência

AE – rea Exutório

AR – rea de Alto Relevo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONT - Controle

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuria

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NBR ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PCH Cabu – Pequena Central Hidrelétrica

PIB – Produto Interno Bruto

PMgC – Propensão Marginal a Consumir

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PROF - Profundidade

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAEG – Companhia de Serviço de gua Esgoto e Resíduos de Guaratingueta

SEA/INEA – Secretaria de Estado do Ambiente/Instituto Estadual do Ambiente

SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

USEPA – United States Environmental Protection Agency

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Estado do Rio de Janeiro com destaque para o município de Três Rios.....	23
Figura 2. Produto Interno Bruto de Três Rios, relacionado com o do Estado e o do País.....	23
Figura 3. Vista panorâmica do aterro controlado do município de Três Rios e da micro-bacia hidrográfica que compõe a área.....	25
Figura 4. Imagem da área de estudo com a demarcação dos pontos de coleta para as espécies vegetais. A área do lado direito da pista sem vegetação, é a área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, RJ.....	26
Figura 5. À esquerda a imagem da Embaúba localizada na área de alto relevo, à direita imagem da Embaúba na área de convergência do aterro controlado de Três Rios, RJ.....	27
Figura 6. Acima a imagem da área de convergência onde foram coletadas as amostras de <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul. Abaixo, imagem com maior contraste entre a área de convergência e de alto relevo.....	27
Figura 7. Área denominada como platô, inserida na área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, onde foram coletadas os espécimes de <i>Ricinus communis</i> Linnaeus.....	28
Figura 8. Na imagem acima o espécime de mamona coletado na área com evidência de queimada e na imagem abaixo a segunda planta coletada na área com acúmulo de metais, madeira e vidros.....	29
Figura 9. Imagem da área de estudo com a demarcação dos pontos de coleta para solos. A área do lado direito da pista sem vegetação, é a área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, RJ.....	30
Figura 10. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em folhas de duas plantas de mamona crescidas em área de acúmulo de resíduos sólidos do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.....	36

Figura 11. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em frutos de duas plantas de mamona crescidas em área de acúmulo de resíduos sólidos do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.....	36
Figura 12. Teores de zinco para solos em dois pontos da área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	37
Figura 13. Teores de ferro para solos em dois pontos da área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	37
Figura 14. Teores de cromo para solos em dois pontos da área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	38
Figura 15. Teores de níquel para solos em dois pontos da área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	38
Figura 16. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em folhas de embaúba em área de alto relevo (AR) e área de convergência (AC), do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.....	43
Figura 17. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em frutos de embaúba em área de alto relevo (AR) e área de convergência (AC), do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.....	43
Figura 18. Teores de cromo para solos nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	44
Figura 19. Teores de chumbo para solos nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	44

Figura 20. Teores de cádmio para solos nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	45
Figura 21. Delimitação do raio de 2 km de influência do aterro controlado de Três Rios sob as moradias do entorno, seguindo a proposta de Gouveia e Prado, 2010.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.....	32
Tabela 2. Concentração de Cálcio, Magnésio e Alumínio para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.....	32
Tabela 3. Concentração de Cobre, Manganês, Zinco, Ferro, Níquel, Chumbo, Cádmio, Cobalto e Cromo para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.....	33
Tabela 4. Fertilidade do solo na área do aterro controlado.....	34
Tabela 5. Teores de micro nutrientes totais, alumínio, sódio e os valores dos mesmos elementos expressos na resolução CONAMA 420 de 2009, para área agrícola APMáx.....	35
Tabela 6. Concentração de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para as folhas e frutos as amostras de Embaúba encontradas nas áreas de alto relevo e convergência.....	39
Tabela 7. Concentração de Cálcio, Magnésio e Alumínio para folhas e frutos da Embaúba nas áreas de alto relevo e convergência.....	39
Tabela 8. Concentração de Cobre, Manganês, Zinco, Ferro, Níquel, Chumbo, Cádmio, Cobalto e Cromo para folhas e frutos de Embaúba nas áreas de alto relevo e convergência.....	40
Tabela 9. Fertilidade do solo na área adjacente ao aterro controlado.....	41
Tabela 10. Metais pesados nas áreas adjacentes ao aterro controlado e os valores dos mesmos elementos expressos na resolução CONAMA 420 de 2009, para área agrícola APMáx.....	42

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. INTERAÇÃO DOS METAIS E SUAS PROVÁVEIS DOENÇAS	18
1.1.1. Cádmio	19
1.1.2. Chumbo	19
1.1.3. Cromo.....	20
1.1.4. Ferro	20
1.1.5. Níquel.....	21
1.1.6. Zinco.....	21
1.2. OBJETIVO GERAL.....	22
1.2.1. Objetivos Específicos	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
2.1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	22
2.2. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	244
2.3. ESTRATÉGIA PARA COLETAS DE PLANTAS	255
2.4. ESTRATÉGIA PARA COLETA DE SOLO	299
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1. ANÁLISE DA ÁREA DE PERTURBAÇÃO DO ATERRO.....	31
3.2. ANÁLISE DA ÁREA ADJACENTE AO ATERRO	388
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
5. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é referente à disposição de resíduos sólidos de origem domiciliar. Este resíduo sob a ação da precipitação pluviométrica pode causar problemas de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, das plantas, pode alterar características biológicas, químicas e físicas do meio, além de prejudicar a qualidade de vida da população (Kiehl 1985, Jardim et al. 1995, Alves 1998, Venezuela 2001).

De acordo com Neves & Crocomo (2005), a ascensão econômica das classes mais pobres apresenta a elas a maior Propensão Marginal a Consumir (PMgC), que mede o quanto se incrementa no consumo do indivíduo em sua renda disponível, ou seja, a renda ociosa após o pagamento dos impostos. Este fator combinado com o crescimento exponencial das metrópoles gera um significativo acréscimo dos resíduos sólidos urbanos (RSU) sendo comum o seu descarte em lixões e aterros controlados.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil produzia no ano de 2000 cerca de 125.281 toneladas de lixo domiciliar diariamente, sendo que 63,6% desses resíduos eram destinados em lixões, 13,8% em aterros sanitários e 18,4% em aterros controlados (IBGE 2000). Dados obtidos dez anos depois pelo mesmo instituto, revelam que houve um aumento na produção de resíduos, sendo produzidos aproximadamente 183 mil toneladas diárias e 50,8% dos municípios brasileiros ainda destinam seus resíduos em lixões, com 22,5% em aterro controlado e 27,7% em aterros sanitários (IBGE 2010).

Pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de 2010, as cidades tinham até 2014 para acabar com os lixões e/ou aterros controlados, sendo o aterro sanitário a uma das maneiras ambientalmente adequada para a disposição final de resíduos sólidos. Contudo de acordo com a Lei de Crimes Ambientais, nº 9.605, a disposição de lixo a céu aberto é proibida desde 1998.

A NBR 8849/1985 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) descreve aterro controlado como uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

A PNRS não aborda claramente no seu texto a designação “aterro controlado” e a referida NBR 8849 é da década de 1980. A realidade muito se difere do que é descrito na norma e de qualquer forma, os aterros controlados e os lixões não são a forma mais correta para disposição ambientalmente adequada porque não possuem coleta de gases e chorume, assim como a impermeabilização do solo. Sendo o aterro sanitário a forma mais adequada e mais usada mundialmente.

Dependendo da qualidade dos resíduos dispostos em um aterro, pode ocorrer a presença significativa de um grupo especial de poluentes no chorume, os metais pesados (Alloway 1995). As características físico-químicas e microbiológicas do percolado são função da composição, origem e idade dos resíduos originalmente dispostos, bem como da fase de decomposição do processo. De forma geral, este líquido contém, em concentrações variadas, compostos orgânicos polares, apolares, além de metais pesados que podem contaminar o meio ambiente e ser tóxicos aos seres vivos (Palmisano & Barlaz 1996, Yasuhara et al. 1997).

Ainda são poucos os trabalhos na literatura sobre o tema, cabendo ressaltar os estudos de Ripardo (2000), Munõz (2002), Sisino & Moreira (2006) e Zanello (2006), que confirmaram em suas pesquisas um enriquecimento de metais pesados em solos no entorno de aterros.

Segundo Amaral Sobrinho (1993), existem novas definições acerca do que pode ser denominado como “metais pesados”, que vão além do número atômico, maior que 20 e, peso específico, maior que 5g/cm^3 que, até então, eram os fatores determinantes. Para o autor, essa nova definição está associada à poluição, contaminação e toxicidade do elemento.

Para Fernandes & Mainier (2014), uma substância pode ser tida como tóxica, quando tem potencial para causar efeito adverso à saúde em consequência de sua interação com o organismo.

Dentro da problemática apresentada, existe uma segunda ordem que é a saúde humana. Gouveia & Prado (2010) avaliam a associação entre residências que se localizam próximas a aterros de resíduos sólidos (num raio de 2 km) e a ocorrência de câncer e malformações congênitas nessas populações.

A atividade de catação torna-se um atrativo para populações que sofrem com a falta de perspectiva e o elevado grau de empobrecimento. A exploração da força de trabalho dos catadores possui raízes históricas que podem ser encontradas na figura do pobre, outrora camponês, nos espaços urbanos das cidades medievais (Cavalcante & Franco 2007).

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD) do IBGE, no ano de 2002, havia 200 mil catadores vivendo e trabalhando em lixões espalhados em todo o país, contudo a partir da promulgação da Lei nº 12.305 de 2010, os catadores foram gradualmente sendo retirados desse cenário, mesmo ainda sendo uma realidade não só no município de Três Rios, mas também em cidades vizinhas como Paraíba do Sul.

Nesse tipo de ambiente, é comum acidentes por falta de equipamentos e precarização de trabalho, ferimentos e perdas de membros por atropelamentos e prensagem em equipamentos de compactação e veículos automotores, além de mordidas de animais, como cães e ratos e, picadas de insetos (Cavalcante & Franco 2007). De acordo com o estudo realizado por Ferreira & Anjos (2001), os agentes que são encontrados com mais frequência nos resíduos sólidos que passam pelas mãos dos catadores e que podem vir a ter algum tipo de intervenção na vida dos mesmos, são:

“Agentes físicos: Gases e odores emanados dos resíduos; materiais perfurocortantes, tais como vidros, lascas de madeira; objetos pontiagudos; poeiras, ruídos excessivos, exposição ao frio, ao calor, à fumaça e ao monóxido de carbono; posturas forçadas e incômodas.

Agentes químicos: Líquidos que vazam de pilhas e baterias; óleos e graxas; pesticidas/herbicidas; solventes; tintas; produtos de limpeza; cosméticos; remédios; aerossóis; metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio.

Agentes biológicos: Microorganismos patogênicos: vírus, bactérias e fungos.”

Os catadores seguem isolados, sendo a parte mais frágil desse sistema que os marginaliza e os coloca em estado de vulnerabilidade social. Além dos riscos à saúde e bem-estar desses catadores, existe também as questões psicológicas e sociais. Segundo Gesser & Zeni (2004), é comum que a trajetória de vida desses indivíduos seja marcada por exclusão, humilhação e vergonha o que torna uma abordagem direta mais difícil.

Assim, esse trabalho tem significativa importância por caracterizar níveis de metais pesados em solo e plantas das terras do aterro controlado do município e da área adjacente, tentando evidenciar a contaminação ambiental e o risco iminente à saúde, não só aos catadores, mas também da população do entorno.

1.1. INTERAÇÃO DOS METAIS E SUAS PROVÁVEIS DOENÇAS

Algumas doenças podem ocorrer devido à exposição do indivíduo ao metal pesado, levando em consideração que o grau de contaminação vai variar de acordo com a concentração do elemento, o tempo que exposição e o tipo de interação que este tem com o organismo, que segundo Tavares & Carvalho (1992), ocorre em três estágios: 1) entrada e absorção no corpo; 2) transporte, distribuição, acumulação e biotransformação; 3) efeito e saída do organismo.

1.1.1. Cádmi

O elemento é um metal de transição, cinza claro, tem seu brilho parecido com o da prata, dúctil, mole à temperatura ambiente e sua sigla é Cd (Tan 2000). Segundo Fernandes & Mainier (2014) o cádmio é um elemento raro e não ocorre na natureza de forma pura, o principal mineral de cádmio é a grinoquita, encontrada no solo em baixa quantidade e associada a minérios de zinco, chumbo e cobre.

O cádmio é muito utilizado para fins industriais, mas também está associado à pilhas e baterias, produções de pigmento, estabilizadores de PVC e ligas.

Tramontina (2003) afirma que os efeitos de elemento podem ser potencializados na presença de zinco, cobre e selênio. A interação do cádmio com a saúde humana, com os animais e plantas pode ser muito danosa, reafirmando assim, suas propriedades tóxicas.

Este é um elemento cumulativo, por isso pode percorrer toda a cadeia alimentar humana e fixar-se principalmente nos rins e fígado do organismo indivíduo. De acordo com a literatura, as principais complicações que o Cd pode causar são: osteoporose, atrofia muscular, problemas nos pulmões, bronquite e pneumonia, hipertensão, doenças do coração, enfisema, formação de catarata nos olhos, doenças neurológicas como alterações cognitivas e na memória, câncer nos rins e no trato urinário, fígado ou estômago, na próstata, doença de Itai-itai, entre muitas outras (Ministério de Estado da Saúde - Portaria nº 1.339 de 1999, Borges 1999, Agência Internacional para Pesquisa do Câncer 1993, Lauwerys & De Wals 1981, Shigematsu et al. 1979, Bako et al. 1982, Hallenbeck 1984, Ramakrishnan et al. 1995, Cary et al. 1997, Nordberg 2009).

1.1.2. Chumbo

O elemento é um metal pesado de coloração acinzentada e levemente azulada quando exposto ao ar, maleável, porém altamente resistente à corrosão e sua sigla é o Pb. Segundo Melo et al. (2001) na natureza, pode ser extraído a partir dos minerais galena, anglesita e a cerusita.

É utilizado principalmente na fabricação de soldas e munições, proteção contra raios-X e raios gamma, baterias automotivas, ligas metálicas, entre outros produtos.

A absorção do metal pode ocorrer via respiratória, oral ou cutânea, sendo também um elemento que tende a se acumular. Os pulmões e o trato gastrointestinal são as vias mais afetadas, as principais doenças relacionadas ao Pb são: danos ao sistema nervoso além dos sistemas hematológico, hipotireoidismo, cardiovascular e renal, anemia, infertilidade, vômitos, convulsões e transtornos mentais, encefalopatia, hipertensão arterial, arritmia cardíaca, entre outras (Ministério de Estado da Saúde - Portaria nº 1.339 de 1999).

1.1.3. Cromo

Conhecido também como cromo, o elemento de sigla Cr considerado um metal de transição, tem por características a dureza, a fragilidade e a coloração cinza brilhante, semelhante ao aço. É encontrado com facilidade nas rochas da crosta terrestre.

O composto é empregado principalmente nas indústrias metalúrgicas, para fabricação do aço, pigmentação e galvanoplastia.

O Cr tem efeito acumulativo e pode causar diversas doenças como: neoplasia maligna dos brônquios e do pulmão, rinite, ulceração ou necrose do septo nasal, asma, dermatoses e diversas doenças de pele (Ministério de Estado da Saúde - Portaria nº 1.339 de 1999).

1.1.4. Ferro

Sendo o quarto elemento mais disponível na litosfera, é também um dos elementos mais abundantes da Terra. Sua sigla é Fe e este metal pesado é historicamente importante para o homem. Possui uma coloração cinza prateada, maleável e possui propriedades ferromagnéticas.

Utilizado mundialmente na produção de metal, na construção civil, de automóveis, ferramentas e máquinas.

Fundamental à saúde humana, o Fe cumpre numerosas e variadas funções, porém o excesso armazena-se no fígado, coração e pâncreas e pode causar hemocromatose, lesões hepáticas e cardíacas, dores articulares (Ministério de Estado da Saúde - Portaria nº 1.339 de 1999).

1.1.5. Níquel

O elemento de sigla Ni é um metal de transição, de coloração branca-prateada, maleável, bastante resistente à corrosão e bom condutor de eletricidade. A maioria das rochas da crosta terrestre apresentam a presença do níquel, como as rochas metamórficas, ultrabásicas (dunita, periodotita), eruptivas básicas (basalto, gabro) e nas eruptivas ácidas (granito) (Melo et al. 2001).

A maior parte do Ni que é extraído, é utilizado na siderurgia, o restante é usado na composição de ligas não-ferrosas e na galvanoplastia. Está presente também em materiais bélicos, moedas, transportes, aeronaves e construção civil.

O elemento está associado à doenças como náuseas, febre, dores pelo corpo e neoplasias malignas (Ministério de Estado da Saúde - Portaria nº 1.339 de 1999).

1.1.6. Zinco

O zinco é um metal pesado, que possui coloração branca, sua disponibilidade no solo está diretamente ligada com o pH do solo, sendo mais disponível em solos mais ácidos.

A maioria das rochas da crosta terrestre contém zinco em concentrações variáveis: eruptivas básicas (basalto, gabro); eruptivas ácidas (granito, riolito); metamórficas (xistos) e algumas sedimentares (argilitos); argilas glaciais; arenitos e calcários (Malavolta 1994).

Conhecido como metal de sacrifício, o Zn tem papel importante na proteção do ferro contra corrosão, é utilizado para fabricação de ligas metálicas, pigmento em tinta de coloração branca, telhas e calhas de residências.

Essencial para vida, segundo Melo et al. (2001) apenas pequena fração do Zn ingerido pelo homem é absorvida, sendo o restante eliminado pelas fezes. O elemento na forma metálica pode não ser considerado tóxico, contudo alguns de seus compostos são nocivos à saúde humana.

1.2 OBJETIVO GERAL

Evidenciar o risco de contaminação para a saúde humana e o meio ambiente associados aos principais metais encontrados nas plantas e no solo do aterro controlado da cidade de Três Rios, RJ.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Elencar os principais contaminantes presentes no solo;
- Elencar os principais contaminantes presentes nas plantas;
- Evidenciar o potencial bioindicador das plantas para acúmulo de metais;
- Evidenciar os metais e a associação de doenças por exposição a estes e seus riscos à população do entorno.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O presente estudo foi realizado em Três Rios, município que encontra-se situado na região Centro-Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro e conta com uma extensão territorial de 326km² (Figura 1). O IBGE estima que em 2015 a população da cidade tenha sido de 79.264 de habitantes.

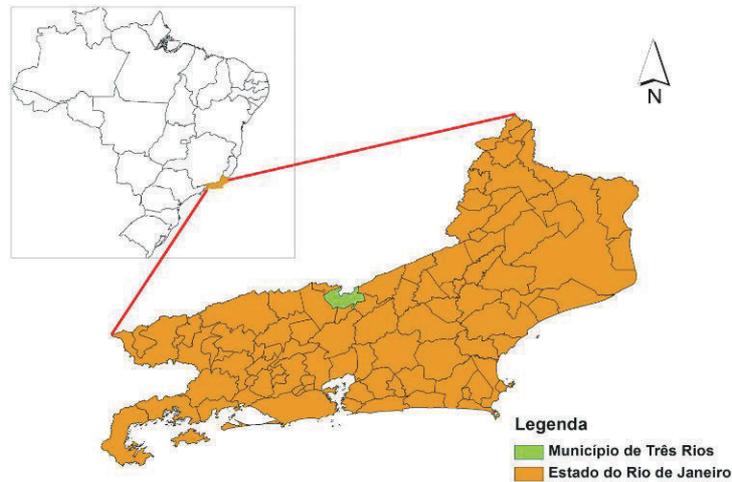


Figura 1. Mapa do Estado do Rio de Janeiro com destaque para o município de Três Rios. Fonte: Silverio Neto et al. (2015).

Acompanhando os valores mensurados para o Estado e o País (Figura 2), o Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária local é ínfimo (R\$15.401) quando comparado com os valores que se referem à serviços (R\$1.052.025) e indústria (R\$894.969) (IBGE 2010).



Figura 2. Produto Interno Bruto de Três Rios, relacionado com o do Estado e o do País. Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (2010).

Segundo o Comitê Médio Paraíba do Sul, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul abrange uma área de 62.074 km², entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, envolvendo integralmente o município de Três Rios. A região do Médio Vale do

Paraíba do Sul apresenta períodos de déficits hídricos e paisagem com mais áreas descampadas (áreas expostas) e menos áreas de matas (fragmentos florestais) se comparada com a região hidrográfica do Piabanha, que, por sua vez, apresenta menos períodos com déficit hídrico, devido ao efeito orográfico da região Serrana, e se trata de uma região com maior cobertura vegetal (SEA/INEA 2011).

O bioma característico é a Mata Atlântica com vegetação natural formada por Floresta Estacional Semidecidual (Governo do Estado do Rio de Janeiro 2014). O clima predominante é o mesotérmico com verão quente e chuvoso e o inverno frio e seco, apresentando uma temperatura média anual de 20°C, com máxima de 37.4°C e mínima de 14.4°C, sendo assim, um clima sazonal e bem definido ao longo do ano (Associart Brasil, 2010).

O período de chuva acontece entre os meses de outubro e março, que é marcado por dias com as temperaturas mais elevadas. O volume anual de precipitação é em torno de 1.400mm (INMET 2009).

O relevo é marcado por morros com topos arredondados, cujas elevações podem variar entre 650 e 350m, onde são destaques os pontões rochosos, correspondentes a afloramentos rochosos de topo dos Complexos Mantiqueira e Juiz de Fora (PCH Cabuí 2012).

É evidente na pedologia local Argissolos e Latossolos vermelho-amarelo, desenvolvidos principalmente em materiais derivados de granitos, gnaisses e xistos, nas áreas de maior declividade predominam os Neossolos litólicos e Cambissolos (PCH Cabuí 2012). O substrato rochoso está coberto por um manto de intemperismo ou saprólitos e solos bem desenvolvidos, em áreas específicas há amplo desenvolvimento de cobertura detrítica e com menor expressão área de aluviões, todos com elevada chance de ocorrência de processos erosivos (PCH Cabuí 2012).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As espécies vegetais escolhidas para análise são reconhecidas por suas capacidades bioindicadora e fitorremediadora, por isso são usadas por diversos autores, além de terem sido encontradas com abundância nas áreas de estudo. *Ricinus communis* Linnaeus, conhecida popularmente como mamona, mamoneira ou carrapateira, pertence à família Euphorbiaceae, que abrange um elevado número de plantas nativas tropicais e possui uma boa adaptação a diferentes tipos de solo. Por ser uma espécie pioneira e ter crescimento rápido, é utilizada para

dar sombreamento para espécies secundárias. Seus produtos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, além da possibilidade do óleo extraído de suas sementes ser usado como biocombustível (Souza Júnior et al. 2005).

Cecropia pachystachya Trécul, pertencente a família Urticaceae é conhecida popularmente como embaúba ou embaúva, espécie nativa da mata atlântica, é tida como pioneira em áreas que foram perturbadas e, assim como todas as pioneiras, ocupam um sítio disponível à colonização e facilitam o estabelecimento de outras espécies, pois agem como abrigo para vetores de dispersão, melhoram as condições de fertilidade do solo pela produção de matéria orgânica e contribuem para a modificação do microclima (Baider et al. 1999).

Como possuem o tronco oco, são espécies leves e que por consequência exigem menos do solo, tornando-as muito comum em áreas em recuperação. Seus frutos são atrativos para várias espécies de aves, com isso, são rapidamente dispersados pela natureza (Moulin 1997). A *C. pachystachya* Trécul é muito utilizada como produto medicinal.

2.3. ESTRATÉGIA PARA COLETAS DE PLANTAS

As amostras foram coletadas na área de abrangência do aterro controlado, designada como uma micro-bacia hidrográfica, dada a sua condição de relevo. Esta compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci 1997), ou seja, região para onde converge o escoamento superficial concebido no interior da bacia hidrográfica (Figura 3).



Figura 3. Vista panorâmica do aterro controlado do município de Três Rios e da micro-bacia hidrográfica que compõe a área.

Houve a visitação às áreas adjacentes ao aterro controlado do município de Três Rios, em dezembro de 2015, para a coleta das espécies vegetais *C. pachystachya* e *R. communis*,

que foram observadas em abundância no local. Os pontos foram georreferenciados com a assistência do GPSmap 76CSx da marca Garmin (Figura 4).



Figura 4. Imagem da área de estudo com a demarcação dos pontos de coleta para as espécies vegetais. A área do lado direito da pista sem vegetação, é a área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, RJ. Fonte: Google Earth.

Foram coletadas amostras de dois exemplares para cada espécie. A primeira amostra da *C. pachystachya*, foi retirada numa área que apresentava seu relevo acentuado, sendo assim denominado como área de alto relevo (AR), onde não havia influência direta da linha de convergência dos contaminantes (Figura 5). A segunda, foi coletada numa área de convergência (AC) da micro-bacia hidrográfica (Figura 6), cuja as coordenadas são S 22°05'00.4'' W 043°10'12.6'' e S 22°05'02.6'' W 043°10'13.1'', respectivamente.



Figura 5. À esquerda a imagem da embaúba localizada na área de alto relevo, à direita imagem da embaúba na área de convergência do aterro controlado de Três Rios, RJ.



Figura 6. Acima a imagem da área de convergência onde foram coletadas as amostras de *Cecropia pachystachya* Trécul. Abaixo, imagem com maior contraste entre a área de convergência e de alto relevo.

As amostras de *R. communis* foram coletadas na área denominada como platô e pode ser descrita como uma planície elevada adjacente à área de maior operação do aterro

controlado (Figura 7). Na primeira coleta a espécie estava inserida num local onde era possível constatar pouco resíduo de origem domiciliar e um grande acúmulo de madeira, vidro e alumínio, o ponto de coleta da segunda havia fortes sinais de queimadas (Figura 8). As coordenadas são S 22°04'59.6'' W 043°10'32.0'' e S 22°05'00.1'' W 043°10'32.5''.



Figura 7. Área denominada como platô, inserida na área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, onde foram coletadas os espécimes de *Ricinus communis* Linnaeus.

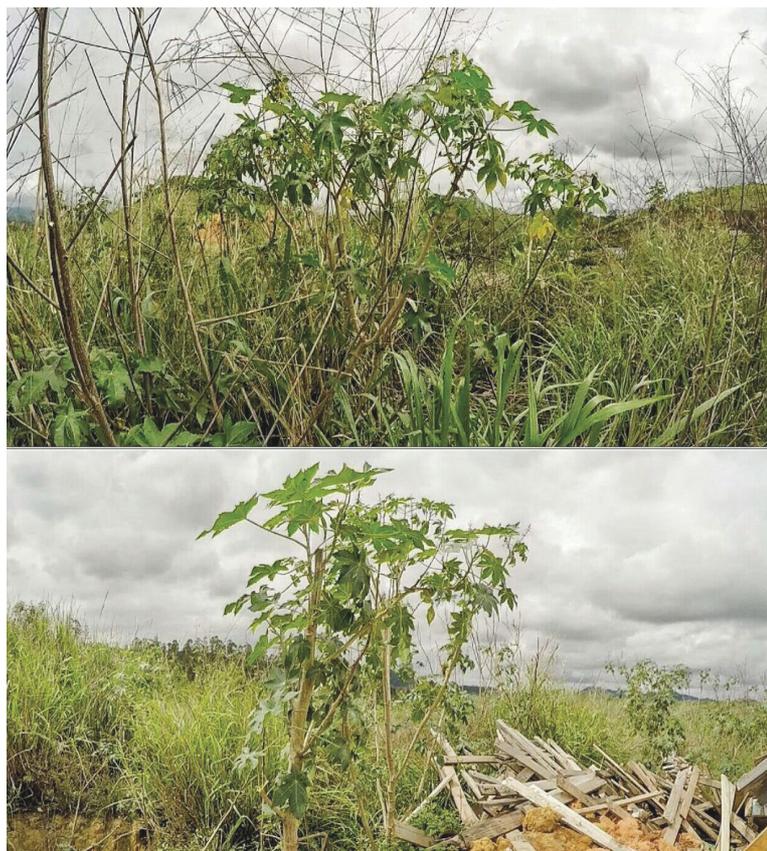


Figura 8. Na imagem acima o espécime de mamona coletado na área com evidência de queimada e na imagem abaixo a segunda planta coletada na área com acúmulo de metais, madeira e vidros.

Foram retiradas amostras de folhas e frutos de ambas as plantas e enviadas ao laboratório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica, onde ocorreram as análises químicas para quantificação dos metais pesados. As análises foram feitas de acordo com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (EMBRAPA 2009).

Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade e normalidade das amostras, seguidas de análise de variância e as médias então, foram comparadas utilizando Teste *Scott-knott* a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados estatisticamente através de comparações entre médias e a normalidade dos erros de cada parâmetro avaliado.

2.4. ESTRATÉGIA PARA COLETA DE SOLO

Para coleta de solo, as visitas ocorreram de janeiro à dezembro de 2015, para reconhecimento, delimitação da área e para traçar uma estratégia de coleta. Os pontos foram georreferenciados com a assistência do GPSmap 76CSx da marca Garmin (Figura 9).



Figura 9. Imagem da área de estudo com a demarcação dos pontos de coleta para solos. A área do lado direito da pista sem vegetação, é a área de atuação do aterro controlado do município de Três Rios, RJ. Fonte: Google Earth.

Duas amostras foram coletadas em áreas adjacentes ao aterro controlado do município, sendo elas a amostra controle (coleta feita em local livre das atividades do aterro), cuja coordenada é S 22°04'59.6" W 043°10'32.0" e, a da área exutório (área de convergência da micro-bacia hidrográfica e próxima à coleta da embaúba) S 22° 05'02.28" W 43°10'13.51". Houveram mais duas amostras, A1 e A2 (áreas dentro das células do aterro), feitas próximas da área de coleta da mamona, que correspondem às coordenadas S 22°05'00.3" W 043°10'30.4" e S 22°05'00.7" W 043°10'30.4".

A amostragem foi feita numa profundidade de aproximadamente 0-20cm e 20-40cm com o auxílio de um trado. Logo após, as amostras foram enviadas para o laboratório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica, onde foram feitas análises químicas de terras. Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade e normalidade das amostras, seguidas de análise de variância e as médias então, foram comparadas utilizando Teste *Scott-knott* a 5% de probabilidade.

A determinação dos teores de pseudototais de metais pesados (alumínio, arsênio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco), além de sódio foi feita de acordo com o descrito pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) 6010 e USEPA 7000.

Também foram quantificados os teores totais de nutrientes segundo Tedesco et al. (1995). N por digestão sulfúrica e determinação do N total pelo método de Kjeldahl e P, K, Ca, Mg, Ni, Fe, Cu, Mn e Zn por digestão nitroperclórica. P foi determinado por colorimetria, K por fotometria de emissão de chamas e os demais nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica.

Os teores trocáveis de nutrientes, mais alumínio, sódio, carbono orgânico, bem como a determinação do pH do solo, foram obtidos seguindo a metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade e normalidade das amostras seguidas de análise de variância e as médias então, foram comparadas utilizando *Skott Knott* a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAEG (2007) versão 9.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DA ÁREA DE PERTURBAÇÃO DO ATERRO

Sabendo que diversos elementos são influenciados pela concentração de outros, todas análises que foram obtidas serão apresentadas, contudo o foco será destinado apenas aos metais. É importante salientar também, que como não há uma legislação que defina quais são os limites para concentração de metais em plantas, as comparações serão realizadas entre as amostras de mesma espécie e com os solos que foram coletados nos mesmos locais.

As tabelas e gráficos à seguir, apresentam os dados obtidos através das análises feitas para folhas e frutos de mamona, onde a primeira amostra localizava-se numa área com grande acúmulo de madeira, vidro e ferro e a segunda amostra, foi retirada de um local com vestígios de queimada.

A Tabela 1 apresenta os valores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) das folhas e frutos das duas amostras de Mamona. A concentração da primeira amostra revela os

valores de 4,15% (N); 0,54 ppm (P); 44,33 ppm (K) para folhas e 2,50% (N); 0,75 ppm (P); 45,57 (K) para frutos. A segunda amostra apresenta os seguintes valores 2,55% (N); 0,60 ppm (P); 33,90 ppm (K) para folhas e 1,70% (N); 0,78 ppm (P) e 47,53 ppm (K) para frutos.

Tabela 1. Concentração de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.

Identificação	N	P	K
	(%)	ppm	
1* Mamona (Platô) Folha	4,15 a	0,54 b	44,33 a
2* Mamona (Platô) Folha	2,55 b	0,60 a	33,90 b
1* Mamona (Platô) Fruto	2,50 a	0,75 a	45,57 b
2* Mamona (Platô) Fruto	1,70 b	0,78 a	47,53 a

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

A Tabela 2 acusa os valores obtidos para Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al). A primeira coleta de Mamona acusa os valores de 243,83; 39,07 e 2,39 mg.L⁻¹ para folha e 68,31; 36,62 e 1,63 mg.g⁻¹ para frutos no que se refere à Ca, Mg e Al respectivamente. A segunda amostra 235,12; 31,73; 7,82 mg/g para folha e 107,79; 43,52 e 1,48 mg.g⁻¹ para fruto para Ca, Mg e Al na ordem descrita.

Tabela 2. Concentração de Cálcio, Magnésio e Alumínio para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.

Identificação	Ca	Mg	Al
	mg.g ⁻¹		
1* Mamona Folha	243,83 a	39,07 a	2,39 b
2* Mamona Folha	235,12 b	31,73 b	7,82 a
1* Mamona Fruto	68,31 b	36,62 b	1,63 a
2* Mamona Fruto	107,79 a	43,52 a	1,48 b

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

A Tabela 3 retrata os valores de Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Cobalto (Co) e Cromo (Cr) para folhas e frutos de Mamona na área platô. A concentração dos elementos na primeira amostra é de 0,18; 1,40; 1,27; 2,00; 0,15; 0,004; 0,00; 0,03 e 0,14 mg/g para folha e 0,20; 0,32; 1,21; 1,35; 0,12; 0,05; 0,00; 0,05; 0,08 mg.g⁻¹ para fruto referente à Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Pb, Cd, Co e Cr respectivamente.

Para a segunda amostra de Mamona da Tabela 3, os valores são 0,13; 1,60; 1,34; 2,94; 0,10; 0,05; 0,00; 0,05 e 0,10 mg/g para folha e 0,21; 0,52; 1,03; 1,22; 0,11; 0,04 e 0,11 mg.g⁻¹ para fruto pertinentes à Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Pb, Cd, Co e Cr de modo respectivo.

Tabela 3. Concentração de Cobre, Manganês, Zinco, Ferro, Níquel, Chumbo, Cádmio, Cobalto e Cromo para folhas e frutos da primeira e segunda coleta de Mamona na área platô.

Identificação				
mg.g ⁻¹	1* Mamona folha	2* Mamona folha	1* Mamona fruto	2* Mamona Fruto
Cu	0,18 a	0,13 b	0,20 a	0,21 a
Mn	1,40 b	1,60 a	0,32 b	0,52 a
Zn	1,27 a	1,34 a	1,21 a	1,03 b
Fe	2,00 b	2,94 a	1,35 a	1,22 b
Ni	0,15 a	0,10 b	0,12 a	0,11 a
Pb	0,04 a	0,05 a	0,05 a	0,04 a
Cd	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Co	0,03 b	0,05 a	0,05 a	0,04 a
Cr	0,14 a	0,10 b	0,08 a	0,11 a

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

Os frutos da segunda amostra de mamona ultrapassaram os valores de referência do cobre, determinado pelos autores Kabata-Pendias & Pendias (1992) e Alloway (1995), alcançando 0,21 mg.g⁻¹, enquanto a primeira amostra, ficou no limite da faixa normal (0,20 mg.g⁻¹). Com relação ao cromo a primeira amostra de folha da mamona, fica com seu valor no limite da faixa normal (0,14 mg.g⁻¹). O cádmio manteve-se com valores insignificativos. Os valores de chumbo e cobalto pouco variaram ao comparar as amostras.

É importante observar que a área de segunda coleta da mamona, onde havia mais materiais compostos por metais, teve um expressivo resultado, como por exemplo o Fe e principalmente o Al.

O zinco assim como outros elementos têm sua disponibilidade afetada pelo pH do solo, quanto mais ácido o meio, mais ele estará disponível e, uma de suas fontes antropogênicas provém de resíduos e subprodutos de processos industriais (Melo et al. 2001).

As tabelas à seguir, apresentam os dados obtidos através das análises feitas para solo próximas à mamona, nas áreas A1, A2 e exutório em duas profundidades, 0-20 e 20-40 cm.

A Tabela 4 aponta os valores encontrados através das análises químicas de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) potássio (K) fósforo (P) e carbono (C) nos pontos de coleta, A1 e A2.

Na área A1 os valores encontrados foram 7,4; 4; 2,2; 0; 1; 7,6 e 1,6 e para A2 os valores foram de 5,8; 2,4; 1,6; 0; 1; 2,9 e 0,5 para pH, Ca, Mg, Al, K, P e C respectivamente.

Tabela 4. Fertilidade do solo na área do aterro controlado.

Área	pH	Ca	Mg	Al	K	P	C
	H ₂ O	cmol _c .dm ³				mg.L ⁻¹	%
A1	7,4	4	2,2	0	1	7,6	1,6
A2	5,8	2,4	1,6	0	1	2,9	0,5

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos através das análises químicas de ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) cádmio (Cd), cromo (Cr), alumínio (Al) e sódio (Na) nos pontos de coleta A1 e A2.

Na A1 os valores encontrados foram 349701; 353; 530; 2136; 80,1; 134,8; nd; 141; 11701 e 1528 e na A2 os valores obtidos foram 352154; 355; 245; 2173; 36,6; 180,2; nd; 32,2; 76839 e 655 para Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Pb, Cr, Cd Al e Na respectivamente.

Tabela 5. Teores de micro nutrientes totais, alumínio, sódio e os valores dos mesmos elementos expressos na resolução CONAMA 420 de 2009, para área agrícola APMáx.

Id.	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni	Pb	Cd	Cr	Al
	mg.Kg ⁻¹								
A1	349701	353	530	2136	80,1	134,8	nd	141	11701
A2	352154	355	245	2173	36,6	180,2	nd	32,2	76839
CONAMA 420	-	200	450	-	70	180	3	150	-

*nd = não detectado

Para fazer o comparativo entre os resultados, utilizamos os valores determinados para área agrícola APMáx, expressos na resolução CONAMA 420. Os elementos Al, Fe e Mn não apresentam valores orientadores pela legislação. Porém, quando em excesso pode desequilibrar as funções do solo e comprometer o crescimento vegetal.

O metal Cu quando confrontado com o que é previsto pela resolução, teve seus valores muito acima do permitido pela resolução. Na área A1 para Ni o valor foi de 80,1 mg.Kg⁻¹ contra 70 mg.Kg⁻¹ que é determinado. Para Pb a área A2 apresentou 180,2 mg.Kg⁻¹, valor pouco acima do previsto na legislação que é 180 mg.Kg⁻¹.

As Figuras 10 e 11 apresentam os gráficos com o acúmulo de metais pesados em folhas e frutos em plantas de mamona. As espécies foram coletadas em área de acúmulo de diferentes tipos de resíduos sólidos e sem prévia de separação há anos. Aqui não há comparação e sim as análises em duas plantas crescidas em diferentes pontos.

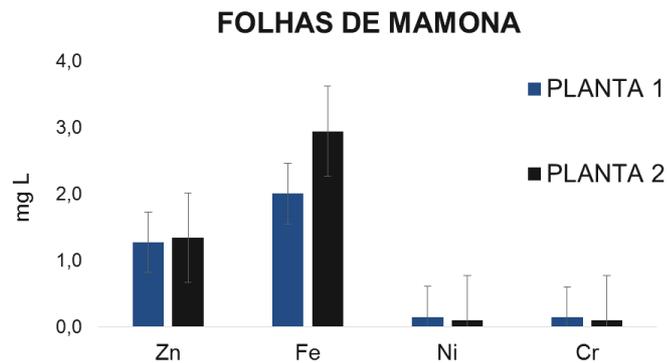


Figura 10. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em folhas de duas plantas de mamona crescidas em área de acúmulo de resíduos sólidos do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.

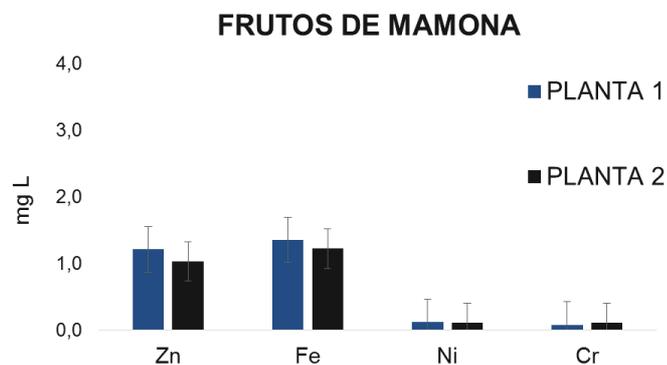


Figura 11. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em frutos de duas plantas de mamona crescidas em área de acúmulo de resíduos sólidos do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.

As Figuras 12, 13, 14 e 15, ilustram as alterações constatadas pelas amostras de solo da área platô, para Zn, Fe, Cr e Ni, quando comparadas com a área controle, uma área livre das atividades do aterro controlado.

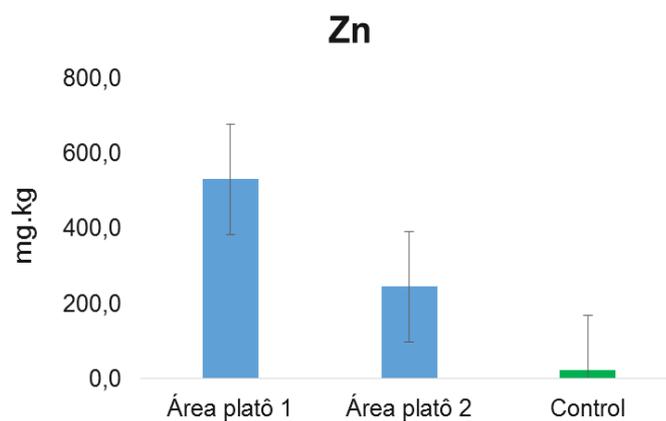


Figura 12. Teores de zinco para solos em dois pontos de área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

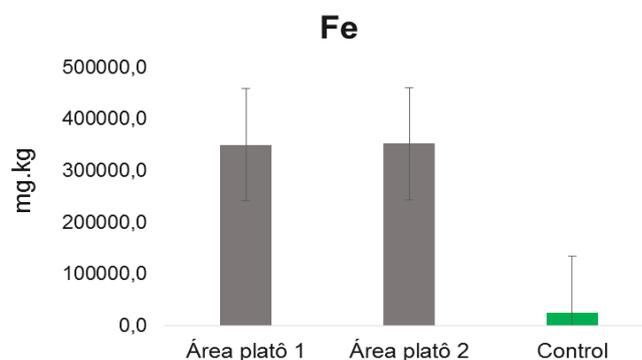


Figura 13. Teores de ferro para solos em dois pontos de área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

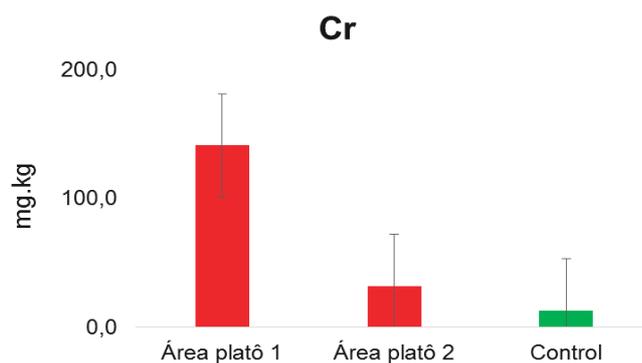


Figura 14. Teores de cromo para solos em dois pontos de área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

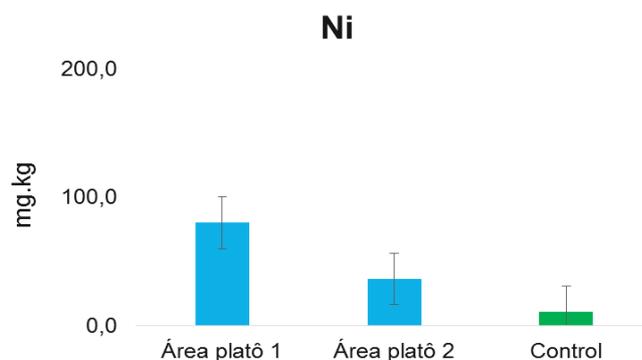


Figura 15. Teores de níquel para solos em dois pontos de área de platô do aterro controlado da cidade de Três Rios, onde cresceram plantas de mamona. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

3.2. ANÁLISE DA ÁREA ADJACENTE AO ATERRO

As tabelas e gráficos à seguir, apresentam os dados obtidos através das análises feitas para folhas e frutos de embaúba. Mesmo com a apresentação dos diversos dados obtidos nesse trabalho, o foco será destinado apenas aos metais.

A Tabela 6 apresenta os valores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) das folhas e frutos das Embaúbas da área de alto relevo (AR) e área de convergência (AC). A concentração das amostras da área de alto relevo revelam os valores de 1,15% (N); 0,59 ppm (P); 26,27 ppm (K) para folhas e 2,52% (N); 0,60 ppm (P); 44,17 (K) para frutos. A área de

convergência apresenta os seguintes valores 1,62% (N); 0,60 ppm (P); 27,60 ppm (K) para folhas e 2,17% (N); 0,59 ppm (P) e 44,37 ppm (K) para frutos.

Tabela 6. Concentração de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para as folhas e frutos as amostras de Embaúba encontradas nas áreas de alto relevo e convergência.

Identificação	N	P	K
	(%)	ppm	
Embaúba (AR) Folha	1,15 b	0,59 a	26,27 a
Embaúba (AC) Folha	1,62 a	0,60 a	27,60 a
Embaúba (AR) Fruto	2,52 a	0,60 a	44,17 a
Embaúba (AC) Fruto	2,17 b	0,59 a	44,37 a

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

A Tabela 7 expressa os valores constatados para Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) para folhas e frutos de Embaúba na área de alto relevo (AR) e na área de convergência (AC). A área de alto relevo revela o acúmulo de 150,55; 110,61 e 0,92 mg.L⁻¹ para folha e 284,18; 133, 19 e 1,23 mg.Kg⁻¹ para fruto referente à Ca, Mg e Al de modo respectivo. A área de convergência aponta os valores de 202,23; 93,21 e 1,93 mg.Kg⁻¹ para folha e 379,06; 135,60 e 2,98 mg.L⁻¹ para fruto referente à Ca, Mg e Al respectivamente.

Tabela 7. Concentração de Cálcio, Magnésio e Alumínio para folhas e frutos da Embaúba nas áreas de alto relevo e convergência.

Identificação	Ca	Mg	Al
	mg.g ⁻¹		
Embaúba (AR) Folha	150,55 b	110,61 a	0,92 b
Embaúba (AC) Folha	202,23 a	93,21 b	1,93 a
Embaúba (AR) Fruto	284,18 b	133,19 a	1,23 b
Embaúba (AC) Fruto	379,06 a	135,60 a	2,98 a

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

A Tabela 8 retrata os valores de Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Cobalto (Co) e Cromo (Cr) para folhas e frutos da

Embaúba na área de alto relevo (AR) e na área de convergência (AC). A concentração dos elementos na área de alto relevo é de 0,18; 1,43; 0,29; 0,44; 0,03; 0,01; 0,00; 0,01; 0,10 mg.g⁻¹ para folha e 0,24; 1,76; 0,50; 0,95; 0,06; 0,02; 0,00; 0,03; 0,16 mg.g⁻¹ para fruto referente à Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Pb, Cd, Co e Cr respectivamente.

Na área de convergência, a Tabela 8 apresenta os valores de 0,15; 1,07; 0,33; 0,82; 0,04; 0,01; 0,00; 0,00; 0,11 mg.g⁻¹ para folhas e 0,27; 1,71; 0,58; 1,54; 0,06; 0,01; 0,00; 0,02; e 0,19 mg.g⁻¹ para fruto concernente à Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Pb, Cd, Co e Cr na devida ordem.

Tabela 8. Concentração de Cobre, Manganês, Zinco, Ferro, Níquel, Chumbo, Cádmiio, Cobalto e Cromo para folhas e frutos de Embaúba nas áreas de alto relevo e convergência.

mg.g ⁻¹	Identificação			
	Embaúba (AR) Folha	Embaúba (AC) Folha	Embaúba (AR) Fruto	Embaúba (AC) Fruto
Cu	0,18 a	0,15 b	0,24 b	0,27 a
Mn	1,43 a	1,07 b	1,76 a	1,71 a
Zn	0,29 a	0,33 a	0,50 a	0,58 a
Fe	0,44 b	0,82 a	0,95 b	1,54 a
Ni	0,03 a	0,04 a	0,06 a	0,06 a
Pb	0,01 a	0,01 a	0,02 a	0,01 a
Cd	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Co	0,01 a	0,00 a	0,03 a	0,02 a
Cr	0,10 a	0,11 b	0,16 b	0,19 a

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste *Scott-knott* ($p < 5$).

Considerando os valores de Al (Tabela 7) e Fe (Tabela 8), temos para ambos elementos grandes acúmulos na área de convergência, resultado da lixiviação dos resíduos provenientes do aterro. Esses elementos estão presentes na fabricação de muitos produtos, principalmente nas indústrias de metalurgia e siderurgia, farmacêutica, aeronáutica, construção civil e sendo importantíssimos para a economia mundial.

Segundo Moraes (2009) os elementos Cd, Cr e Pb até então não têm funções conhecidas para as plantas, contudo vale ressaltar que, qualquer elemento, mesmo que benéfico, pode vir a se tornar tóxico quando encontrados em excesso no meio.

De acordo com os autores Kabata-Pendias & Pendias (1992) e Alloway (1995) os valores são tidos como normais para Cobre quando se apresentam entre 0,5-0,20 mg.g⁻¹ e Cromo quando 0,03-0,14 mg.g⁻¹. Analisando a Tabela 8, é possível constatar que os valores de Cu foram excedidos para frutos da Embaúba tanto na área de alto relevo (0,24 mg.g⁻¹) quanto na área de convergência (0,27 mg.g⁻¹). Fica evidente na Tabela 8, que o valor de Cromo transcendeu a faixa normal para o fruto na área de convergência, atingindo o valor de 0,19 mg.g⁻¹ e na área de alto relevo, com 0,16 mg.g⁻¹. Em todas as análises, o Cádmio não apresentou valores significativos.

A Tabela 9 demonstra os valores encontrados através das análises químicas de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) potássio (K) fósforo (P) e carbono (C), em diferentes profundidade, na área adjacente do aterro controlado no exutório da bacia hidrográfica.

Na área de exutório (AE) com profundidade de 0-20 cm os valores encontrados foram 4,9; 20; 13; 1; 2,4; 7 e 2 para pH, Ca, Mg, Al, K, P e C na respectiva ordem. Na área de exutório (AE) com profundidade de 20-40 cm os valores achados foram 4,9; 17; 12; 0; 1,2; 3 e 0,8 para pH, Ca, Mg, Al, K, P e C na respectiva ordem.

Tabela 9. Fertilidade do solo na área adjacente ao aterro controlado.

Área Exutório	pH	Ca	Mg	Al	K	P	C
	H ₂ O	cmolc.dm ³				mg.L ⁻¹	%
Prof. 0-20	4,9	20	13	1	2,4	7	2
Prof. 20-40	4,9	17	12	0	1,2	3	0,8

*Prof. = Abreviação para profundidade

A Tabela 10 demonstra os valores encontrados através das análises químicas de chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e arsênio (As) em diferentes profundidade, na área adjacente do aterro controlado no exutório da bacia hidrográfica.

Na área de exutório (AE) com profundidade de 0-20 cm os valores encontrados foram 20,72; 3,5; 37,33 e 5,4 para Pb, Cd, Cr e As na respectiva ordem. Na área de exutório (AE) com profundidade de 20-40 cm os valores encontrados foram 17,2; 4,3; 44,7; abaixo do limite de quantificação (<LQ) para Pb, Cd, Cr e As respectivamente.

Tabela 10. Metais pesados nas áreas adjacentes ao aterro controlado e os valores dos mesmos elementos expressos na resolução CONAMA 420 de 2009, para área agrícola APMáx.

Área Exutório	Pb	Cd	Cr	As
	mg.Kg ⁻¹			
Prof. 0-20	20,72	3,5	37,33	5,4
Prof. 20-40	17,2	4,3	44,7	<LQ
CONAMA 420	180	3	150	35

*<LQ = valor abaixo do limite de quantificação (Conama 420)

**Prof. = Abreviação para profundidade

Os elementos Al, Fe e Mn não apresentam valores orientadores na resolução CONAMA 420 de 2009. Porém, quando em excesso podem desequilibrar as funções do solo e comprometer o crescimento vegetal.

O Cd na área exutório apresentou valores acima do tolerado na legislação para as duas profundidades coletadas, o que é suficiente para uma. Os elementos Cr e As apresentaram valores bem abaixo do permitido na resolução.

Kabata-Pendias & Mukherjee (2007), Nordberg et al. (2007) e Spurgeon (2010) relatam que Cd é um dos elementos de maior toxicidade nos processos biológicos dos seres humanos, animais e plantas. Além disso, em uma lista de 275 substâncias tóxicas, realizada pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA, relata que o Cd é o quarto colocado entre os metais perigosos (Firme et al. 2014). Devido a sua facilidade de se transferir para a cadeia alimentar, assim tornando-se a principal causa de contaminação para os seres humanos e animais (Tejada et al. 2011). O potencial tóxico do Cd explica o porquê que solos contaminados com este elemento tornaram-se um grande problema em todo o mundo (Firme et al. 2014).

As Figuras 16 e 17 apresentam os gráficos com as comparações do acúmulo de metais pesados nas folhas e frutos de embaúbas entre uma área livre de contaminantes e outra onde sabidamente ocorre potencial contaminação.

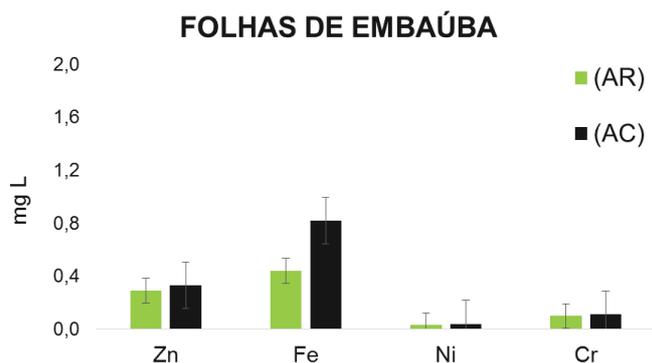


Figura 16. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em folhas de embaúba em área de alto relevo (AR) e área de convergência (AC), do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.

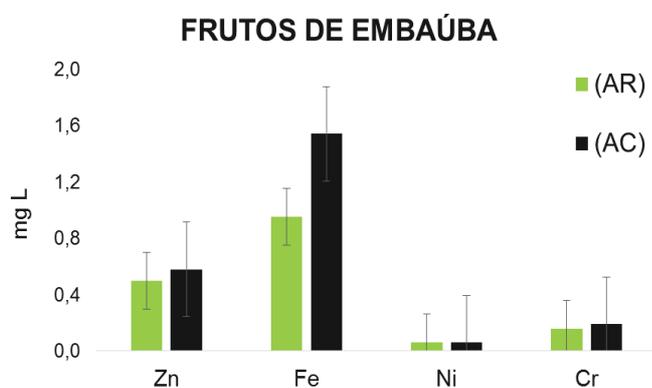


Figura 17. Concentração de Zinco (Zn), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) em frutos de embaúba em área de alto relevo (AR) e área de convergência (AC), do aterro controlado da cidade de Três Rios, com indicação do erro padrão da média.

Mesmo com o desvio padrão é possível observar que todos os elementos têm uma tendência para a área de convergência (AC), ou seja, seus valores tendem a ser mais altos do que a amostra usada para controle, coletada na área de alto relevo (AR).

As Figuras 18 e 19 mostra concentrações de Cr e Pb a partir das amostras de solo, foram comparadas as duas coletas da área platô, as coletas da área exutório nas duas profundidades e a área controle.

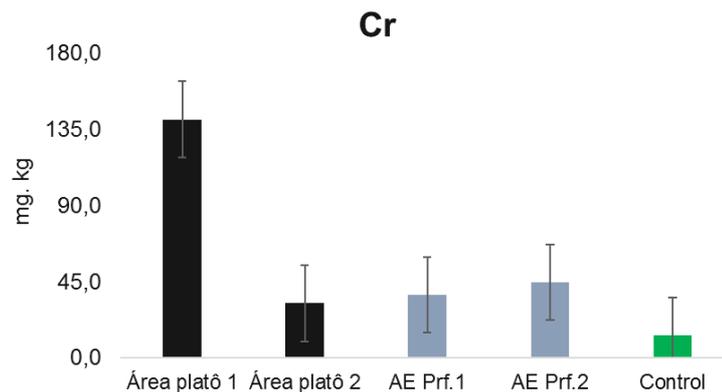


Figura 18. Teores de cromo para solos nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

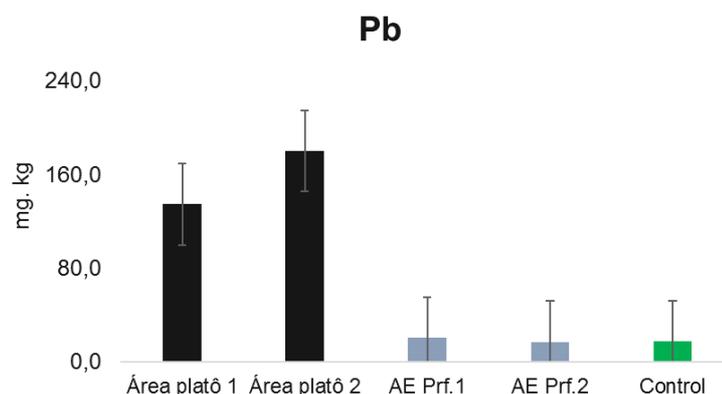


Figura 19. Teores de chumbo para solos nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

Na imagem 18, é importante observar como as amostras coletadas na AE excederam a amostra controle. Como já era esperado, as amostras coletadas dentro da área de atuação do aterro, mostraram valores bem expressivos, principalmente quando também comparadas à área controle.

A Figura 20 mostra concentrações de Cd nas duas coletas da área platô, em comparação com duas profundidades do exutório e a área controle. É possível verificar que há um acúmulo na ordem de 3,5 e 4,3 mg.Kg⁻¹ para o elemento justamente na área que recebe

todo lixiviado da bacia, descrita em material e métodos. Quando olhamos na área onde o lixo é depositado e comparamos com o controle, é possível inferir que há um processo de acúmulo oriundo das partes mais alta, o que corrobora com a linha imaginaria descrita nesse trabalho para a convergência dos contaminantes.

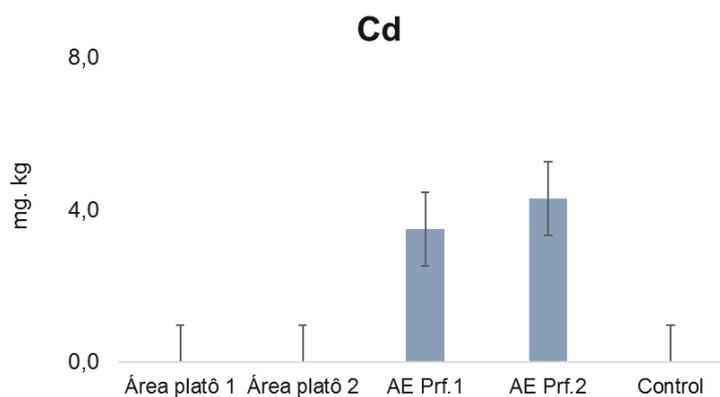


Figura 20. Teores de cádmio para solos em dois nos dois pontos de área de platô do aterro controlado, onde cresceram plantas de mamona; nas duas profundidades (0-20 e 20-40) da área exutório, onde se coletou folhas e frutos de embaúba e na área controle. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

Com base nos resultados que evidenciam o espalhamento dos contaminantes, traçamos na Figura 21 um raio de 2km, seguindo a proposta dos autores Gouveia e Prado (2010), e temos dentro dessa área delimitada indústrias, comércios e algumas residências. Portanto, esses indivíduos ainda estão dentro de uma área considerada de risco.



Figura 21. Delimitação do raio de 2 km de influência do aterro controlado de Três Rios sob as moradias do entorno, seguindo a proposta de Gouveia e Prado (2010). Fonte: Google Earth.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por não se tratar da forma ambientalmente adequada para descarte de resíduos e rejeitos sólidos, os aterros controlados tornam-se uma grande problemática e mesmo com a prorrogação da PNRS, precisam ser exterminados. Como consequência por não haver uma separação prévia do material que será depositado na área, é comum ocorrer o espalhamento dos contaminantes, como pôde ser observado nas adjacências do aterro controlado de Três Rios (RJ).

Mesmo representando um pequeno percentual da biomassa da planta, as folhas e frutos são capazes de mostrar valores quase precisos, que refletem os elementos disponíveis no solo. Dando destaque para *Ricinus communis* Linnaeus, que teve seus valores muito próximos às análises obtidas para solo. Sendo assim, temos essas plantas como ótimas bioindicadoras de contaminação.

Já era esperado que os resultados para as amostras retiradas dentro da área de atuação do aterro ficassem acima do que é permitido pela legislação. A área do entorno, ou seja a área de convergência apresentou valores para Zn, Fe, Ni e Cr acima dos valores encontrados na área de alto relevo, que foi usada como uma amostra controle da espécie embaúba. O solo acusou valores acima do que é permitido pelo CONAMA 420 para Cd, o que é suficiente para

interditar a área e realizar uma investigação minuciosa, tendo em vista que além dos catadores que por anos trabalharam na localidade, ainda existe uma população que mora no entorno.

Esses indivíduos não podem mais ser invisibilizados e necessitam de um trabalho de inclusão, para serem reinseridos na sociedade com todos os seus direitos assegurados. Para que não haja mais a exposição à contaminações nocivas é necessário o reconhecimento, a avaliação dos impactos causados ao meio ambiente e à saúde, e um controle eficaz.

5. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Descrição de Aterro Controlado - NBR 8849/1985. Disponível: < <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/Nbr-8.849-NB-844-Apresentac%C3%A3o-de-Projetos-de-Aterros-Controlados-RSU.pdf>>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

Alloway BJ (1995) Heavy Metals in Soils. USA and Canadá: Blackie & Son. 368 p.

Alves WL (1998). Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano. Jaboticabal: FUNEP. 53 p.

Amaral Sobrinho NMB (1993) Interação dos metais pesados de resíduos siderúrgicos com um solo podzólico vermelho-amarelo. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Solo e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

Associart Brasil: o site da cultura brasileira (2010). Disponível: <www.associartbrasil.com.br/dados_biograficos.htm> Acessado em 15 de agosto de 2016.

Baider C, Tabarelli M, Mantovani W (1999) O banco de sementes de um trecho de floresta Atlântica Montana (São Paulo). Revista Brasileira de Biologia. 59(2): 319-328.

Bako G, Smith ES, Hanson J, Dewar R (1982) "The geographical distribution of high cadmium concentrations in the environment and prostate cancer in Alberta." Can J Public Health 73: 92-94.

Borges PP (1999) Remoção de Cádmio de Soluções Diluídas em Células Eletrolíticas com Catodos Porosos Tridimensionais. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

Cary R, Cllarke S., Delic J. (1997) “Effects of combined exposure to noise and toxic substances - Critical review of the literature”. Ann Occup Hy. 41: 455-465.

Cavalcante S, Franco MFA (2007) Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores de lixo do Jangurussu. Fortaleza: Revista Mal-Estar e Subjetividade 7(1): 211-231.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Disponível: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 212 p.

_____ (2009). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 630 p.

Fernandes LH, Mainier FB (2014) Os Riscos da exposição ocupacional ao cádmio. Sistemas & Gestão. 9: 194-199.

Ferreira JA, Anjos LA (2001) Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. *Cadernos de Saúde Pública*. 17 (3): 689-696.

Firme LP, Alvarez FC, Rodella AA (2014) Solo contaminado com cádmio: extratibilidade do metal e cinética química de degradação da matéria orgânica de torta de filtro. *São Paulo: Química Nova* 37(6): 956-963.

Gesser M, Zeni ALB (2004) A educação como uma possibilidade de promover cidadania aos catadores de materiais recicláveis. In: *Anais do 2º Congresso de Extensão Universitária*. Belo Horizonte MG: FURB. Disponível: http://www.ufmg.br/congrext/Meio/area_de_meio_ambiente.html. Acessado em 1 de outubro de 2016.

Gouveia N, Prado RR (2010) Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. *Revista Saúde Pública*. 44: 1518-8787.

Governo do Estado do Rio de Janeiro (2014) *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - Caracterização Ambiental*. Disponível: <<http://www.hidro.ufrj.br/perhi/documentos/PERHI-R2F.pdf>> Acessado em 15 de agosto de 2016.

Hallenbeck WH (1984) “Human health effects of exposure to cadmium”. *J Cell Mol Life Sci*. 40(2): 136- 14.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)*. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

_____. (2002) *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD)*. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em 18 de setembro de 2016.

_____. (2008) *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008*. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em 18 de setembro de 2016.

_____. (2010) Dados Gerais do Município de Três Rios/RJ. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em 18 de setembro de 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2009). Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em 15 de agosto de 2016.

International Agency for Research on Cancer (1993) “Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry”. IARC - Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans 58: 444.

Jardim NS, Wells C, Prandini FL, Almeida MLO, Mano VGT (1995) Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. 278 p.

Kabata-Pendias A, Mukherjee AB (2007) Trace elements from soil to human. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg. 550 p.

Kabata-Pendias A, Pendias H (1992) Trace elements in soils and plants. Flórida: CRC Press. 505 p.

Kiehl EJ (1985) Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: CERES. 492 p.

Lauwerys R, De Wals PH (1981) ”Environmental pollution by cadmium and mortality from renal diseases”. Lancet. 1: 383.

Malavolta E (1994) Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica. p. 40-62.

Melo GMP, Melo VP, Melo WJ. (2001) Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola. Campinas. 4(65): 1678-4499.

Ministério do Estado da Saúde – Portaria nº 1.339, de 18 de novembro de 1999. Disponível: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/seguranca%20e%20saude%20no%20trabalho/Sausedotrabalhador.pdf>>. Acessado em 17 de agosto de 2016.

Moraes MF (2009) Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Energia Nuclear na Agricultura e Meio Ambiente. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba.

Moulin N (1997) Por dentro da mata atlântica. 2: 14-15.

Muñoz SIS (2002) Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto/SP: avaliação dos níveis de metais pesados. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Enfermagem em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo.

Silverio Neto RS, Bento MC, Menezes SJM, Almeida FS (2015) Caracterização da Cobertura Florestal de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. *Floram: Floresta e Ambiente* 22(1): 32-41.

Neves EF, Crocomo FC (2005) A relação entre a pobreza e o crescimento econômico do Brasil: uma análise via a propensão marginal a consumir. Disponível: <<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/546.pdf>> Acessado em 22 de setembro de 2016.

Nordberg GF (2009) “Historical perspectives on cadmium toxicology”. *Toxicology and Applied Pharmacology* 238: 192-200.

Nordberg GF., Fowler BA., Nordberg M., Friberg L. (2007) *Handbook on the toxicology of metals*. eds.; 3rd ed., Academic Press, Elsevier Inc.: California. 1542 p.

Palmisiano AC, Barlaz MA. (1996) *Microbiology of solid waste*. New York: CRC Press. 224 p.

PCH Cabuí - Pequena Central Hidrelétrica Cabuí (2012) Relatório de Impacto do Meio Ambiente: Belmiro Braga e Simão Pereira/MG, Comendador Levy Gasparian/RJ e Rio Paraibuna. Disponível: <

<http://licenciamento.ibama.gov.br/Pequenas%20Centrais%20Hidreletricas/PCH%20Cabuy/RI%20-%20PCH%20Cabu%ED.pdf>> . Acessado em 17 de agosto de 2016.

Ramakrishnan S, Soluchana KN, Selvaraj T, Adbul Rahim A, Laksmi M, Arunagiri K (1995) “Smoking of beedies and cataract: cadmium and vitamin C in the lens and blood.” *Br J Ophthalmol.* 79: 202-206.

Ripardo, HSS (2000) Estudo da dispersão de metais pesados em áreas de aterro sanitário. Belém. 111 f. Dissertação de mestrado - Curso de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará.

SEA/INEA – Secretaria de Estado do Ambiente/Instituto Estadual do Ambiente (2011) O Estado do Ambiente: Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro. 1. ed. Rio de Janeiro.

Shigematsu I, Minowa M, Yosida T (1979) “Recent results of health examinations on the general population in cadmium-polluted and control areas in Japan.” *Environ Health Perspect* 28: 205-210.

Sisinno, CLS, Moreira, JC (1996) Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 12 p. 515-523.

Souza Júnior SP, Beltrão NEM (2005) Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* 9: 236-241.

Spurgeon DJ (2010) Trace elements in soil; In: Hooda, PS. Editor. London: John Wiley and Sons. cap. 8.

Tan KH (2000) Environmental soil science. New York: Marcel Dekker Inc. 452 p.

Tavares TM, Carvalho FM (1992) Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Reconcavo Baiano. Química Nova, 2:(15), pp. 147-154.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volweiss SJ (1995) Análise de solo, plantas e outros materiais. Boletim técnico n. 5, 2ª edição, Departamento de Solos, UFRGS, Porto Alegre. 174 p.

Tejadas M, Parrado J, Hernández T, Garcia CJ (2011) Hazard. Mater. 204p.

Tramontina J (2003) Remoção de íons cádmio de soluções aquosas por eletrodeposição em eletrodos de carbono vítreo reticulado. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Tucci CEM (1997) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS. 943p.

Venezuela TC. (2001) Determinação de contaminantes metálicos (metal tóxico) num solo adubado com composto de lixo em área olerícola no município de Nova Friburgo. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro.

Yasuhara A, Shiraishi H, Nishikawa M, Yamamoto T., Uehiro T, Nakasugi O, Okumura T, Kenmotsu K, Fukui H, Nagase M, Ono Y, Kawagoshi Y, Baba K, Noma Y (1997) Determination of organic components in leachates from hazardous waste disposal sites in Japan by gas chromatography mass spectrometry. Journal of Chromatography. 774(1-2): 321-32.

Zanello S (2006) Caracterização mineralógica e avaliação dos teores de Cr, Ni, Cu, Zn e Pb dos solos do entorno do aterro sanitário da Caximba em Curitiba, PR. Dissertação de

Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Universidade Federal do Paraná.
Curitiba.